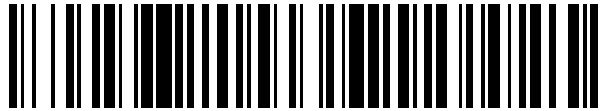


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 855 676**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2017 PCT/JP2017/024282**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18008571**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2017 E 17824175 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2021 EP 3480455**

54 Título: **Dispositivo de monitorización de turbina eólica, procedimiento de monitorización de turbina eólica, programa de monitorización de turbina eólica y medio de almacenamiento**

30 Prioridad:

04.07.2016 JP 2016132661

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

24.09.2021

73 Titular/es:

**JAPAN STEEL WORKS M&E, INC. (100.0%)
4, Chatsucho
Muroran-shi, Hokkaido 051-8505, JP**

72 Inventor/es:

**SUZUKI, JUN;
MUTO, ATSUTOSHI;
FUJITA, YASUHIRO y
SUZUKI, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 855 676 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

Dispositivo de monitorización de turbina eólica, procedimiento de monitorización de turbina eólica, programa de monitorización de turbina eólica y medio de almacenamiento

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere a tecnologías para estados de monitorización de un generador de una turbina eólica y, en particular, a un aparato de monitorización de una turbina eólica, un procedimiento de monitorización de una turbina eólica, un programa de monitorización de una turbina eólica y un medio de almacenamiento para monitorizar un estado de vida útil de fatiga debido al calor, la vibración y similares de las partes electrónicas y los dispositivos en el generador de la turbina eólica.

10 **Antecedentes de la técnica**

En la técnica relacionada, hay aparatos propuestos en la BP 1 y la BP 2 como aparatos para monitorizar estados de los generadores de turbinas eólicas (denominados, en lo sucesivo, como turbinas eólicas). El aparato propuesto en la BP 1 es un aparato de monitorización de una turbina eólica que efectúa, de manera automática, la monitorización de estado de la turbina eólica y que efectúa cuantitativamente la evaluación de estado según una referencia adecuada.

15 El aparato propuesto en la BP 2 es un sistema de monitorización de estado que genera un valor umbral para la anomalía de un dispositivo proporcionado en la turbina eólica mediante el uso de datos recopilados antes del diagnóstico y que, a continuación, efectúa un diagnóstico en función de los datos recopilados durante el diagnóstico y el valor umbral generado.

20 Como se ilustra en la BNP 1, la evaluación de carga extrema para verificar la seguridad contra una carga máxima (ciclo de recurrencia de 50 años) provocada por una ráfaga, una falla de la turbina y otras condiciones de viento graves y/o la evaluación de carga de estado y fatiga para verificar la seguridad contra una carga de fatiga que experimentará la turbina en su vida diseñada se consideran al momento de diseñar la turbina eólica. Si bien los estándares de diseño evalúan una carga extrema que actúa sobre la turbina eólica debido a una forma específica de ráfaga, los estándares no describen un procedimiento para evaluar cuantitativamente influencias de una única ráfaga que sucede con frecuencia y se observa a menudo en terrenos montañosos.

25 Además, la velocidad de viento extrema y la intensidad turbulenta se usan para la evaluación de condición del viento en el sitio según el estándar descrito en la BNP 1. La turbulenta intensidad se obtiene mediante la división de la desviación estándar de la velocidad del viento por la velocidad del viento promedio e indica un grado de alteración del viento. Se supone que una intensidad turbulenta a 15 m/s es la intensidad turbulenta de referencia en el sitio, lo cual es considerado como uno de los criterios para la evaluación de las condiciones de viento en el sitio, y la turbina eólica no será adecuada para la condición de viento en el caso en que la intensidad turbulenta de referencia en el sitio exceda la intensidad turbulenta diseñada.

30 Sin embargo, la intensidad turbulenta es solo una de las características de variación del viento que expresa un índice y afecta de manera diferente a la turbina eólica dependiendo de un ciclo y un patrón de variaciones.

35 Dado que una ráfaga provocada por terrenos o climas se genera de manera intermitente, en particular, la ráfaga tiende a no ser reflejada en un incremento en la intensidad turbulenta. Sin embargo, la ráfaga puede provocar daños significativos en la turbina eólica.

La BP 3 describe un procedimiento y un aparato para la monitorización en función de las condiciones de los componentes de una turbina eólica.

40 **Listado de referencias**

BIBLIOGRAFÍA DE PATENTES

BP 1: JP-A-2009-243428

BP 2: JP-A-2016-8536

BP 3: US 2006/070435 A1

45 **BIBLIOGRAFÍA NO PATENTADA**

BNP 1: IEC61400-01, GL2003, A Design Code and Commentary for Wind Turbine Support Structures and Foundations 2010 RESUMEN DE LA INVENCION

PROBLEMA TÉCNICO

50 El aparato de la técnica relacionada para los estados de monitorización de una turbina eólica es un aparato de monitorización de una turbina eólica para monitorizar estados de una turbina eólica mediante el uso de valores

característicos creados sobre la base de datos de medición medidos por medio de una pluralidad de sensores montados en la turbina eólica, como se propone en la BP 1, y el aparato extrae los conjuntos de datos necesarios para el diagnóstico y diagnostica los estados de manera automática, según los criterios de determinación previamente definidos.

5 Sin embargo, como el grado de daño en los dispositivos en la turbina eólica depende, en gran medida, de la velocidad del viento y el historial de ejecución, es difícil hacer una determinación en función de datos extraídos parcialmente. También se necesita un registro de ejecución del dispositivo del mismo tiempo a fin de diagnosticar estados con los criterios de determinación previamente definidos, y la precisión de la determinación depende del registro de ejecución.

10 Además, si bien lo propuesto en la BP 2 establece un valor umbral mediante el uso de aprendizaje automático en un período de medición de los criterios de determinación previamente establecidos, es difícil establecer de manera clara una cantidad adecuada de criterios de determinación y es necesario acumular conocimientos en base a la medición real durante un largo período de tiempo. Dado que el grado de daño en los dispositivos depende, en gran medida, de las condiciones de viento en la ubicación en la que se monta la turbina, hay un problema, porque, como se necesitan los datos de medición real sobre un largo período de tiempo en la ubicación para cada turbina eólica, toma mucho tiempo obtener precisión en estados de monitorización y la precisión varía.

15 Además, en una granja ventosa o similar, en la que hay turbinas de diferentes modelos presentes al mismo tiempo, hay problemas, porque: es difícil efectuar la evaluación de manera uniforme; y no es posible distinguir cuáles de las condiciones de viento en la ubicación en la que están montados la turbina eólica y el dispositivo en sí es un factor de daño.

20 Además, hay un problema, porque, dado que se necesita un gran número de dispositivos de registro para registrar una pluralidad de índices de datos, los dispositivos que procesan los índices de datos requieren de un costo y lleva un tiempo efectuar el cálculo.

25 La presente descripción se efectuó a fin de resolver los problemas antes mencionados, y un objeto de la misma es proporcionar un aparato de monitorización de una turbina eólica, un procedimiento de monitorización de una turbina eólica, un programa de monitorización de una turbina eólica y un medio de registro capaz de determinar adecuadamente los estados de condición de viento provocados por una ráfaga en una ubicación en la que está montado el generador de la turbina eólica y calcular con facilidad y monitorizar los grados de daño en las partes respectivas.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

30 Un aparato de monitorización de una turbina eólica según un aspecto ilustrativo de la presente descripción es un aparato de monitorización de una turbina eólica configurado para monitorizar una turbina eólica mediante la adquisición de un cambio temporal en una velocidad de viento de la turbina eólica, comprendiendo el aparato de monitorización: un mando de monitorización configurado para obtener una forma de onda del historial de tiempos a partir de los datos de velocidad del viento que indican el cambio temporal en la velocidad del viento de la turbina eólica, donde el mando de monitorización está configurado para: extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento; efectuar una evaluación de la ráfaga; y calcular un grado de daño en dispositivos predeterminados en la turbina eólica de manera acumulativa en función de la evaluación de la ráfaga para las formas de ráfaga respectivas de la ráfaga.

40 Además, el mando de monitorización se puede configurar para adquirir los datos de la velocidad del viento por medio de una red.

Además, la evaluación de ráfaga puede comprender medir al menos uno de un volumen y una frecuencia de ocurrencia de la ráfaga.

Además, la evaluación de ráfaga puede comprender posiciones de medición de la ráfaga con las formas de ráfaga.

45 Además, el mando de monitorización está configurado para clasificar las formas de ráfaga usando la evaluación de ráfaga.

Además, el mando de monitorización tiene información relacionada con el grado de daño de los dispositivos predeterminados para cada una de las formas de ráfaga clasificadas.

Además, el mando de monitorización se puede configurar para calcular el grado de daño de los dispositivos predeterminados de manera acumulativa según las formas de ráfaga y la frecuencia de ocurrencia de la ráfaga.

50 Además, el mando de monitorización se puede configurar para extraer la ráfaga usando un procedimiento de ventana a partir de una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento.

Además, el mando de monitorización se puede configurar para determinar las formas de ráfaga usando un procedimiento de conteo Rainflow a partir de una forma de onda del historial de tiempos que comprende la ráfaga extraída.

Además, el mando de monitorización se puede configurar para evaluar el grado de daño mediante el uso de al menos una de una respuesta de desplazamiento, una respuesta de carga, una respuesta de vibración y una respuesta de calor para los dispositivos predeterminados.

5 Además, el mando de monitorización está configurado para determinar al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función del grado de daño acumulativo.

Además, el mando de monitorización está configurado para determinar al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función de las formas de ráfaga y el número de veces de conteo además del grado de daño acumulativo.

10 Además, un procedimiento de monitorización de una turbina eólica según un aspecto ilustrativo de la presente descripción es un procedimiento de monitorización de una turbina eólica que comprende las etapas de: adquirir datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporario en una velocidad de viento de una turbina eólica; obtener una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento en función de los datos de la velocidad del viento adquiridos; extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento y efectuar una evaluación de la ráfaga; y calcular el grado de daño de dispositivos predeterminados en la turbina eólica, de manera acumulativa, en función de la evaluación de ráfaga para las formas de ráfaga respectivas.

15 Además, un programa de monitorización de una turbina eólica según un aspecto ilustrativo de la presente descripción es un programa de monitorización de una turbina eólica para hacer que un ordenador ejecute las etapas de: adquirir datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporario en una velocidad de viento de una turbina eólica; obtener una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento en función de los datos de la velocidad del viento adquiridos; extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento; efectuar una evaluación de la ráfaga en función de la ráfaga extraída; y calcular el grado de daño de dispositivos predeterminados en la turbina eólica, de manera acumulativa, en función de la evaluación de ráfaga para las formas de ráfaga respectivas.

20 Además, un medio de almacenamiento legible por ordenador, según un aspecto ilustrativo de la descripción es un medio de almacenamiento legible por ordenador en el que se almacena el programa de monitorización explicado anteriormente.

25 Además, un aparato de monitorización según un aspecto ilustrativo de la descripción es un aparato de monitorización que comprende: al menos un procesador; y al menos una instrucción legible por ordenador de almacenamiento en memoria que, cuando es ejecutada por el procesador, hace que el aparato de monitorización: adquiera datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporario en una velocidad del viento de una turbina eólica; extraiga una ráfaga en función de los datos de la velocidad del viento; mida los parámetros asociados con la ráfaga; y calcule el grado de daño en la turbina eólica, de manera acumulativa, en función de los parámetros medidos para las formas de ráfaga respectivas.

Efectos ventajosos de la invención

35 Según la presente descripción, es posible definir índices de evaluación que incluyan un grado y una frecuencia de ocurrencia de la ráfaga en una ubicación en la que se construye una turbina eólica simplemente a partir de una velocidad de viento de la turbina eólica, como se describió anteriormente. De esta manera, la evaluación antes de la construcción de la turbina eólica se efectúa de manera adecuada, y es posible esperar que la avería de la turbina eólica se suprima y que la cantidad de energía generada aumente.

40 Breve descripción de los dibujos

[Fig. 1] La Fig. 1 es un diagrama que ilustra porciones de bloque en un aparato de monitorización, según una realización de la presente descripción.

[Fig. 2] La Fig. 2 es un diagrama para describir la extracción de la ráfaga usando un procedimiento de ventana.

[Fig. 3] La Fig. 3 es un diagrama para describir formas de ráfaga usando un procedimiento de conteo Rainflow.

45 [Fig. 4] La Fig. 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de contenido de clasificación de las formas de ráfaga.

[Fig. 5] La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para calcular el grado de daño acumulativo.

[Fig. 6] La Fig. 6 es un gráfico que ilustra una relación entre una forma de ráfaga y una diferencia de temperatura del elemento.

50 [Fig. 7] La Fig. 7 es un gráfico que ilustra una relación entre el grado de daño acumulativo y la diferencia de temperatura del elemento.

Descripción de las realizaciones

En lo sucesivo, se describirá una realización como un aspecto de la presente descripción, con referencia a las Fig. 1 a 7.

5 En una turbina eólica 1, un anemómetro 3 se une a una góndola 2. Una red 4 se conecta a la turbina eólica 1. La red 4 se conecta a la Internet 100. Una red 10 se conecta a la Internet 100. La red 10 está conectada de manera eléctrica a un terminal de monitorización 20 para monitorizar la turbina eólica. Las redes 4 y 10 y la Internet 100 corresponden a redes descritas en la presente descripción. Se pueden usar redes adecuadas, tales como las redes de área local (LAN) o las redes de área amplia (WAN), así como también cualquier otra red inalámbrica o cableada. El terminal de monitorización 20 corresponde al aparato de monitoreo según la presente descripción. Cabe señalar que las redes 4 y 10 pueden incluir interfaces (no se ilustran) para la conexión a la Internet 100.

10 El terminal de monitorización 20 tiene un almacenamiento de información de velocidad del viento 21, un mando de monitorización 23 que controla todo el terminal de monitorización 20, un almacenamiento de daños 22 que almacena el grado de daño acumulativo para las formas de ráfaga respectivas y una porción de notificación 24 tal como una pantalla. La porción de notificación 24 puede proporcionar una notificación tal como un sonido.

15 Las memorias de acceso randomizado (RAM), las memorias flash, las unidades de disco duro (HDD) y similares se pueden usar, de manera adecuada, como el almacenamiento de información de velocidad del viento 21 y el almacenamiento de daños 22, y la presente descripción no se limita a algunos específicos. También, el almacenamiento de información de velocidad del viento 21 y el almacenamiento de daños 22 se pueden configurar mediante los mismos dispositivos o a través de dispositivos diferentes. Uno o ambos de los almacenamientos de información de velocidad del viento 21 y de daños 22 se pueden montar por fuera del cuerpo principal de un aparato de monitorización y se pueden conectar al cuerpo principal del aparato de monitorización con las líneas de señal o se pueden preparar como almacenamientos que están separados del terminal de monitorización 20.

20 El mando de monitorización 23 se puede configurar a partir de un conjunto de procesamiento central (CPU) y un programa de monitorización a ejecutar en el CPU.

25 El mando de monitorización 23 está configurado de manera tal que incluye una memoria (no se ilustra) y un procesador (no se ilustra). La memoria está configurada para almacenar comandos legibles por ordenador (programas). La memoria está configurada a partir de una memoria solo de lectura (ROM) en la que se almacenan varios programas o similares, una RAM que tiene una pluralidad de áreas de trabajo en la que se almacenan varios programas o similares a ser ejecutados por el procesador, y similares, por ejemplo. El procesador es un CPU, un conjunto de microprocesamiento (MPU) y/o un conjunto de procesamiento de gráficos (GPU), por ejemplo, y está configurado para desarrollar programas, que están diseñados a partir de varios

30 Programas incorporados en la ROM, en la RAM y ejecutados en varios tipos de procesamiento, en cooperación con la RAM. Es decir que, el mando de monitorización 23 está configurado para controlar varias operaciones del terminal de monitorización 20 mediante el desarrollo, por parte del procesador, de un programa de monitorización para ejecutar el procedimiento de monitorización según la realización en la RAM y ejecutar el programa de monitorización en cooperación con la RAM.

35 El mando de monitorización 23 puede incluir una memoria no volátil que almacena un programa de monitorización, parámetros operativos y similares, una RAM que sirve como un área de trabajo y similares, además de los componentes antes mencionados. Cabe señalar que el programa de monitorización y varios tipos de datos se pueden almacenar en varios medios de almacenamiento y se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento (almacenamiento) tal como un HDD, una unidad de estado sólido (SSD) o una memoria flash USB.

40 El mando de monitorización 23 tiene un conjunto de evaluación de ráfaga 23 A que extrae una ráfaga a partir de datos de velocidad del viento almacenados en el almacenamiento de información de velocidad del viento 21 y efectúa la evaluación de la ráfaga. Un resultado de evaluación del conjunto de evaluación de ráfaga 23A se adquiere mediante un conjunto de evaluación de estado 23B. La información al respecto del grado de daño acumulativo para las formas de ráfaga respectivas se proporciona a partir del almacenamiento de daños 22 al conjunto de evaluación de estado 23B. Un resultado de evaluación del conjunto de evaluación de estado 23B es proporcionado a un conjunto de determinación de anomalía 23C, y un resultado de determinación del conjunto de determinación de anomalía 23C se proporciona a la porción de notificación 24, según sea necesario.

45 Cabe señalar que, si bien la realización se describe suponiendo que el conjunto de evaluación de ráfaga 23A, el conjunto de evaluación de estado 23B y el conjunto de determinación de anomalía 23C se incluyen respectivamente en el mando de monitorización 23, estas partes podrían no distinguirse claramente en el mando de monitorización 23, y las funciones respectivas podrían ser ejecutadas mediante programas.

50 En lo sucesivo, se describen las operaciones del terminal de monitorización 20.

55 El almacenamiento de información de velocidad de viento 21 adquiere datos al respecto de un cambio temporal en una velocidad del viento obtenida por el anemómetro 3 de la turbina eólica 1 a través de la red 4, la Internet 100 y la red 10, y secuencialmente registra los datos en ahí mismo. Los datos son adquiridos por el programa de monitorización ejecutado por el mando de monitorización 23 y son almacenados en el almacenamiento de información de velocidad

- del viento 21. El conjunto de evaluación de ráfaga 23A lee los datos de velocidad del viento en función de un cambio temporal del almacenamiento de información de velocidad del viento 21 y obtiene una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento. Además, el conjunto de evaluación de ráfaga 23A extrae la ráfaga de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento. La extracción de ráfaga se puede efectuar mediante un procedimiento de ventana, por ejemplo. El procedimiento de ventana es un procedimiento en el que una ventana móvil con un ancho de tiempo finito (5 segundos, por ejemplo) está definido con respecto a una forma de onda de velocidad del viento de la serie de tiempos, y una diferencia entre la velocidad del viento inicial y una velocidad del viento máxima de la forma de onda de las series de tiempos en la ventana se extrae como un volumen de la ráfaga.
- 5 El conjunto de evaluación de ráfaga 23A efectúa la extracción usando el procedimiento de ventana y mide la posición, el tamaño y la frecuencia de la ráfaga.
- 10 La Fig. 2 ilustra una ráfaga extraída mediante el procedimiento de ventana y formas de onda en los alrededores de la misma. La ráfaga se extrae en la ventana de 5 segundos, y se obtienen el tamaño (V_{gust}) de la ráfaga para el punto de inicio y el tamaño de ráfaga máximo ($V_{gust,max}$) que indican la magnitud de la ráfaga a partir de la velocidad del viento en el punto más bajo.
- 15 Cabe señalar que la extracción de la ráfaga no se limita al procedimiento de ventana y la ráfaga puede extraerse mediante otro procedimiento.
- El conjunto de evaluación de ráfaga 23A efectúa la determinación de las formas de ráfaga mediante el uso de un procedimiento de conteo de Rainflow, por ejemplo, en la forma de onda del historial de tiempos de la ráfaga extraída. El procedimiento de conteo de Rainflow es un procedimiento de conteo del conteo de una frecuencia de tensión o una frecuencia de deformación para una estructura mecánica o similar, de modo que se exponga a una carga de variación repetida irregular y sea posible contar las formas de onda de variación separándolas en ciclos. En la presente descripción, este procedimiento se adapta para la forma de onda cambiante de las series de tiempo de la velocidad del viento.
- 20 Un ejemplo de determinación de formas de ráfaga se describirá a continuación, en función de la Fig. 3. El procedimiento Rainflow se aplica a las formas de onda de variación de velocidad de la velocidad del viento (se extraen formas de onda en alrededor de varios segundos antes y después de la ráfaga, por ejemplo) en los alrededores de una parte de generación de ráfaga extraída mediante el procedimiento de ventana. Se determina que un caso en el que las sumas de los vectores de tamaños, incluyendo el signo de los ciclos contados (números marcados con un círculo 1 a 4) es igual a o menor que un valor umbral específico, es un tipo de ciclo entero, y se determina que los demás casos son de un tipo de medio ciclo. También, un caso en el que el tamaño del ciclo (número 1 marcado con un círculo) inmediatamente antes del ciclo (número 2 marcado con un círculo) que corresponde a una posición de generación de $V_{gust,max}$ es igual o mayor que un valor específico se define como una ráfaga de tipo de modulación, y los demás casos se clasifican como una ráfaga de tipo monótono.
- 25 Se clasifican las formas de ráfaga obtenidas mediante el procedimiento de conteo Rainflow. En la clasificación, las formas de ráfaga se clasifican en función de la evaluación de la forma de onda, incluyendo los tamaños de la ráfaga, las posiciones de la ráfaga y similares. En la evaluación de la ráfaga, las frecuencias de ocurrencia y similares se evalúan además de las formas de ráfaga. Cabe señalar que las formas de ráfaga, los criterios de clasificación en relación con los tamaños de ráfaga, las posiciones de ráfaga, las formas de onda y similares se pueden proporcionar por adelantado y las formas de ráfaga se pueden clasificar según los criterios.
- 30 La Fig. 4 ilustra un ejemplo de clasificación de las formas de ráfaga clasificadas, y las formas de ráfaga se clasifican en cuatro tipos, dependiendo de los volúmenes y las posiciones en los puntos más bajos, y los volúmenes, las posiciones, las formas de caída y similares de las ráfagas.
- 35 Cabe señalar que estos cuatro tipos de formas de onda se seleccionan tomando en consideración los grados de influencias dadas a las variaciones en las frecuencias de rotación de la turbina eólica. Las frecuencias de ocurrencia para estas formas y los valores de velocidad del viento promedio de 10 minutos relacionados se combinan como conjuntos de datos y, a los conjuntos de datos, se hace referencia como resultados de evaluación de ráfaga, los resultados son ponderados y, a continuación, acumulados, obteniendo así índices de condiciones de viento en la ubicación de montaje de la turbina eólica.
- 40 Es decir que es posible efectuar la evaluación de ráfaga usando la información de registro de velocidad, a fin de obtener los resultados de evaluación de la condición de viento en la ubicación de montaje de la turbina eólica, y proporcionar una notificación de los resultados usando la porción de notificación 24.
- 45 Además, el terminal de monitorización 20 recibe los resultados de evaluación del conjunto de evaluación de ráfaga 23A, y combina el grado de daño acumulativo de los dispositivos predeterminados, tales como los dispositivos principales, y evalúa los estados usando el conjunto de evaluación de estado 23B.
- 50 La medición del grado de daño y la evaluación de estado se efectúa en función de las formas de ráfaga. Un ejemplo del procedimiento de evaluación se ilustra en el diagrama de flujo en la Fig. 5.
- 55

Los cambios temporarios de la velocidad del viento son recibidos desde el almacenamiento de información de velocidad del viento 21 y se cuentan para las formas de ráfaga respectivas y clasificadas (Etapa s1). Después del conteo, los cambios temporales se cuantifican usando la distribución estadística a partir de las formas de ráfaga y los resultados de conteo (el número de veces de conteo) (Etapa s2). Es posible efectuar la cuantificación mediante la aproximación de las tasas de aparición de velocidad, por medio de la distribución de Weibull y las frecuencias de ocurrencia de ráfaga aproximadas para las velocidades del viento respectivas según la distribución de Gumbel.

A continuación, se calcula el grado de daño acumulativo (Etapa s3). El grado de daño acumulativo se puede calcular para los dispositivos respectivos. Cuando se supone que uno de una pluralidad de dispositivos principales es un primer dispositivo principal y otro de los dispositivos principales, que es diferente del primer dispositivo principal, es un segundo dispositivo principal, como se ilustra en la Fig. 5, por ejemplo, se calcula el grado de daño acumulativo debido a la vibración, el calor y el desplazamiento para las formas de ráfaga respectivas en relación con el primer dispositivo principal (Etapa s3A) y se calcula el grado de daño acumulativo debido a la vibración, el calor y el desplazamiento para las formas de ráfaga respectivas en relación con el segundo dispositivo principal (Etapa s3B). Estos se calculan en función del análisis dinámico o similares y las memorias descriptivas de los dispositivos por adelantado en función de las formas de ráfaga.

La Fig. 6 es un diagrama que ilustra una relación entre una forma de ráfaga y una diferencia de temperatura del elemento. La relación se puede almacenar en el almacenamiento de daños 22 o similares por adelantado. La relación antes mencionada y similares ilustra un resultado del cálculo de fuerza de la turbina eólica contra las formas de ráfaga mediante el uso de un procedimiento, tal como un análisis, por adelantado e indica cambios en la temperatura de los dispositivos principales en un caso en el que ocurre una ráfaga simple, por ejemplo.

La Fig. 7 es un diagrama que ilustra una relación entre una diferencia de temperatura, que se produce en los elementos, y el grado de daño acumulativo. Como una influencia de una ráfaga simple, como se ilustra en la Fig. 6, el grado de daño se puede obtener mediante la expresión relacional de la Fig. 7. De esta manera, el grado de daño acumulativo se puede calcular usando un procedimiento similar para los elementos (por ejemplo, vibración, desplazamiento o similares) que resulta necesario para determinar el grado de daño.

El grado de daño acumulativo de cada elemento se puede calcular en función de las ecuaciones numeradas como 1 y 2 a continuación.

Mat. 1 es una ecuación para calcular el ciclo de vida de energía (PC) de cada elemento, de manera acumulativa, en un caso de un componente eléctrico, y un recíproco del ciclo de vida de energía corresponde al grado de daño por fatiga. El ciclo de vida de energía (PC(k)) calculado por adelantado para cada forma de ráfaga se acumula en relación con la frecuencia de ocurrencia cuantificada (s2) para obtener así el ciclo de vida de energía correspondiente, y, por consiguiente, es posible calcular el grado de daño de fatiga térmica (Etapa s3A).

A continuación, Mat. 2 es una ecuación para calcular una carga de fatiga equivalente (DEFL) relacionada con una carga. La carga calculada por adelantado para cada forma de ráfaga se acumula en relación con la frecuencia de ocurrencia cuantificada (s2) usando Mat. 1 y, por consiguiente, es posible calcular el grado de daño por fatiga correspondiente (Etapa s3B).

En Mat. 2, Fk representa una amplitud de carga, mientras que Nk representa un número de repeticiones. También, Nref representa un número de veces correspondiente a una referencia para la evaluación y, en muchos casos, se establece en alrededor de 10⁷. Además, m corresponde a un recíproco de una inclinación de una curva S-N material a evaluar.

[Mat. 1]

$$PC = 1 / \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{PC(k)} \right)$$

[Mat. 2]

$$DEFL = \sqrt[m]{\frac{\sum_{k=1}^n F_k^m N_k}{N_{ref}}}$$

Es posible estimar un grado de daño acumulado, la vida útil restante, la presencia de una anomalía y similares a partir del resultado de calcular el grado de daño acumulativo y, así, efectuar la evaluación de estado (Etapa s4). La porción de notificación 24 puede proporcionar una notificación del resultado de la evaluación. También, el resultado de evaluación puede ser capaz de ser transmitido a otro dispositivo mediante una red o similar.

5 Es decir, la presente descripción hace posible: evaluar estados al combinar información al respecto de formas de ráfaga y frecuencias de ocurrencias obtenidas a partir de la evaluación de ráfaga y el grado de daño acumulativo de los dispositivos principales para las formas de ráfaga respectivas que se han obtenido por separado; determinar un grado de daño acumulado, la vida útil restante y la presencia de una anomalía; y proporcionar una notificación de los mismos, y se relaciona con el reconocimiento de síntomas premonitorios y la monitorización de estado de mal funcionamiento que se logra al determinar adecuadamente los estados de condición de viento provocados por la ráfaga en la ubicación en la que está montado el generador de la turbina eólica y estimar el grado de daño y los estados de los componentes principales en función de esta determinación.

10 Cabe señalar que es posible efectuar la evaluación de un riesgo de construcción debido a las condiciones de viento de la construcción, antes de la construcción, mediante el uso de un resultado de simulación para una velocidad de viento. También es posible evaluar los grados de ráfaga en una granja de viento o similares, en la que hay una pluralidad de modelos presentes al mismo tiempo, y distinguir cuáles de las condiciones de viento y un mal funcionamiento de un dispositivo en sí mismo que ocurre en el dispositivo del modelo específico es la causa. Además, es posible mejorar una tasa de ejecución y optimizar un procedimiento de operación, mediante la optimización de un
15 reemplazo del mal funcionamiento, en un sitio en el que ya se ha montado la turbina eólica, a partir de los datos de la velocidad del viento obtenidos de manera secuencial.

Si bien la presente descripción se ha descrito anteriormente en función de la realización antes mencionada, la presente descripción no se limita al contenido de la realización antes mencionada. El alcance de la protección se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

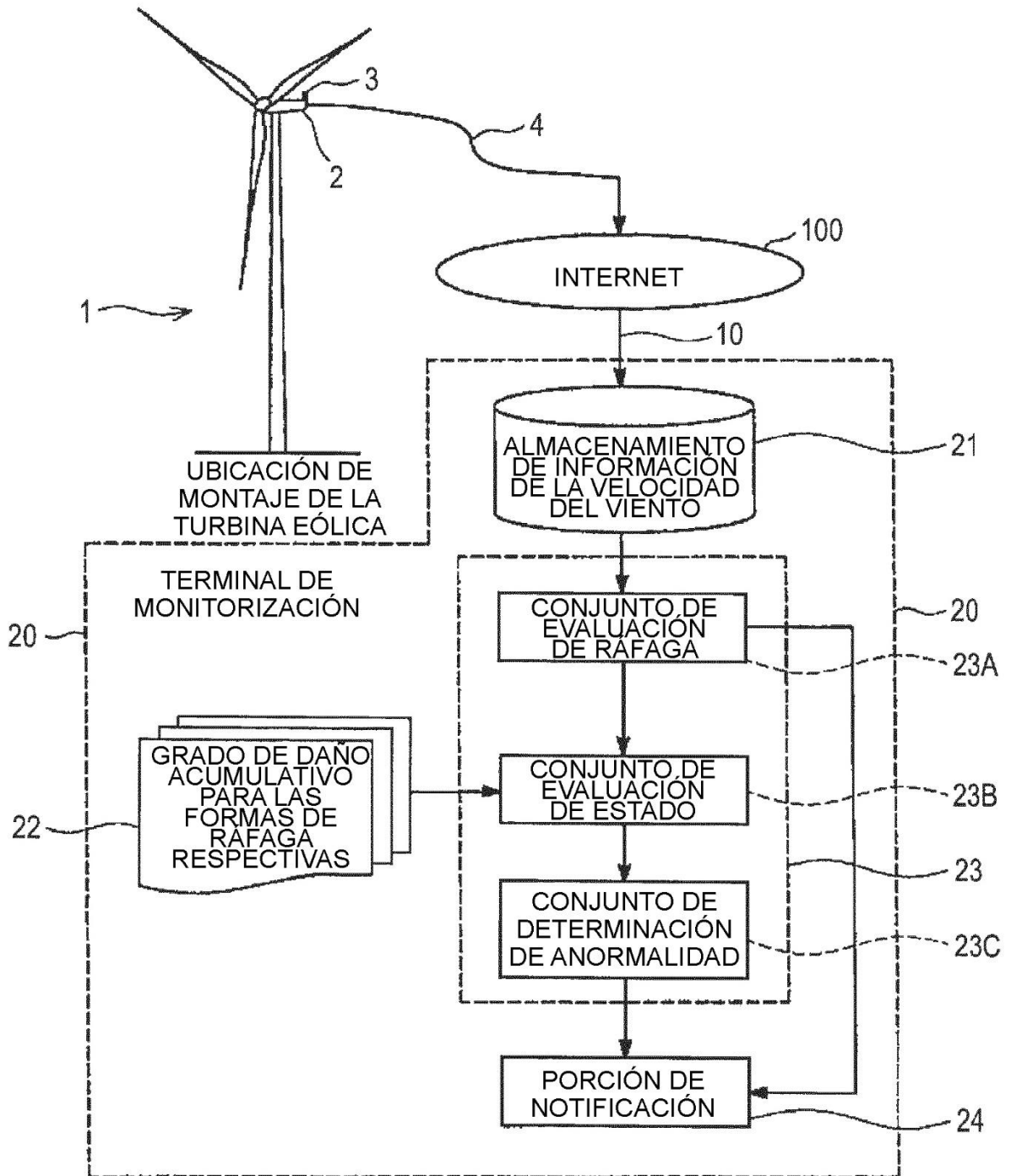
20 La presente solicitud se basa en la Solicitud de patente japonesa (Solicitud de patente japonesa No. 2016-132661) presentada el 4 de julio de 2016.

REIVINDICACIONES

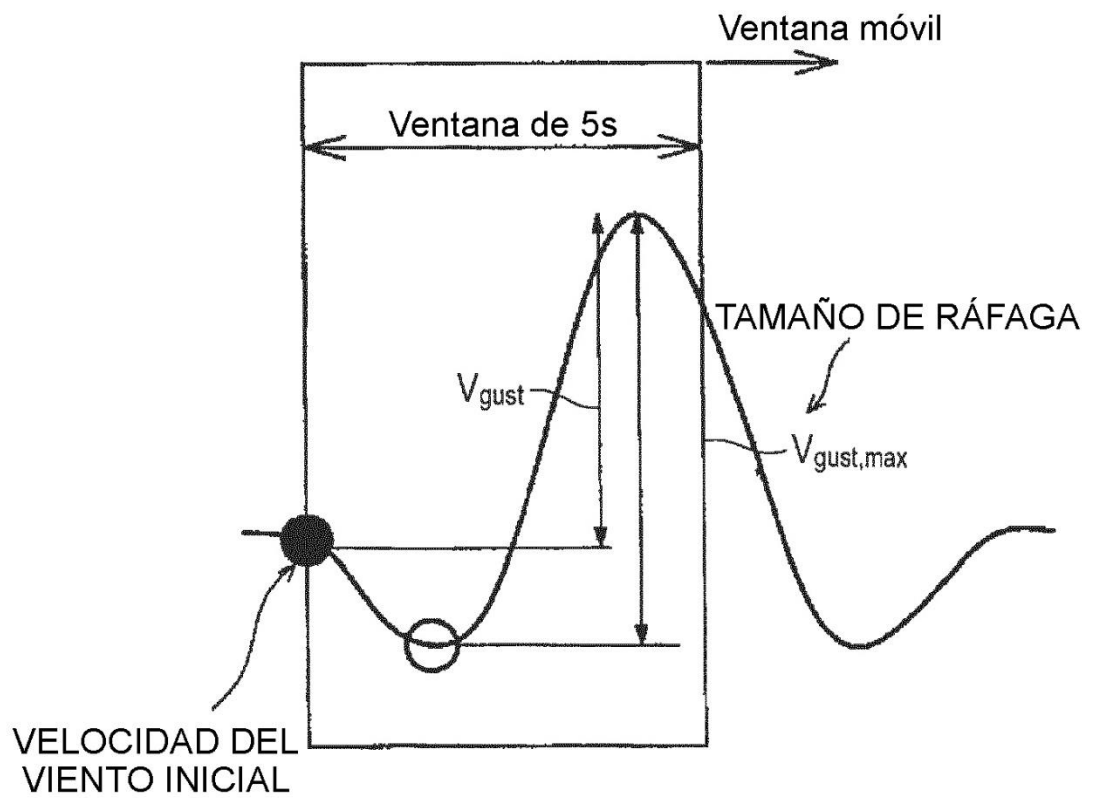
1. Un aparato de monitorización de una turbina eólica configurado para monitorizar una turbina eólica (1) mediante la adquisición de un cambio temporal en una velocidad de viento de la turbina eólica (1), comprendiendo el aparato de monitorización:
- 5 un mando de monitorización (23) configurado para obtener una forma de onda del historial de tiempos de una velocidad del viento de los datos de velocidad del viento que indica el cambio temporal en la velocidad del viento de la turbina eólica (1),
- donde el mando de monitorización (23) está configurado para:
- extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento;
- 10 efectuar una evaluación de la ráfaga; y
- calcular el grado de daño en dispositivos predeterminados en la turbina eólica (1) de manera acumulativa en función de la evaluación de ráfaga para las formas de ráfaga respectivas de la ráfaga,
- caracterizado por que
- 15 el mando de monitorización (23) está configurado para clasificar las formas de ráfaga usando la evaluación de ráfaga,
- el mando de monitorización (23) tiene información relacionada con el grado de daño de los dispositivos predeterminados para cada una de las formas de ráfaga clasificadas, y
- el mando de monitorización (23) está configurado para determinar al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función de las formas de ráfaga y el número de veces de conteo además del grado de daño acumulativo.
- 20 2. El aparato de monitorización según la reivindicación 1, donde el controlador de monitorización (23) está configurado para adquirir los datos de velocidad del viento por medio de una red.
3. El aparato de monitorización según la reivindicación 1 o 2, donde la evaluación de ráfaga comprende medir al menos uno de un volumen y una frecuencia de ocurrencia de la ráfaga.
- 25 4. El aparato de monitorización según la reivindicación 3, donde la evaluación de ráfaga comprende medir posiciones de la ráfaga con las formas de ráfaga.
5. El aparato de monitorización según la reivindicación 1, donde el mando de monitorización (23) está configurado para calcular el grado de daño de los dispositivos predeterminados de manera acumulativa según las formas de ráfaga y la frecuencia de ocurrencia de la ráfaga.
- 30 6. El aparato de monitorización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el mando de monitorización (23) está configurado para extraer la ráfaga usando un procedimiento de ventana a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento.
7. El aparato de monitorización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el mando de monitorización (23) está configurado para determinar las formas de ráfaga usando un procedimiento de conteo Rainflow a partir de una forma de onda de un historial de tiempos que comprende la ráfaga extraída.
- 35 8. El aparato de monitorización según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el mando de monitorización (23) está configurado para evaluar el grado de daño mediante el uso de al menos una de una respuesta de desplazamiento, una respuesta de carga, una respuesta de vibración y una respuesta de calor para los dispositivos predeterminados.
- 40 9. Un procedimiento de monitorización de una turbina eólica que comprende las etapas de:
- adquirir datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporal en una velocidad del viento de una turbina eólica (1);
- obtener una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento en función de los datos de la velocidad del viento;
- 45 extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento y efectuar una evaluación de la ráfaga;
- clasificar las formas de ráfaga usando la evaluación de ráfaga y usando información relacionada con el grado de daño de los dispositivos predeterminados para cada una de las formas de ráfaga clasificadas;

- determinar al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función de las formas de ráfaga y el número de veces de conteo además del grado de daño acumulativo; y
- 5 calcular el grado de daño en dispositivos predeterminados en la turbina eólica (1) de manera acumulativa en función de la evaluación de ráfaga para las formas de ráfaga respectivas.
10. Un programa de monitorización de turbinas eólicas para hacer que un ordenador ejecute las etapas de:
- adquirir datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporal en una velocidad del viento de una turbina eólica (1);
- 10 obtener una forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento en función de los datos de la velocidad del viento;
- extraer una ráfaga a partir de la forma de onda del historial de tiempos de la velocidad del viento;
- efectuar una evaluación de ráfaga en función de la ráfaga extraída;
- clasificar las formas de ráfaga usando la evaluación de ráfaga y usando información relacionada con el grado de daño de los dispositivos predeterminados para cada una de las formas de ráfaga clasificadas;
- 15 determinar al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función de las formas de ráfaga y el número de veces de conteo además del grado de daño acumulativo; y
- calcular el grado de daño en dispositivos predeterminados en la turbina eólica (1) de manera acumulativa en función de la evaluación de ráfaga para las formas de ráfaga respectivas.
- 20 11. Un medio de almacenamiento legible por ordenador en el que se almacena un programa de monitorización según la reivindicación 10.
12. Un aparato de monitorización que comprende:
- al menos un procesador; y
- 25 al menos una instrucción legible por ordenador de almacenamiento en memoria que, cuando es ejecutada por el procesador, hace que el aparato de monitorización:
- adquiera datos de la velocidad del viento que indican un cambio temporal en una velocidad del viento de una turbina eólica (1);
- extraiga una ráfaga en función de los datos de la velocidad del viento;
- mida parámetros asociados con la ráfaga;
- 30 clasifique las formas de ráfaga usando la evaluación de ráfaga y usando información relacionada con el grado de daño de los dispositivos predeterminados para cada una de las formas de ráfaga clasificadas;
- determine al menos uno de un grado de daño, la vida útil restante y la presencia de una anomalía en función de las formas de ráfaga y el número de veces de conteo además del grado de daño acumulativo; y
- 35 calcule el grado de daño en la turbina eólica (1) de manera acumulativa en función de los parámetros acumulativos para las formas de ráfaga respectivas.

[FIG. 1]

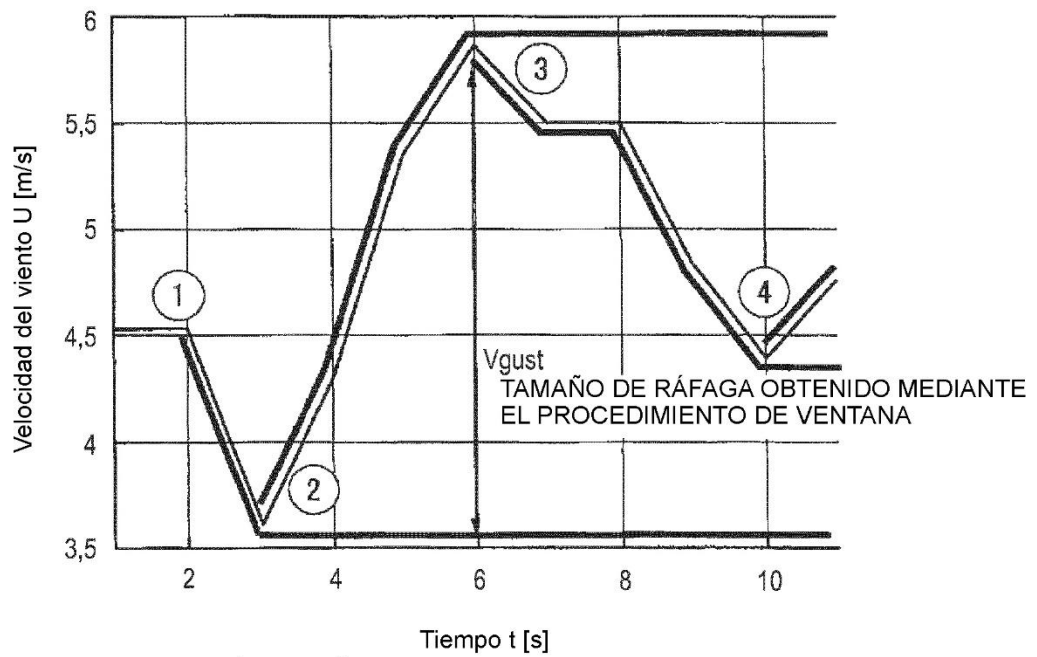


[FIG. 2]



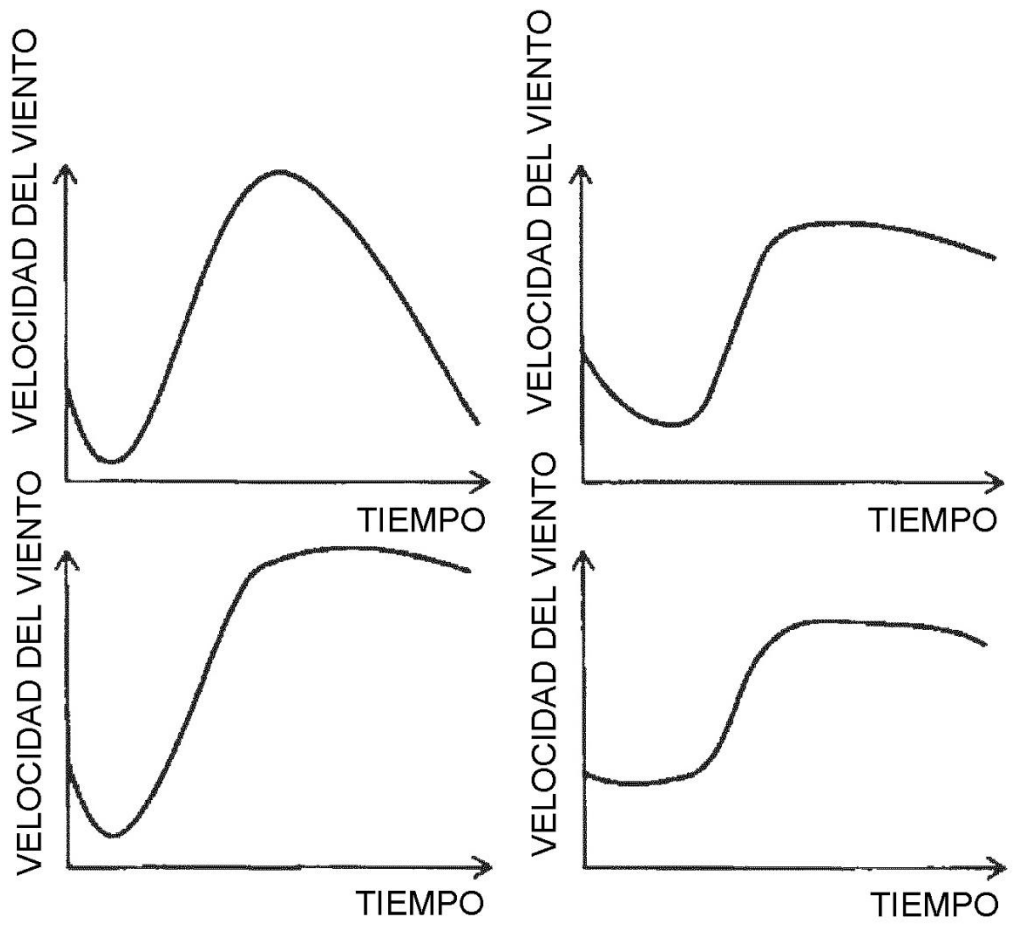
PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE RÁFAGA
MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE VENTANA

[FIG. 3]



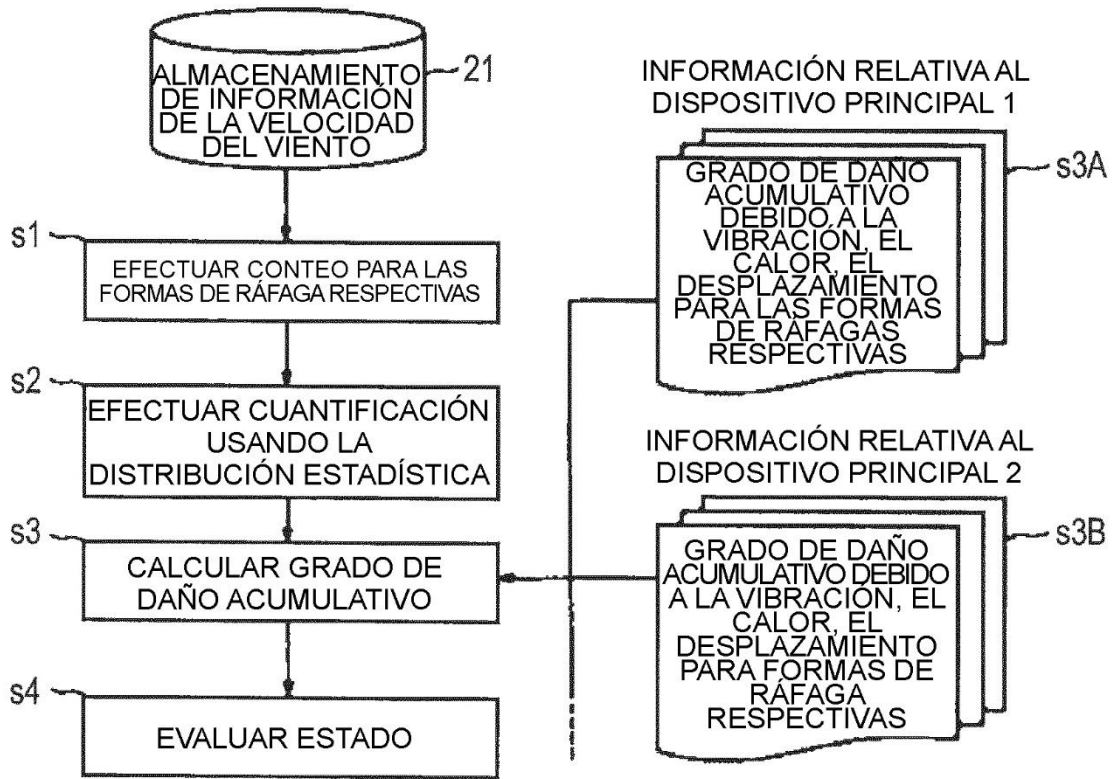
PROCEDIMIENTO DE DISTINCIÓN DE RÁFAGA MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE CONTEO RAINFLOW

[FIG. 4]

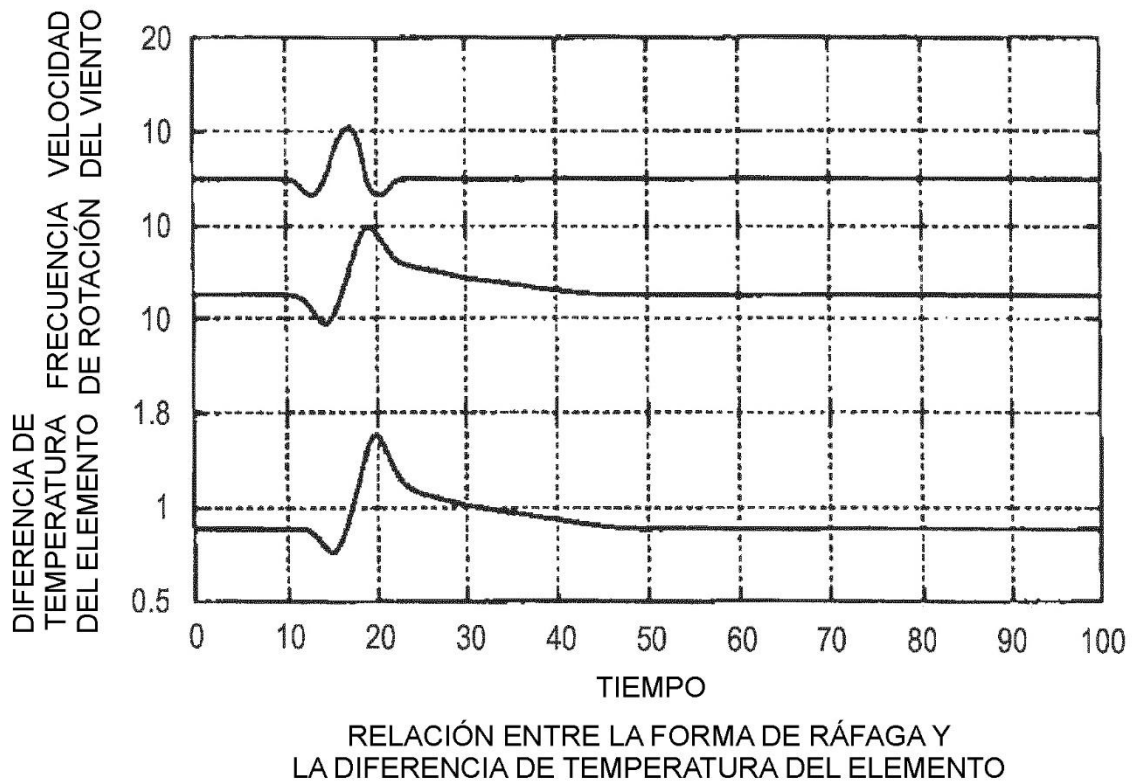


CLASIFICACIÓN DE FORMA DE RÁFAGA

[FIG. 5]



[FIG. 6]



[FIG. 7]

