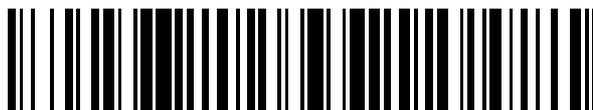


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 956**

51 Int. Cl.:

D21H 27/40 (2006.01)
D21F 5/02 (2006.01)
D21F 5/00 (2006.01)
D21G 3/00 (2006.01)
D21H 25/10 (2006.01)
D21G 9/00 (2006.01)
G01N 29/44 (2006.01)
G01N 29/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2012 PCT/US2012/059631**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.04.2013 WO13059055**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2012 E 12841129 (5)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2769017**

54 Título: **Método para detección de vibración de aviso temprano y gestión de protección de activos**

30 Prioridad:

20.10.2011 US 201113277545

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2017

73 Titular/es:

**NALCO COMPANY (100.0%)
 1601 West Diehl Road
 Naperville, IL 60563-1198, US**

72 Inventor/es:

**VON DRASEK, WILLIAM A.;
 FURMAN, GARY S. JR. y
 ARCHER, SAMMY LEE**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 640 956 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

Método para detección de vibración de aviso temprano y gestión de protección de activos

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a métodos, composiciones y aparatos para la detección y prevención de vibración en cuchillas rascadoras en una secadora Yankee. Tal como se describe al menos en las patentes de Estados Unidos 7.691.236, 7.850.823, 5.571.382, 5.187.219, 5.179.150, 5.123.152, 4.320.582 y 3.061.944, en el proceso de fabricación de tejido, una lámina de papel se seca en un cilindro secador calentado denominado un Yankee o secadora Yankee. A menudo se usan materiales adhesivos para revestir la superficie Yankee para ayudar a adherir la lámina húmeda a la secadora. Esto mejora la transferencia de calor, permitiendo un secado más eficaz de la lámina. De manera más importante, estos adhesivos proporcionan la adhesión requerida para proporcionar un buen plisado de la lámina seca. El plisado es el proceso de hacer impactar la lámina en una cuchilla dura (llamada cuchilla rascadora), comprimiendo así la lámina en la dirección de la máquina, creando una estructura de lámina doblada. El plisado rompe un gran número de uniones de fibra con fibra en la lámina, transmitiendo las calidades de volumen, estiramiento, absorbencia y suavidad que son características del tejido. La cantidad de adhesión proporcionada por el revestimiento adhesivo desempeña un papel significativo en el desarrollo de estas propiedades tisulares.

Además, la presente invención cubre la detección y la prevención de vibración en cuchillas rascadoras usadas para la limpieza del revestimiento residual de la superficie Yankee así como la cuchilla rascadora de recorte usada durante las operaciones de mantenimiento en la cuchilla rascadora de plisado. La presente invención se centra en la operación de plisado, pero la extensión de la metodología a la cuchilla de limpieza y recorte también se aplica de igual forma.

El revestimiento Yankee también tiene el fin de proteger la Yankee y las superficies de cuchilla de plisado de un desgaste excesivo. En este papel, los agentes de revestimiento proporcionan una capacidad de ejecución mejorada de la máquina de tejido. A medida que se desgastan las cuchillas rascadoras de plisado, deben sustituirse por unas nuevas. El proceso de cambiar las cuchillas representa una fuente significativa de tiempo de parada de la máquina de tejido, o una pérdida de producción, ya que un producto plisado no puede producirse cuando la cuchilla se está cambiando. Los agentes de liberación, normalmente aceites de hidrocarburo, se usan en asociación con los polímeros de revestimiento. Estos agentes ayudan en la liberación uniforme de la banda de tejido en las cuchillas de plisado, y también lubrican y protegen la cuchilla de un desgaste excesivo.

Una interacción sostenida y apropiada entre el revestimiento Yankee y la cuchilla rascadora de plisado es crítica tanto para el desarrollo de propiedad de la lámina como para la capacidad de ejecución de la máquina. En operaciones normales, la punta de la cuchilla rascadora de plisado se monta en el revestimiento en la superficie de la secadora y experimenta un mínimo movimiento fuera de plano. Sin embargo, si la amplitud del movimiento fuera de plano se vuelve lo suficientemente alta, la cuchilla rascadora de plisado oscilará por encima y por debajo de la lámina dando lugar al desarrollo de vibración que aparece como defectos en dirección transversal (CD). Los defectos de la lámina a partir de la liberación aparecerán como múltiples orificios en la CD o desarrollarán una apariencia de lazo. Los defectos de revestimiento pueden exhibir largas marcas CD que son visibles cuando se ven con una luz estroboscópica. En condiciones de vibración severa, la cuchilla rascadora penetrará a través del revestimiento Yankee haciendo contacto directo con la superficie de la secadora. Si esto ocurre, puede surgir un daño potencial a la superficie de la secadora con la apariencia de hendiduras horizontales en la superficie metálica. Una vez que la superficie de la secadora se daña, solo puede repararse sacando la máquina de la producción y volviendo a amolar la superficie de la secadora. El proceso de reamolado es una operación costosa, debido a las pérdidas y coste de producción del procedimiento así como la degradación de la vida útil de la secadora debido a una reducción en el espesor de la pared que afecta negativamente a la clasificación de presión del vaso. Por tanto, es imperativo que los fabricantes monitoricen de manera cercana el proceso e identifiquen cuándo está presente la vibración.

Una vibración excesiva en la cuchilla rascadora de plisado, que dé lugar a condiciones de vibración, puede originarse a través de condiciones mecánicas y operativas o de proceso. Los ejemplos de fuentes de vibración mecánica incluyen rodillos de presión, bombas, fieltros, cojinetes de cilindro de Yankee, etc., así como deformaciones de redondez de la secadora provocadas por no uniformidades térmicas. Una vez se identifica una fuente de vibración mecánica, la intervención de mantenimiento para corregir el problema suele precisar apagar el equipo, lo que se traduce en pérdidas de producción. Al contrario, las prácticas operativas o condiciones de proceso que inducen un exceso de vibración pueden incluir niveles de humedad de la lámina, química del revestimiento, velocidad de la máquina, peso base, pasta de papel, proyección de la cuchilla y presión de carga, etc. a las que puede atenderse sin interrumpir la producción.

Independientemente de la fuente, el exceso de vibración experimentado por la cuchilla rascadora puede dar lugar a condiciones de vibración que afecten a la calidad del producto, la capacidad de ejecución de la máquina y el valor de los activos. Los operarios a menudo se basarán en cambios de sonido que pueden oírse o a inspección visual (calidad de la lámina o superficie de la secadora Yankee) como el primer indicador de que la vibración está presente.

Sin embargo, este enfoque es subjetivo y no fiable dando como resultado a menudo la detección de la vibración después de que la condición se vuelva severa, haciendo de esta manera que las etapas de acción correctiva sean más difíciles. Para mejorar la fiabilidad y sensibilidad de detección para la detección de vibración, puede usarse la tecnología de monitorización de condición (CM) que utiliza sensores piezoeléctricos y/o de micrófonos. La CM tiene una larga historia en la industria del papel, pero principalmente para su uso en la monitorización de cojinetes en componentes rotativos. Los ejemplos de uso de CM en la cuchilla rascadora de plisado son limitados y en estos casos un se realiza análisis de medición siguiendo métodos CM tradicionales basados en el nivel de señal de sensor que supera un límite de alarma. En este enfoque, el estado del sistema se evalúa a partir de la tendencia de señal del sensor. Una tendencia plana se considera una condición normal mientras que una tendencia de inclinación hacia arriba indica una condición de desgaste, y un cambio de nivel se considera un fallo de componente. La dinámica de la operación de la secadora Yankee puede producir grandes variaciones en la señal del sensor, sin lograr una condición de vibración. Como resultado, los análisis de datos se vuelven más complejos en comparación con una CM convencional basada en niveles de detección de fallo y desgaste.

- 15 Intentos anteriores para abordar este problema incluyen: Aurelio Alessandrini and Piero Pagani, Chatter Marks: Origin, Evolution and Influence of the Creping Doctors, Ind. Carta volumen 41, n.º 4, junio de 2003, páginas 120-129, S. Archer, V. Grigoriev, G. Furman, L. Bonday, and W. Su, Chatter and Soft Tissue Production: Process Driven Mechansims, Tissue World Americas, febrero a marzo de 2009, páginas 33-35, S. Zhang, J. Mathew, L. Ma, Y Sun, and A. Mathew, Statistical condition monitoring based on vibration signals, Proceedings VETOMAC-3 & ACISM-2004, páginas 1238- 1243, Nueva Delhi, India, M. Fugate, H. Sohn, and C. Farrar, Vibration-based damage detection using statistical process control. Mechanical Systems and Signal Processing, volumen 15, número 4, julio de 2001, páginas 707-721, H. Sohn, C. Farrar, Damage diagnosis using time series analysis of vibration signals. Smart Materials and Structures, volumen 10, 2001, páginas 446-451, A. Heng, S. Zhang, A. Tan, and J. Mathew, Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities. Mechanical Systems and Signal Processing, 23, 2009, páginas 724-739, A. Messaoud, C. Weihs, and F. Hering, Detection of chatter vibration in a drilling process using multivariate control charts. Computational Statistics & Data Analysis, volumen 52, 2008, 3208-3219, A.A., Junior, F. C. Lobato de Almeida, Automatic faults diagnosis by application of neural network system and condition-based monitoring using vibration signals. Procedimientos de la conferencia internacional IAJC-IJME de 2008, ISBN 978-1-60643-379-9 y A.G. Rehorn, J. Jiang, P. Orban, State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring: review. Int J Adv. Manuf Technol 26, 2005, páginas 693-710.

El documento US2008/0033695A1 desvela el uso de una transformada rápida de Fourier para identificar perturbaciones durante procedimientos de realización de papel.

- 35 Desafortunadamente hasta la fecha ninguno de estos intentos aborda satisfactoriamente los problemas provocados por la vibración en las cuchillas rascadoras.

De esta manera existe una necesidad y utilidad clara para métodos, composiciones y aparatos para la detección y prevención de vibración en cuchillas rascadoras.

- 40 El documento JPH11-12977 divulga un dispositivo rascador capaz de detectar con rapidez y precisión la aparición de pegamiento de materiales extraños de puntos y posiciones donde el pegamiento ha ocurrido y llevar a cabo rápidamente la retirada del mismo (mencionado a partir del resumen del documento JPH11-12977).

- 45 Breve resumen de la invención

Al menos una realización de la invención se dirige hacia un método de detectar y abordar la vibración de cuchillas rascadoras de secadora Yankee usadas en el proceso de plisado, limpieza y/u operaciones de corte. El método comprende las etapas de:

- 50 durante un tiempo, con un sensor construido y dispuesto para medir las frecuencias y amplitudes de vibraciones en una cuchilla rascadora a medida que se plisa un producto de papel, medir las frecuencias y amplitudes de las vibraciones indexadas por el tiempo,
 recoger las mediciones en una onda de tiempo,
 55 convertir la onda de tiempo en una transformada rápida de Fourier que tiene un espectro de frecuencia que incluye distintas bandas de vibración,
 correlacionar características de las bandas de vibración con propiedades de rendimiento aceptables de la cuchilla rascadora y para definir una línea de base de bandas de vibración aceptables,
 predecir a partir de las características correlacionadas el grado de desviación desde la línea de base de las
 60 bandas de vibración aceptables asociadas con la vibración de la cuchilla rascadora, y
 generar una salida cuando un punto de datos en una banda de vibración supera el grado de desviación de que ha ocurrido vibración excesiva.

- 65 El sensor puede ser un acelerómetro y/o un acelerómetro piezoeléctrico. Las mediciones pueden analizarse y modelarse mediante un dispositivo de procesamiento de datos construido y dispuesto para utilizar un proceso seleccionado del grupo que consiste en: tendencia de datos RMS, técnicas de red neural, análisis de regresión

múltiple, AR, ARMAX, mínimos cuadrados parciales y cualquier combinación de los mismos. Al menos una de las correlaciones puede determinarse comparando características de las bandas de vibración con la edad de la cuchilla. Las mediciones pueden analizarse y modelarse mediante un dispositivo de procesamiento de datos construido y dispuesto para utilizar tendencia de datos RMS y cuando la determinación se realiza al menos en parte apreciando
 5 que la pendiente en una banda de vibración con forma de dientes de sierra aumenta continuamente con el paso del tiempo con la misma cuchilla y se vuelve discontinua cuando se cambia la cuchilla.

El método puede comprender además la etapa de definir una desviación desde la línea de base debida a la vibración para solo se produzca cuando una desviación supere la desviación media y típica de la línea de base
 10 debido tanto a un incremento de la magnitud como a una duración de dicho incremento mayor que la duración media de todos los máximos de datos en la onda. El método puede incluir además las etapas de predeterminar la inclinación a la que la cuchilla está demasiado vieja para ser aconsejable para el uso y sustituir la cuchilla cuando tal inclinación se manifiesta en la onda.

Al menos una de las correlaciones puede determinarse comparando características de las bandas de vibración con un factor seleccionado de entre: cojinete de pista, equilibrio, lubricidad de la secadora, niveles de polvo, niveles de humedad, temperatura, edad del fieltro, grado, composición de pasta de papel, química del revestimiento, estado de la cuchilla limpiadora (activado o desactivado), velocidad de la máquina, vibraciones de fuente externa, fuentes de presión externas y cualquier combinación de los mismos. El intervalo de características de las bandas de vibración provocadas por el factor puede ser tan amplio que el sensor debe ser capaz de detectar anchos de banda de frecuencia que abarquen cuatro órdenes de magnitud. En al menos una realización el sensor solo mide indirectamente vibraciones de la cuchilla rascadora por estar acoplado no a la propia cuchilla, sino a un soporte de cuchilla al que se acopla y proporciona un soporte más rígido a la cuchilla pero que no amortigua la vibración hasta el punto en el que no puede tomarse una medición precisa. Las mediciones pueden tomarse de manera sincrónica y/o asincrónica. La salida puede ser una alarma.
 15
 20
 25

En el presente documento se describen características y ventajas adicionales, que serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

30 Descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una vista lateral de una realización de la invención que utiliza un sensor de acelerómetro que mide el funcionamiento de una cuchilla rascadora.

La Figura 2 ilustra una vista en perspectiva de una realización de la invención que utiliza dos sensores de acelerómetro para medir el funcionamiento de la cuchilla rascadora.
 35

La Figura 3A es un gráfico de una tendencia de RMS de un acelerómetro que utiliza la invención.

La Figura 3B es un gráfico de una vista ampliada de una tendencia RMS desde un acelerómetro que utiliza la invención.

La Figura 4 es un gráfico de una tendencia RMS que incluye un punto de establecimiento de alarma desde un acelerómetro que utiliza la invención.
 40

La Figura 5 es un gráfico de una alarma integrada en el tiempo y una alarma acumulada a partir de datos RMS desde un acelerómetro que utiliza la invención.

La Figura 6 es un gráfico de residuales RMS desde un modelo predictivo que utiliza datos obtenidos a partir de un acelerómetro que utiliza la invención.
 45

La Figura 7 es un grupo de gráficos que muestran la ventaja del modelado predictivo para la detección de vibración de aviso temprano y para evitar falsas alarmas positivas.

La Figura 8 es un gráfico de frecuencia de vibración estimada para diferentes separaciones de marca de vibración en una secadora Yankee.

La Figura 9 es un gráfico de tendencia de una banda de frecuencia integrada (15-20 kHz) con y sin vibración visible en el revestimiento.
 50

La Figura 10A son los datos de sensor brutos para una revolución de cilindro Yankee desde un acelerómetro que utiliza la invención.

La Figura 10B es una transformada rápida de Fourier (FFT) de los datos de la Figura 10 A.

La Figura 10C es un análisis de ondícula de la señal de onda de tiempo de acelerómetro registrada de la Figura 10A mostrado como una gráfica de escalograma.
 55

La Figura 10D es una vista ampliada de la forma de onda de la Figura 10A que muestra solo la zona desde 0,225 a 0,272 segundos.

La Figura 10E es una vista ampliada de la gráfica del escalograma en la Figura 10C que muestra solo la zona desde 0,23 a 0,264 segundos.

La Figura 11 es un gráfico de análisis de inclinación de datos de tendencia RMS.
 60

Descripción detallada de la invención

Las siguientes definiciones se proporcionan para determinar cómo deben interpretarse los términos usados en esta solicitud, y en particular las reivindicaciones. La organización de las definiciones solo es por practicidad y no pretende limitar ninguna de las definiciones a ninguna categoría particular.
 65

"Bisel" o "superficie de bisel" tal como se usa en el presente documento se refiere a la porción de la cuchilla que forma la superficie entre el borde delantero de la cuchilla y el borde posterior de la cuchilla y normalmente es la "superficie de trabajo" de la cuchilla.

5 "Masa" significa lo contrario de la densidad de una banda de papel tisú y se expresa normalmente en unidades de cm^3/g . Es otra parte importante del rendimiento real y percibido de las bandas de papel tisú. Las mejoras en la masa generalmente se añaden a la percepción absorbente similar a la tela. Una porción de la masa de una banda de papel tisú se transmite mediante plisado.

10 "Dirección transversal de la máquina" o "CD" significa la dirección perpendicular a la dirección de la máquina en el mismo plano de la estructura fibrosa y/o el producto de estructura fibrosa que comprende la estructura fibrosa.

15 "Cuchilla rascadora" significa una cuchilla que está dispuesta adyacente a otra pieza del equipo de manera que la cuchilla rascadora puede ayudar a retirar de esa pieza de equipo un material que está dispuesto encima. Las cuchillas rascadoras se usan normalmente en muchos sectores diferentes para muchos propósitos, como por ejemplo, su uso para ayudar a retirar material de una pieza de equipo durante un proceso. Los ejemplos de materiales incluyen, pero no se limitan a, bandas de tejido, bandas de papel, pegamento, aumento residual, paso y combinaciones de los mismos. Los ejemplos de equipo incluyen, pero no se limitan a tambores, placas, secadoras Yankee y rodillos. Las cuchillas rascadoras se usan normalmente en la fabricación de papel, la fabricación de telas sin tejer, la industria tabacalera y en procesos de impresión, revestimiento y adhesivos. En algunos casos, las cuchillas rascadoras se denominan mediante nombres que reflejan al menos uno de los propósitos para el que se usa la cuchilla.

25 "Fibra" significa un particulado alargado que tiene una longitud aparente que supera en gran medida su ancho aparente. Más específicamente, como se usa en este documento, fibra se refiere a las fibras adecuadas para un proceso de fabricación de papel.

30 "Altamente pulido" significa superficie que se ha procesado mediante una progresión secuencial desde grava relativamente áspera a grava fina con una lubricación adecuada y es altamente plana y sustancialmente libre de defectos. Tal progresión secuencial se denominará en este documento un "proceso de pulido de etapa".

"Dirección de la máquina" o "MD" significa la dirección paralela al flujo de la estructura fibrosa a través de la máquina de fabricación de papel y/o el equipo de fabricación de producto.

35 "Producto de papel" significa cualquier producto formado de estructura fibrosa que comprenda, de forma tradicional, pero no necesariamente, fibras de celulosa. En una realización, los productos de papel de la presente invención incluyen productos de papel de toalla-tisú. Ejemplos no limitativos de productos de papel de toalla-tisú incluyen tela de toalla, tejido facial, tejido de baño, servilletas de mesa y similares.

40 "Control laminar" tal como se usa en el documento, se refiere a la falta de vibraciones, turbulencia, volteo de borde, oscilación o tejeduría de la banda que tiene como resultado una pérdida de control a mayores velocidades.

45 "Suavidad" significa la sensación táctil percibida por el consumidor cuando sostiene un producto particular, lo frota contra su piel, o lo aprieta en su mano. Esta sensación táctil es proporcionada por una combinación de varias propiedades físicas. Una de las propiedades físicas más importantes relacionada con la suavidad es considerada generalmente por los expertos de la materia como la rigidez de la banda de papel a partir de la que se fabrica el producto. La rigidez a su vez, se considera normalmente como directamente dependiente de la resistencia de la banda.

50 "Resistencia" significa la capacidad del producto, y sus bandas constituyentes, para mantener la integridad física y para resistir el desgarramiento, la rotura y los jirones en condiciones de uso.

55 "Banda de papel tisú", "banda de papel", "banda", "lámina de papel", "papel tisú", "producto de papel" y "producto de tisú" se usan de manera intercambiable y significan láminas de papel fabricadas mediante un proceso que comprende las etapas de formar una pasta acuosa de fabricación de papel, depositar esta pasta de papel sobre una superficie foraminosa, tal como un alambre Fourdrinier, y retirar una porción del agua de la pasta de papel (por ejemplo por gravedad o drenaje asistido por vacío), formando una banda embrionaria, y en procesos convencionales de fabricación de tisú transfiriendo la banda embrionaria desde la superficie de formación a un tejido o fieltro de soporte, y después a la secadora Yankee, o directamente a la secadora Yankee desde la superficie de formación. Como alternativa, en los procesos de fabricación de tisú TAD, la banda embrionaria puede transferirse a otra superficie o tela que viaja a una velocidad menor que la superficie de formación. La banda se transfiere entonces a una tela sobre la que se seca al aire a una sequedad típicamente entre el 10 y el 50 %, y finalmente a una secadora Yankee para el secado y plisado final, después de lo cual se enrolla en un carrete.

65 "Soluble al agua" significa materiales que son solubles al agua al menos 3 %, por peso, a 25 grados C.

En el caso de que las anteriores definiciones o una descripción mencionada en otro lugar en esta solicitud contradigan un significado (explícito o implícito) que se use comúnmente, en un diccionario, o se indique en una fuente incorporada por referencia en esta solicitud, se entiende que la solicitud y los términos reivindicados en particular serán interpretados de acuerdo con la definición o descripción en esta solicitud, y no de acuerdo con la
 5 definición común, definición del diccionario, o la definición que se incorporó por referencia. A la luz de lo anterior, en el caso de que un término solo pueda entenderse si es interpretado por un diccionario, si el término es definido por el *Kirk-Othmer Enciclopedia de Tecnología Química*, 5ª Edición, (2005), (publicado por Wiley, John & Sons, Inc.) esta definición controlará cómo deberá definirse el término en las reivindicaciones.

10 En al menos una realización de la invención, un método detecta el inicio de vibración de la cuchilla rascadora de plisado. Este método, mediante la alerta a los operarios de la máquina de que las condiciones de vibración de la cuchilla son inminentes, permite a los operarios tomar acciones correctivas que evitan problemas de ejecución y evitan daños en la superficie de la secadora Yankee. El método utiliza análisis de señales que usa al menos un
 15 acelerómetro piezoeléctrico operado cerca del soporte de la cuchilla rascadora. En al menos una realización, el método de análisis difiere de las técnicas CM convencionales mediante el uso de un enfoque integrado en el tiempo. Como un enfoque de primer nivel, la señal se rastrea basándose tanto en la intensidad por encima de un límite de alarma como en la duración. Esto permite representar una vibración fuerte, pero de duración corta, así como una vibración más débil durante largos periodos. Una monitorización mejorada se describe extendiendo este método a modelos predictivos usando datos de entrada de proceso, análisis de ondulaciones para regiones de vibración alta MD
 20 resuelta espacialmente en la superficie de la secadora, y análisis de pendiente de tendencia para predecir el inicio de una condición de alarma de invasión. En todos los casos, la exposición de la secadora Yankee a un exceso de vibración se representa mediante el rastreo del valor integrado en el tiempo acumulado, proporcionando así un registro histórico para ayudar en la programación del mantenimiento.

25 En al menos una realización, el método comprende las etapas de detectar directamente o indirectamente la vibración de la cuchilla rascadora de plisado. En al menos una realización la tecnología del sensor es suficientemente sólida para funcionar en condiciones ambientales duras. Las condiciones incluyen uno o más de niveles de polvo altos, niveles de humedad y temperaturas altas >125 C. Además, las limitaciones geométricas alrededor de la operación de plisado pueden requerir una huella de sensor compacta. Además, en algunas
 30 circunstancias el sensor debe ser capaz de detectar un ancho de banda de frecuencia que abarque cuatro órdenes de magnitud (por ejemplo, 10 Hz a 20 kHz).

En al menos una realización el acelerómetro piezoeléctrico usado es un sensor típico disponible comercialmente que cumple estos criterios. Los acelerómetros industriales tales como el modelo SKF CM2207 están herméticamente
 35 sellados y endurecidos con una huella aceptable (54 x 30 mm) para montarse en el soporte de cuchilla rascadora de plisado, o cerca del mismo. En al menos una realización el acelerómetro se monta directamente en la cuchilla rascadora de plisado para monitorizar la vibración de la cuchilla cuando está en contacto con el revestimiento y la superficie de la secadora Yankee. Sin embargo, el montaje directo en la cuchilla rascadora plantea desafíos adicionales con mayores limitaciones geométricas, mayores temperaturas, y una vida útil limitada de la cuchilla que exige cambios de cuchilla frecuentes (desde pocas horas a 24 horas, dependiendo del proceso y la composición de la cuchilla). Por tanto, en al menos una realización el montaje del sensor se coloca sobre el soporte de cuchilla rascadora. Esto proporciona una alternativa eficaz ya que el soporte de cuchilla está en proximidad cercana y en contacto con la cuchilla rascadora y es en sí mismo estacionario.

45 Una ilustración de una disposición posible para el montaje de un acelerómetro en un soporte rascador se muestra en la Figura 1. En el soporte de cuchilla, la placa trasera rascadora proporciona una superficie rígida y plana para el montaje del sensor. En al menos una realización el método de montaje del sensor es con un orificio aterrajado en el soporte rascador y una sujeción roscada a través del centro del sensor de acelerómetro. También puede usarse un montaje adhesivo, pero sacrificando una mayor detección de frecuencia. Otros diseños de soporte de cuchilla son el
 50 respaldo de escalera y el superplisado así como otros medios conocidos en la técnica y sus equivalentes. Independientemente del diseño del soporte de cuchilla, el montaje del sensor cerca de la cuchilla rascadora en un soporte estructuralmente rígido con una mínima amortiguación es el método preferido. La ubicación del sensor a lo largo del respaldo rascador CD es dependiente del funcionamiento de la máquina. Si es posible, el sensor debe ubicarse dentro del borde de la lámina y, preferentemente, se usan múltiples sensores para monitorizar diferentes
 55 zonas en la CD.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se muestra una ilustración del montaje de acelerómetro dentro de la lámina por los lados de tendencia y accionamiento en una secadora Yankee. En este caso, los sensores montados cerca del borde de lámina de lado de tendencia y accionamiento permiten detectar diferencias en las frecuencias y
 60 amplitudes de vibración entre los lados. Por tanto, el uso de un mínimo de dos sensores posicionados a distancias iguales desde el borde de lado de tendencia y accionamiento es el enfoque preferido. En principio, también podría usarse un único sensor, pero sacrificando la sensibilidad y monitorizando la variación de lado a lado.

En al menos una realización, una transmisión de señal desde los sensores montados cerca de la cuchilla rascadora de plisado se realiza a través de una comunicación por cable o inalámbrica de conexión directa con una unidad de
 65 adquisición de datos de vibración, por ejemplo, el sistema en línea de múltiple registro SKF IMX-S o cualquier

equivalente del mismo. Los datos enviados por el sensor pueden ser brutos, por ejemplo, forma de onda, o procesados a través de un microprocesador integrado en la línea del sensor o la línea de transmisión de señal. El sistema de adquisición de datos procesa los datos del sensor y muestra los resultados y el estado de alarma, y proporciona asimismo un método para conseguir y recuperar datos. En al menos una realización, el sistema de adquisición de datos puede monitorizar otras variables del proceso tal como la velocidad de la máquina y puede usar un tacómetro para la recogida de datos sincrónicos. Los datos recogidos del sistema de adquisición también pueden dirigirse a través de Ethernet o por vía inalámbrica a una ubicación centralizada (dentro de una empresa o externa) donde los datos de varios sistemas de monitorización puedan analizarse más. La recogida de los datos desde varios sitios permite el cálculo de propiedades de rendimiento agregadas y clasificaciones relativas de los niveles de vibración de la cuchilla.

Las variables del proceso para el funcionamiento de la unidad secadora Yankee son dinámicas con escalas de tiempo variables desde minutos a días. Variables de proceso tales como edad de la cuchilla de plisado, edad del fieltro, grado, pasta de papel, química de revestimiento, estado de la cuchilla de limpieza (activada o desactivada), velocidad de la máquina, etc., contribuyen todas a la firma de vibración observada en la rascadora de plisado. Además, la vibración que se origina a partir de otras fuentes tales como una bomba de ventilador, cojinetes de secadora Yankee, rodillo de presión, grúa elevada, etc., también pueden propagarse a través de la estructura de proceso a la cuchilla de plisado. El total de las fuentes de vibración da lugar a la firma de vibración general detectada por el sensor. Para un sensor de acelerómetro piezoeléctrico, la firma de vibración monitorizada es una onda de forma de tiempo que puede recogerse de manera sincrónica o asincrónica en relación con la rotación de la secadora Yankee. Tomar una transformada rápida de Fourier (FFT) de la forma de onda proporciona un espectro de frecuencia que proporciona frecuencias y/o bandas de vibración únicas. Una reducción de datos adicional se realiza extrayendo la raíz media cuadrada (RMS) de la densidad espectral de potencia FFT para conseguir un valor de magnitud de vibración de ancho de banda y/o general respecto a la tendencia con el paso del tiempo.

La tendencia RMS desde un acelerómetro montado en el soporte de cuchilla rascadora de plisado mostrará variaciones naturales en condiciones operativas normales debido a la dinámica del proceso. La complejidad y múltiples interacciones desde las diferentes fuentes de vibración hacen que identificar variables del proceso específicas que contribuyen a una frecuencia de vibración o banda única sea una tarea difícil. Sin embargo, algunas características generales tales como la edad de la cuchilla se observan claramente en la tendencia RMS como un patrón de dientes de sierra. La instalación de una nueva cuchilla reducirá la RMS por una eficacia mejorada (arrastre reducido) al cortar a través del revestimiento y retirar la lámina. A medida que la cuchilla se degrada con el tiempo, el arrastre se incrementará dando como resultado un incremento de RMS. Para ilustrar este punto, la Figura 3 muestra una tendencia RMS para datos de ancho de banda de 0 a 10 kHz recogidos durante 11 días. La tendencia se compone de una línea de base de variación de proceso natural asociada con la edad de la cuchilla rascadora de plisado así como periodos donde el valor RMS alcanza el máximo en relación con la línea de base.

En la Figura 3 se resaltan diferentes características y un área aumentada muestra el efecto de la edad de la cuchilla de plisado en la tendencia RMS (los marcadores verticales indican periodos donde se ha producido un cambio de cuchilla). Los periodos donde los niveles RMS alcanzan un máximo pueden ocasionar potencialmente la degradación del revestimiento y/o la superficie secadora. La fuente de vibración asociada con estos máximos no siempre es obvia, y a menudo requiere una investigación adicional del proceso y las condiciones operativas (humanas y mecánicas). La degradación del revestimiento Yankee o superficie secadora puede producirse a partir de un único caso de máximo RMS o un efecto acumulativo con el paso del tiempo. Por tanto, la minimización de la frecuencia y amplitud de las excursiones RMS por encima de la línea de base natural es el mejor de los escenarios para mantener la capacidad de ejecución y la protección de activos.

Como un primer nivel para la monitorización de vibración, el estado de la vibración de la cuchilla rascadora de plisado se rastrea mediante el uso de una alarma $n\sigma$ basada en la desviación media y típica (σ) de los datos de tendencia RMS que excluyen los periodos máximos y no existe vibración visible en el revestimiento o superficie de secadora. La sensibilidad a la alarma se basa en el número seleccionado por el usuario de desviaciones típicas de la media. Las alarmas (en tiempo real) se basan en el nivel RMS o el nivel RMS y la duración del tiempo. Solo para la alarma RMS, se envía una señal de alarma (visual, auditiva o una combinación) al operario y se almacena en una base de datos cuando el valor RMS es mayor que el ajuste del nivel de alarma $n\sigma$. Pueden seleccionarse diferentes estados de alarma mediante el uso de múltiples ajustes $n\sigma$. Por ejemplo, un nivel de alarma 2σ puede ser un nivel de alarma que alerta al operario de que el valor RMS está ascendiendo, pero sin llegar aún a un estado crítico. Si el valor RMS continúa ascendiendo más allá de un ajuste de alarma 3σ , entonces puede enviarse una alarma crítica al operario. Este método de alarma se encuentra comúnmente en sistemas de monitorización en condiciones comerciales usados en mantenimiento predictivo o en maquinaria rotativa. En esta solicitud, la monitorización de la condición rastrea los cojinetes, el equilibrio y la salud de la integridad general en la maquinaria. A medida que el cojinete se desgasta, la tendencia RMS desde un sensor (normalmente un acelerómetro montado cerca del cojinete del árbol rotativo) se incrementará gradualmente indicando que es necesario mantenimiento del cojinete, tal como sustitución o lubricación. Si no se supervisa, el nivel RMS permanecería en un nivel alto o continuaría ascendiendo.

A diferencia de la monitorización de salud de condición tradicional, la dinámica del proceso de plisado puede dar lugar a grandes variaciones RMS sin desarrollo de vibración. Por tanto, un máximo RMS transitorio por encima de un

nivel de alarma σ no asegura necesariamente un evento de alarma. Sin embargo, a medida que la duración del valor RMS aumenta por encima del ajuste de alarma, se incrementa la probabilidad de desarrollo de vibración. En este modo de alarma, la resistencia de la señal de alarma (alarma*) es una función tanto del valor RMS > nivel de alarma σ (RMS⁺) como de la duración durante la cual la señal RMS⁺ permanece por encima del nivel de alarma. La expresión para la señal de alarma* se facilita mediante

$$\text{Alarma}^* (\text{RMS}, t) = (w_{\text{RMS}} \text{RMS}^+ (w_t t))$$

donde w_{rms} y w_t son parámetros de ponderación o funciones, t es el tiempo por encima del nivel de alarma y RMS⁺ es la diferencia entre la señal RMS y el valor de alarma σ . La tendencia de la señal de alarma integrada en el tiempo mostrará variaciones > 0 para condiciones cuando el nivel RMS está por encima del punto de establecimiento σ y se incrementa con el tiempo. Este método aborda tanto valores RMS altos de corta duración como valores RMS que permanecen ligeramente superiores que el nivel de alarma durante largos periodos.

El segundo modo de alarma se basa en el efecto acumulativo de alarma* con el paso del tiempo y su tendencia puede registrarse continuamente y puede comunicarse de forma diaria, semanal, mensual o anual. La alarma*_{Acc} acumulada se facilita mediante

$$\text{Alarma}^*_{\text{Acc}} = \sum \text{Log}(\text{Alarma}^*)$$

y representa la vibración de exceso total a la que se expone la secadora Yankee con el paso del tiempo. La minimización de la frecuencia, duración y amplitud de la alarma*_{Acc} reducirá la exposición de la Yankee a niveles de vibración críticos minimizando por tanto el mantenimiento y ampliando la vida útil del activo. La tendencia de la alarma*_{Acc} es útil para evaluar y predecir diferentes niveles de mantenimiento para la secadora Yankee que van desde la simple inspección a la reparación de la superficie. La información de alarma acumulada también ayuda a identificar diferencias en los procedimientos operativos, por ejemplo, entre turnos de trabajadores, grados fabricados, pasta de papel, etc., donde los niveles de vibración pueden tener una tendencia anormalmente alta.

Un ejemplo de uso de esta estrategia de alarma para datos de vibración RMS recogidos a lo largo de 11 días se muestra en la Figura 4 para un índice de muestreo de 1,0 minutos. La Figura 4 muestra los datos RMS medidos recogidos con un nivel de alarma de 3σ determinado a partir de un conjunto de datos de entrenamiento independientes. La gráfica muestra la tendencia RMS histórica registrada con el nivel de alarma 3σ (línea discontinua). La Figura 5 muestra el valor de alarma* integrada con el tiempo resultante usando valores de ponderación de unidades. En condiciones operativas normales la alarma* = 0,0, ya que el valor RMS está por debajo del nivel de alarma 3σ . En la Figura 5 también se muestra el valor de alarma* acumulado para rastrear la vibración excesiva total a la que ha estado expuesta la superficie de la secadora durante el periodo de 11 días.

En al menos una realización el método de alarma también implica un modelo predictivo que reduce o elimina la dinámica del proceso que contribuye a la vibración medida. El beneficio de usar un modelo predictivo es una sensibilidad de alarma mejorada y una reducción de falsas alarmas positivas. Pueden usarse numerosas técnicas de construcción de modelos tales como una red neural (NN), regresión múltiple, autorregresión (AR), promedio de movimiento autorregresivo con términos exógenos (ARMAX), espacio-estado, mínimos cuadrados parciales y cualquier combinación de los mismos, para desarrollar un modelo predictivo basado en la forma onda, espectro de frecuencia, o datos de tendencia RMS. Idealmente, la construcción del modelo comienza por la recogida de datos de pruebas de ensayo del proceso para desarrollar relaciones de causa y efecto. Sin embargo, las pruebas de ensayo generalmente se limitan a un intervalo limitado de cambios del proceso para minimizar las pérdidas de calidad y producción. Para abordar este problema, es necesario recoger datos durante largos periodos de tiempo para capturar cambios del proceso para la puesta a punto del modelo. Como alternativa, puede usarse la puesta a punto continua (aprendizaje) que usa algoritmos adaptativos para actualizar el modelo. El uso de un modelo predictivo requiere datos de entrada del proceso que pueden obtenerse del sistema de control distribuido o monitorizarse directamente con el sistema de adquisición de datos de vibración. En cualquier caso, los datos de proceso obtenidos se usan como entrada del modelo.

Un ejemplo que ilustra un modelo NN predictivo de la tendencia RMS de la Figura 4 basado en un modelo de proceso con 25 variables de entrada se muestra en la Figura 6 como una gráfica de los residuales (diferencia entre el valor medido y previsto). En este ejemplo, la dependencia de la edad de la cuchilla de plisado se modela aplicando una transformación en los datos de cambio de cuchilla que se comunican como el tiempo del evento para forzar al modelo a tener un comportamiento similar. La transformación usa una pendiente fijada basada en el promedio obtenido a partir de mediciones de la tendencia RMS durante la vida útil de la cuchilla. Residuales grandes representan una condición del proceso no capturada por los datos en la etapa de creación del modelo. Los grandes residuales pueden o no ser una condición de vibración real, pero son una indicación de que se ha propagado un exceso de vibración a la cuchilla rascadora de plisado.

La ventaja de usar el modelo predictivo para la alarma se muestra en la Figura 7 para la alarma integrada en el tiempo. Las áreas ampliadas muestran dos casos diferentes. La figura LHS muestra el valor de alarma* previsto (residual) que aparece antes del valor de alarma* a partir de los datos de la Figura 4. En este caso, el valor de

alarma* previsto se produce casi 60 minutos antes que el valor de alarma* estándar. La alarma temprana resulta de un nivel de alarma 3σ inferior. La gráfica RHS muestra justo el efecto opuesto con la alarma* produciéndose primero. En este caso, el modelo NN representa la contribución a la RMS a partir de las condiciones de proceso y reduce o elimina la aparición de una falsa condición de alarma positiva.

5 En al menos una realización de la invención, una frecuencia o banda de vibración se monitoriza con la alarma basada en un nivel de alarma $n\sigma$ simple o una alarma integrada en el tiempo. A diferencia de muchas de las fuentes de vibración mecánicas que se producen a frecuencias < 500 Hz, la vibración aparece a mayores frecuencias. En casos donde la vibración es visible en el revestimiento o la superficie de secadora, se realiza una estimación del
10 intervalo de frecuencia midiendo la separación entre las marcas de vibración y sabiendo la velocidad de la secadora. A medida que la separación de marcas de vibración disminuye, se incrementa la frecuencia de vibración como se muestra en la Figura 8 para una velocidad fija de la máquina de 30,5 m/s (6000 FPM). Incluso en una separación de marca de vibración de 1 pulgada, la frecuencia de vibración estimada en esta velocidad de la máquina es > 1000 Hz. En el desarrollo de vibración mediante el mecanismo de fricción-deslizamiento (*S. Archer et. al., Tissue World Americas 2008*) la separación de marca de vibración visible normalmente es mucho menor de 2,5 cm (una pulgada).

Por tanto, la monitorización de banda de alta frecuencia puede mejorar la sensibilidad de medición para detectar vibración. La ganancia de sensibilidad se obtiene centrándose en regiones espectrales menores en comparación con la monitorización de la RMS general que puede verse afectada por la baja frecuencia de eventos de no vibración, por ejemplo, la bomba del ventilador. Además, los cambios en una región espectral estrecha pueden atenuarse en el
20 valor de RMS general debido a la determinación del promedio con las características espectrales circundantes.

Los datos de tendencia mostrados en la Figura 9 ponen de manifiesto la diferencia en datos observados para la banda de frecuencia integrada (15-20 kHz) en condiciones con y sin vibración. La primera sección de la Figura 9 muestra la tendencia de frecuencia integrada cuando no hay vibración visible observada en la superficie de secadora o revestimiento. Cuando sí se produjo vibración visible en el revestimiento, se produjo un cambio de nivel en la
25 frecuencia integrada. La monitorización de diferentes bandas de frecuencia integradas es directamente aplicable a los métodos de alarma* integrada en el tiempo o $n\sigma$ simple previamente analizados.

30 En al menos una realización de la invención, se proporciona un método para monitorizar y fijar una alarma para el inicio temprano de la vibración mediante el análisis de ondículas de la forma de onda de tiempo. Para la recogida de datos sincrónicos, la forma de onda de tiempo representa la señal de vibración medida para una rotación completa de la secadora Yankee. Tomando la transformada de ondículas continua (CWT) de la onda de tiempo, los datos del sensor analizan la información de intensidad y frecuencia de vibración como una función del tiempo. Al conocer la
35 velocidad y el diámetro de la secadora Yankee, se realiza una transformación desde el tiempo al dominio espacial MD. La frecuencia y la intensidad de vibración MD es útil para rastrear zonas espaciales específicas para determinar el inicio de vibración potencial. Por ejemplo, la MD puede dividirse en un número n de zonas para registrar la tendencia de un valor de frecuencia de vibración, banda o RMS local acumulativo o promediado. Entonces puede usarse una alarma que usa bien un enfoque integrado con el tiempo o $n\sigma$ simple para alertar a los operarios de
40 posibles problemas. En particular, la técnica de ondícula proporcionará una condición de alarma temprana para casos en los que las vibraciones se desarrollen inicialmente de forma local antes de la formación de una banda de vibración alrededor de la circunferencia de la secadora.

45 En la Figura 10 se muestra un ejemplo de uso de análisis de ondícula en los datos del sensor de vibración de onda de tiempo. La gráfica etiquetada como Figura 10A representa los datos brutos del sensor o la forma de onda obtenidos de un sensor montado en el respaldo rascador mostrado en la Figura 1. Los datos se recogieron en 0,64 segundos representando una revolución del cilindro. Las características espectrales y la intensidad del análisis FFT (gráfica etiquetada como Figura 10B) son el resultado integrado durante 0,64 segundos, por lo que las bandas de
50 frecuencias fuertes observadas cerca de 7800 y de 11.800 Hz representan el efecto acumulado. Identificar características espectrales únicas a partir de la FTT es útil en la interpretación de datos, pero falta la información temporal. El análisis de ondícula de la forma de onda aborda este problema extrayendo la frecuencia de vibración y la información de intensidad en diferentes momentos. Al aplicar el análisis de ondícula a la forma de onda, se construye una gráfica de escalograma (etiquetada como Figura 10C) para mostrar la magnitud cuadrada de los coeficientes de ondícula complejos desde la CWT para mostrar frecuencia e intensidad con una función de tiempo. Las vistas ampliadas de la onda (etiquetadas como Figura 10D) y el escalograma (etiquetado como Figura 10E)
55 ilustran claramente la correlación entre las características de la forma de onda y frecuencias de vibración espacial. Por ejemplo, en la zona entre 0,234 y 0,236 segundos, se observa una banda intensa de frecuencias de vibración >10 kHz. Esta banda de frecuencia se muestra esporádicamente a través del escalograma, pero en este momento (ubicación) particular, la intensidad es máxima indicando una vibración de frecuencia alta, intensa y localizada.

60 En al menos una realización de la invención, existe un medio para monitorizar el inicio de la detección de vibración temprana mediante análisis de pendientes de la banda de frecuencia de vibración o tendencia RMS. Un aspecto característico para las gráficas de tendencia de RMS o bandas de frecuencia de vibración seleccionadas es el efecto de la edad de la cuchilla rascadora de plisado. Una cuchilla recién instalada provoca una disminución inicial en la
65 tendencia RMS. A medida que la cuchilla envejece y se desgasta la señal de tendencia se incrementará con el tiempo. El rastreo de los aspectos característicos de la tendencia tal como la pendiente y la pendiente marginal (2^a

derivada) son indicadores del estado del proceso usados al evaluar si se aproxima una posible condición de vibración potencial. La Figura 11 muestra variaciones en la pendiente de tendencia RMS que se producen en condiciones "normales" entre cambios de cuchilla rascadora. Los casos en que la RMS se incrementa a un nivel mayor que la línea de base de ejecución normal a menudo van precedidos por un incremento brusco en la pendiente. El rastreo de la pendiente proporciona entonces un modo para predecir si el valor RMS avanza hacia una trayectoria superior.

5

En al menos una realización de la invención, el método comprende un método de alerta simple basado en el valor de alarma* integrada en el tiempo que podría estar codificado por colores o ser auditivo. La alarma de codificación por colores utiliza un conjunto de colores para indicar el estado de alarma actual, por ejemplo, verde para funcionamiento normal, amarillo para una condición de vibración cercana, y rojo para la presencia de una posible condición de vibración crítica. En este caso, la condición de vibración integrada en el tiempo representa tanto valores de RMS altos como bajos por encima del nivel de alarma en duraciones de tiempo largas y cortas, respectivamente.

10

Aunque esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes, en los dibujos se muestran y en el presente documento se describen en detalle realizaciones preferentes específicas de la invención.

15

Esta descripción sugerirá muchas variaciones y alternativas a los expertos en la materia. Todas estas alternativas y variaciones tienen por objeto ser incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones, en las que la expresión "que comprende" significa "que incluye, pero no se limita a".

20

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar y abordar la vibración de cuchillas rascadoras de secadora Yankee usadas en las operaciones de proceso de plisado, limpieza o corte, comprendiendo el método las etapas de:
 - 5 durante un periodo de tiempo, con un sensor construido y dispuesto para medir las frecuencias y amplitudes de vibraciones en una cuchilla rascadora a medida que se plisa un producto de papel, medir las frecuencias y amplitudes de las vibraciones indexadas por el tiempo,
 - 10 recoger las mediciones en una onda de tiempo,
 - convertir la forma de onda de tiempo en una transformada rápida de Fourier con un espectro de frecuencia que incluye distintas bandas de vibración,
 - correlacionar características de las bandas de vibración con propiedades de rendimiento aceptables de la cuchilla rascadora y definir una línea de base de bandas de vibración aceptables,
 - 15 predecir a partir de las características correlacionadas el grado de desviación desde la línea de base de bandas de vibración aceptables asociadas con la vibración de la cuchilla rascadora, y
 - generar una salida cuando un punto de datos en una banda de vibración supera el grado de desviación en que se ha producido una vibración excesiva.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el sensor es un acelerómetro.
- 20 3. El método de la reivindicación 1 en el que el sensor es un acelerómetro piezoeléctrico.
4. El método de la reivindicación 1 en el que las mediciones se analizan y modelan mediante un dispositivo de procesamiento de datos construido y dispuesto para utilizar un proceso seleccionado del grupo que consiste en:
 - 25 tendencia de datos RMS, técnicas de red neural, análisis de regresión múltiple, AR, ARMAX, mínimos cuadrados parciales, y cualquier combinación de los mismos.
5. El método de la reivindicación 1 en el que al menos una de las correlaciones se determina comparando características de las bandas de vibración con la edad de la cuchilla.
- 30 6. El método de la reivindicación 5 en el que las mediciones se analizan y modelan mediante un dispositivo de procesamiento de datos construido y dispuesto para utilizar tendencias de datos RMS y en el que la determinación se realiza al menos en parte apreciando que la pendiente en una banda de vibración con forma de dientes de sierra se incrementa continuamente con el tiempo con la misma cuchilla y se vuelve discontinua cuando se cambia la cuchilla.
- 35 7. El método de la reivindicación 6 que comprende además la etapa de definir una desviación desde la línea de base debido a una vibración que solo se produce cuando una desviación supera la desviación media y típica de la línea de base debido tanto a un incremento de magnitud como a una duración de ese incremento mayor que la duración media de todos los máximos de datos en la forma de onda.
- 40 8. El método de la reivindicación 6 que comprende además las etapas de predeterminar la pendiente en la que la cuchilla es demasiado vieja para ser aconsejable para su uso y sustituir la cuchilla cuando dicha pendiente se manifiesta en la forma de onda.
- 45 9. El método de la reivindicación 1 en el que al menos una de las correlaciones se determina comparando características de las bandas de vibración con un factor seleccionado entre: cojinete de pista, equilibrio, lubricidad de la secadora, niveles de polvo, niveles de humedad, temperatura, edad del fieltro, grado, composición de la pasta de papel, química del revestimiento, estado de la cuchilla limpiadora (activada o desactivada), velocidad de la máquina, vibraciones de fuente externa, fuentes de presión externa, y cualquier combinación de los mismos.
- 50 10. El método de la reivindicación 1 en el que la variedad de las características de las bandas de vibración provocadas por el factor es tan amplia que el sensor debe ser capaz de detectar un ancho de banda de frecuencia que abarque cuatro órdenes de magnitud.
- 55 11. El método de la reivindicación 1 en el que el sensor solo mide indirectamente vibraciones de la cuchilla rascadora porque no se acopla a la propia cuchilla, sino a un soporte de cuchilla al que se acopla y proporciona un soporte más rígido a la cuchilla, pero que no amortigua la vibración hasta tal punto que no pueda tomarse una medición precisa.
- 60 12. El método de la reivindicación 1 en el que las mediciones se toman sincrónicamente.
13. El método de la reivindicación 1 en el que las mediciones se toman asincrónicamente.
- 65 14. El método de la reivindicación 1 en el que la salida es una alarma.

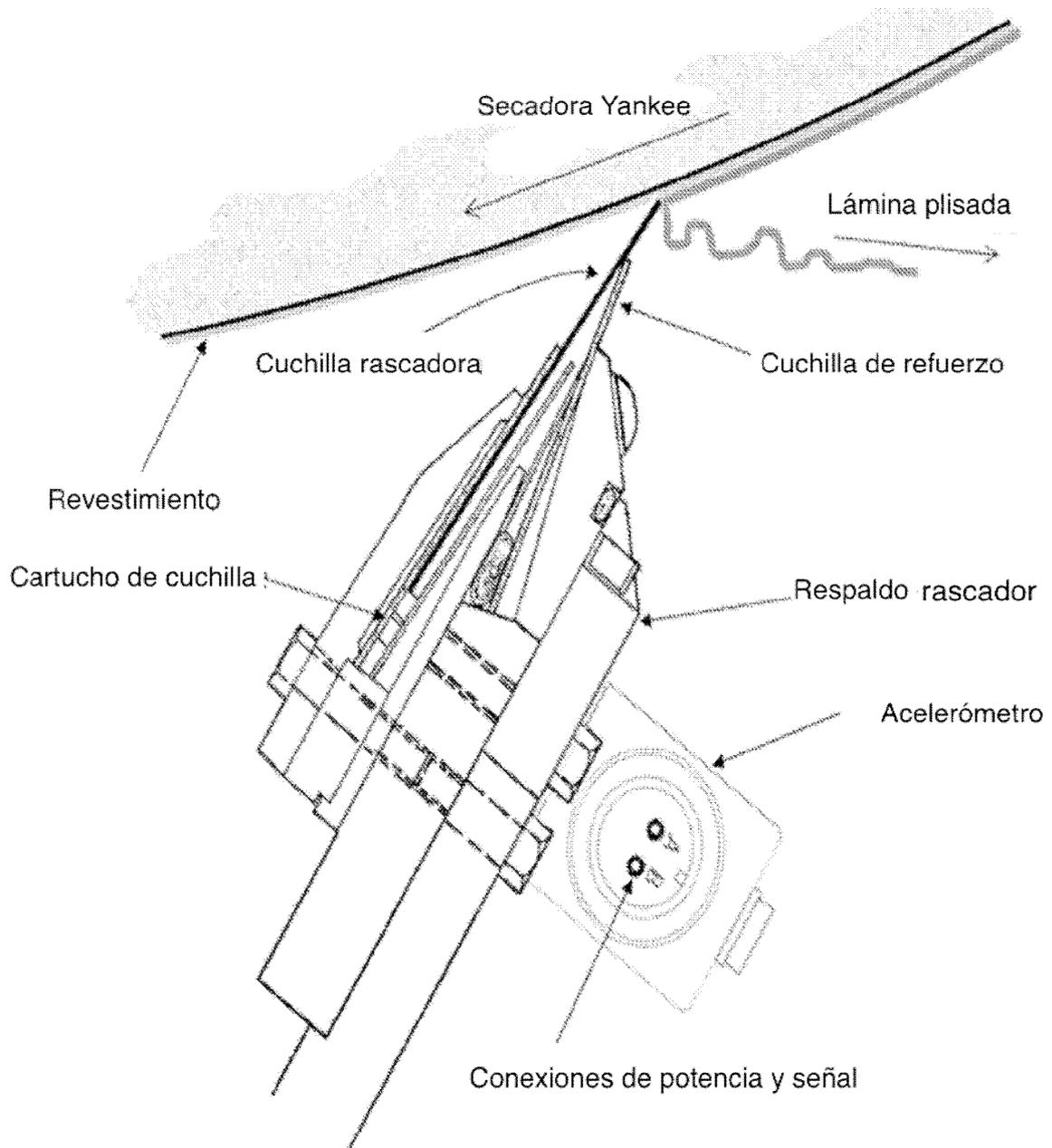


FIGURA 1

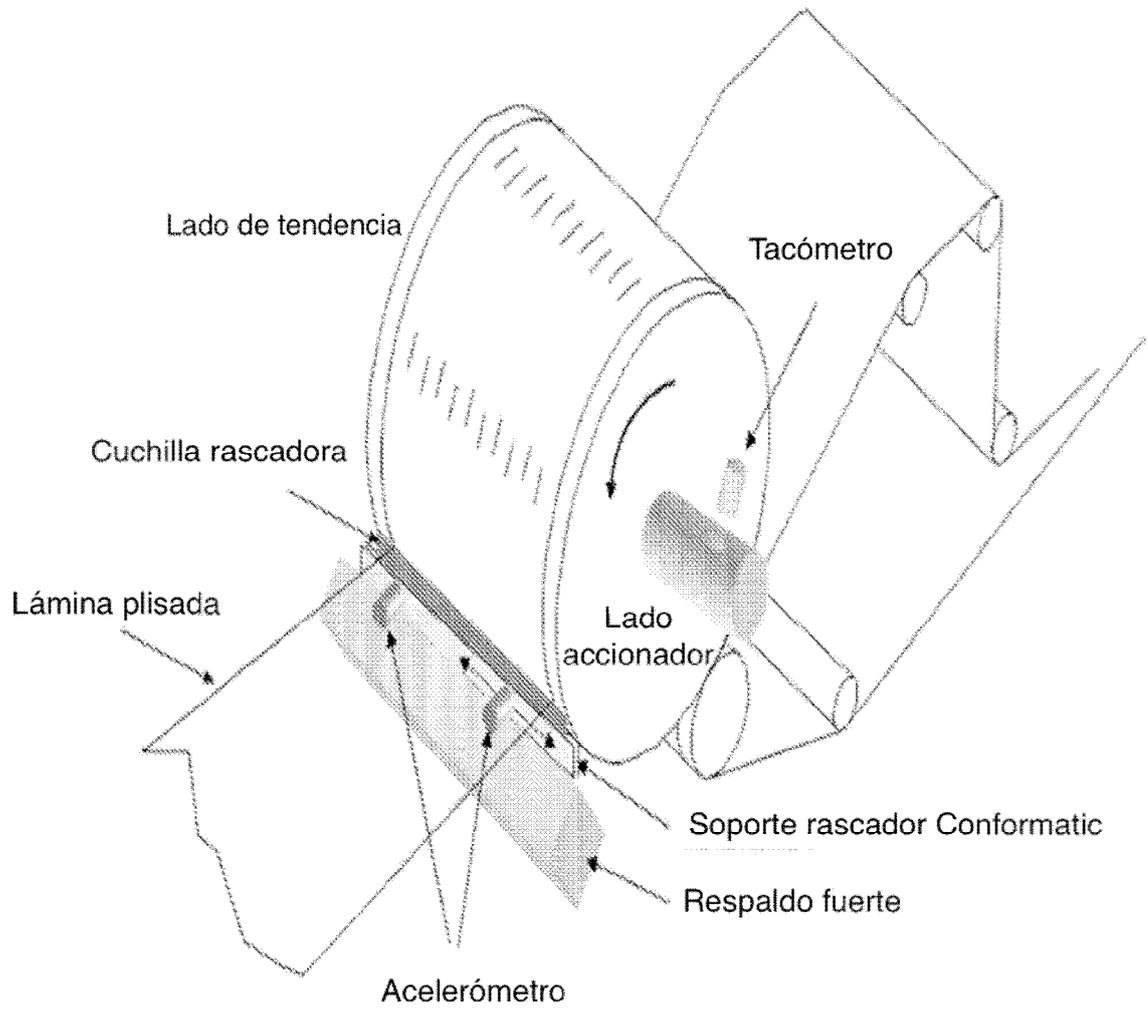


FIGURA 2

FIGURA 3A

RMS en punta atribuido a condición de vibración o fuente externa

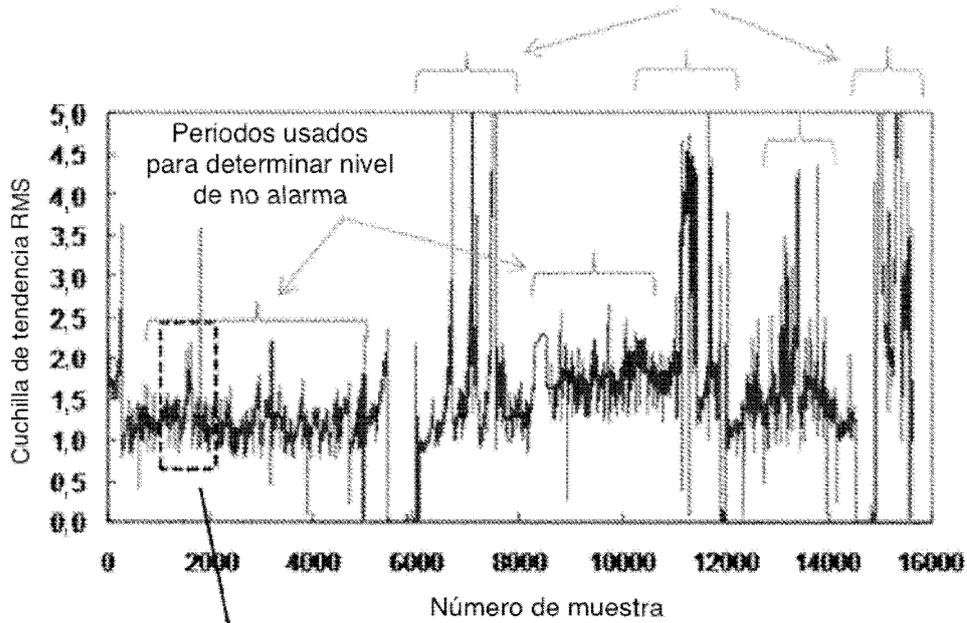
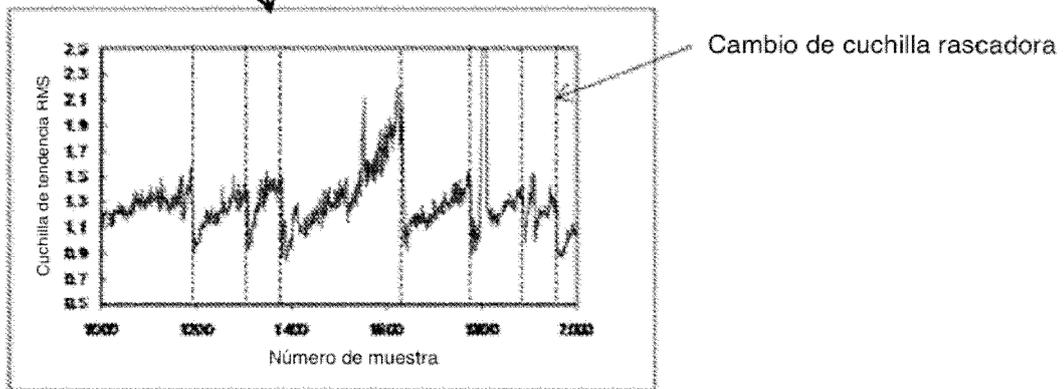


FIGURA 3B



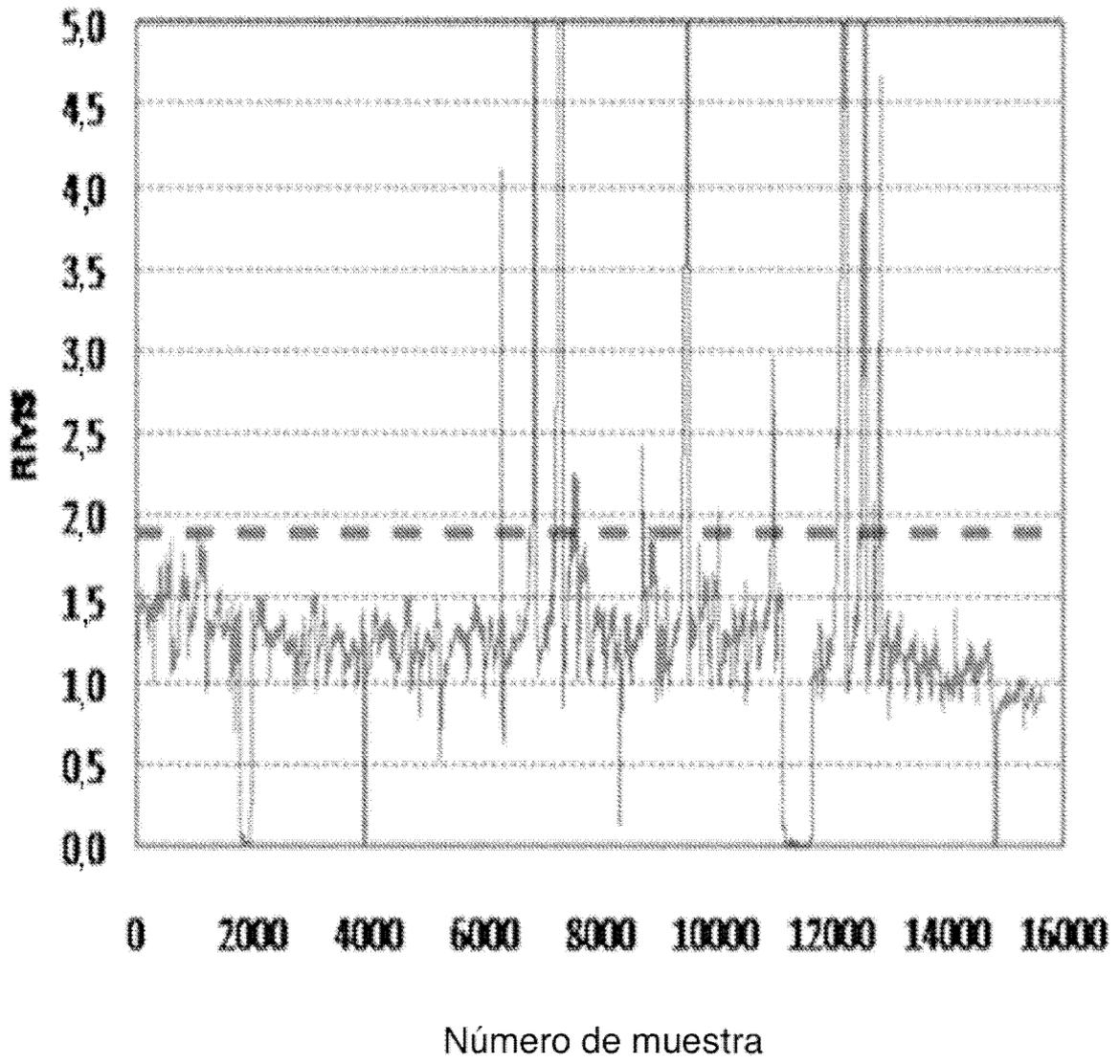


FIGURA 4

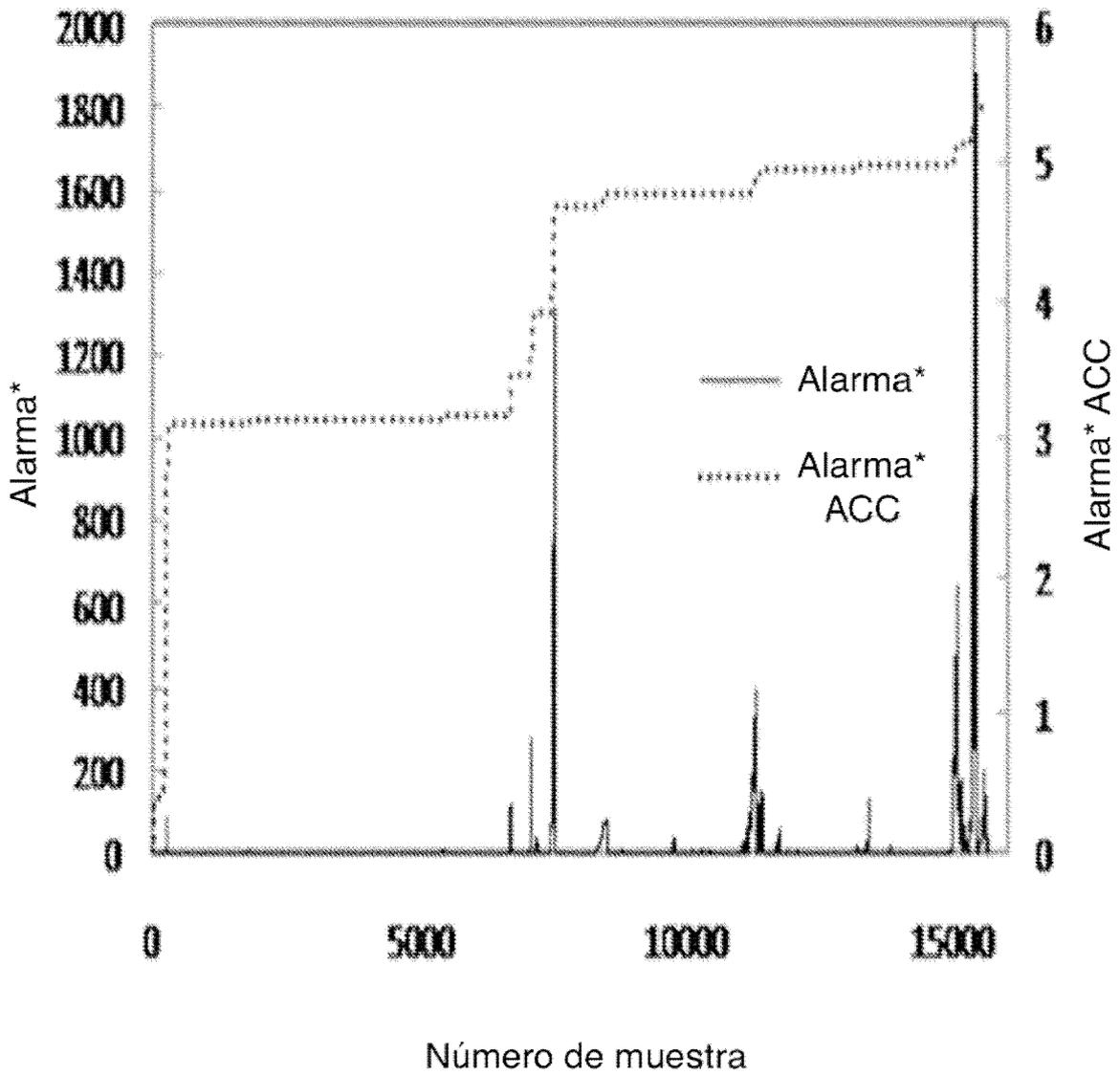


FIGURA 5

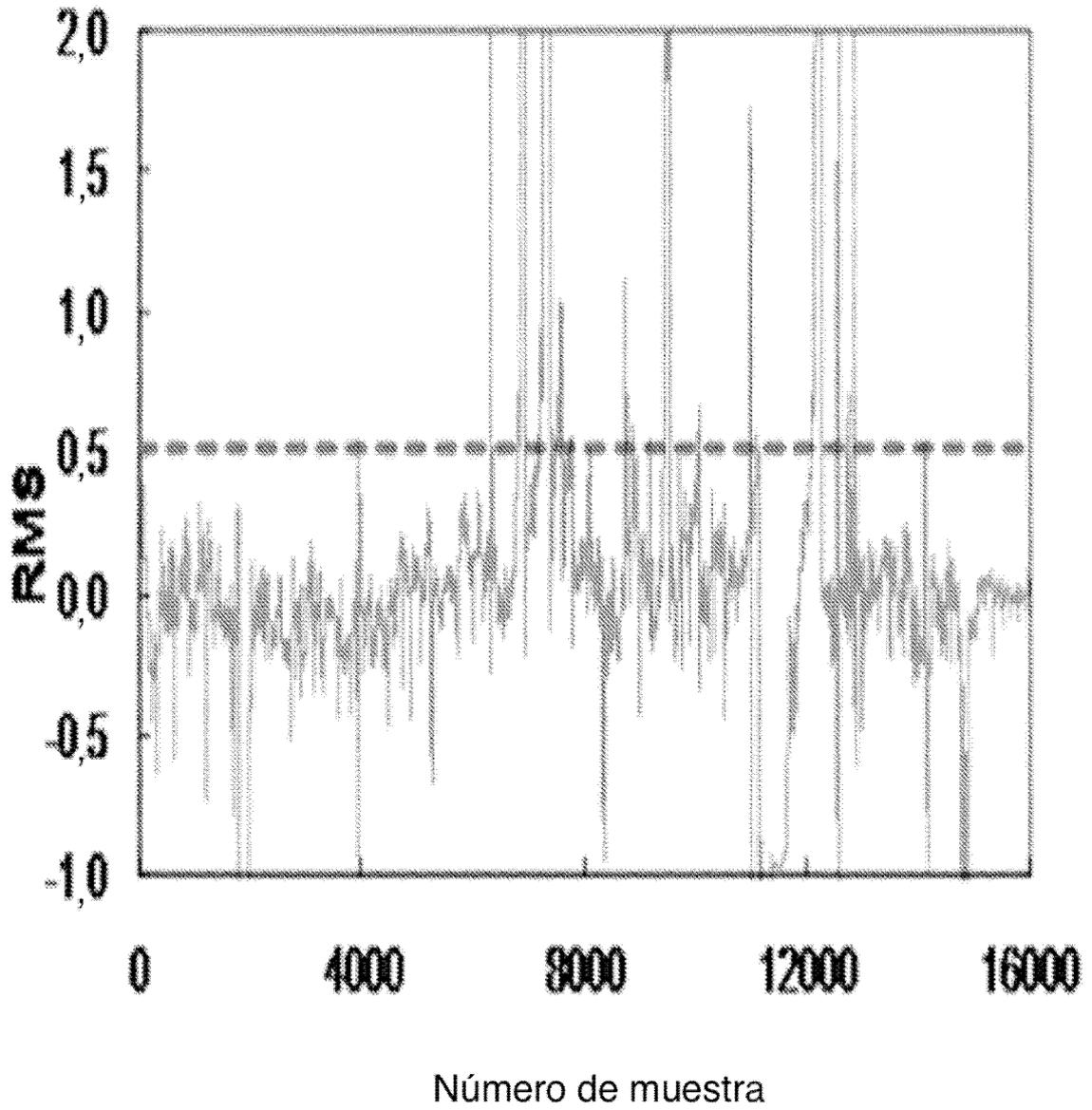


FIGURA 6

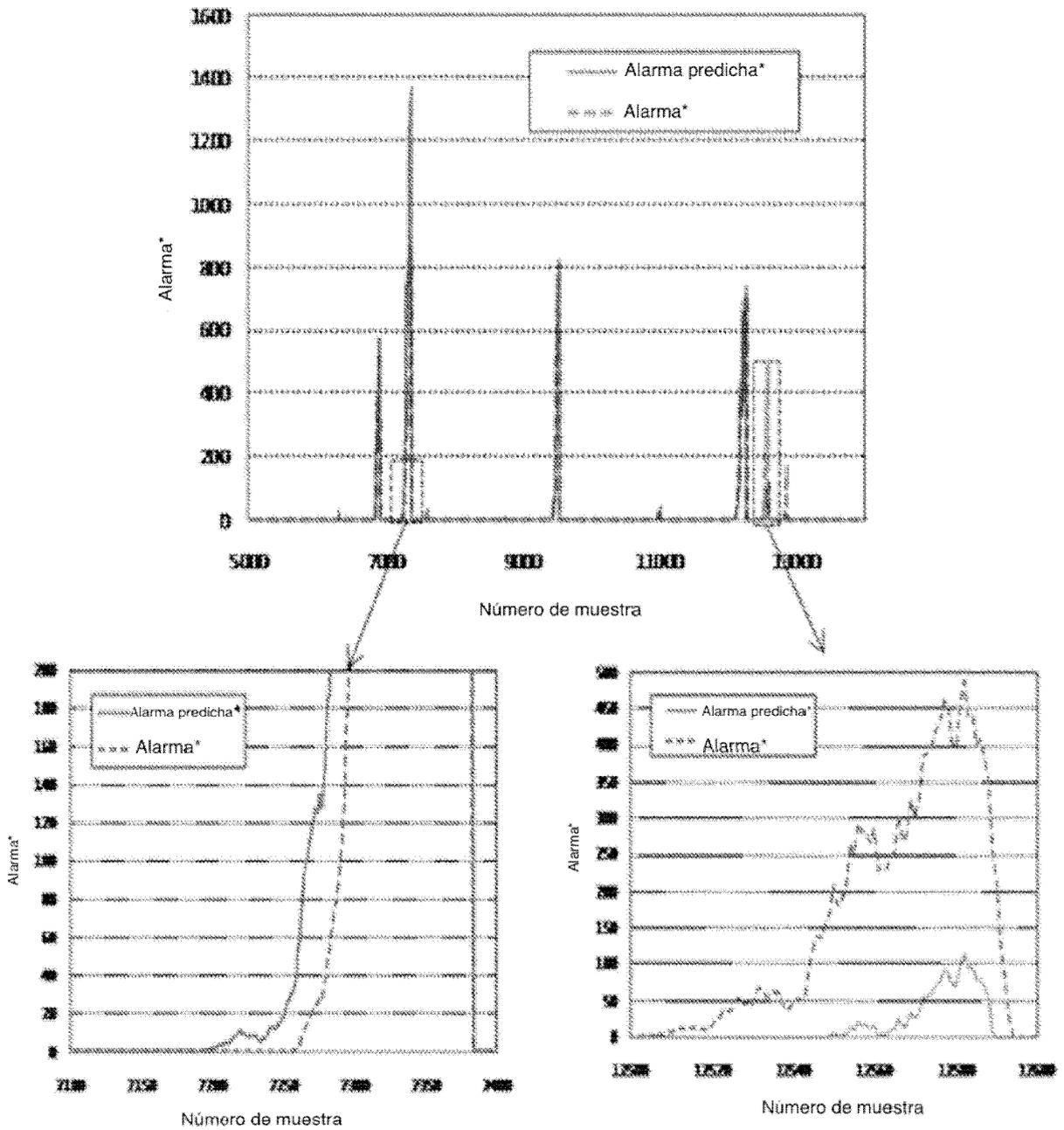


FIGURA 7

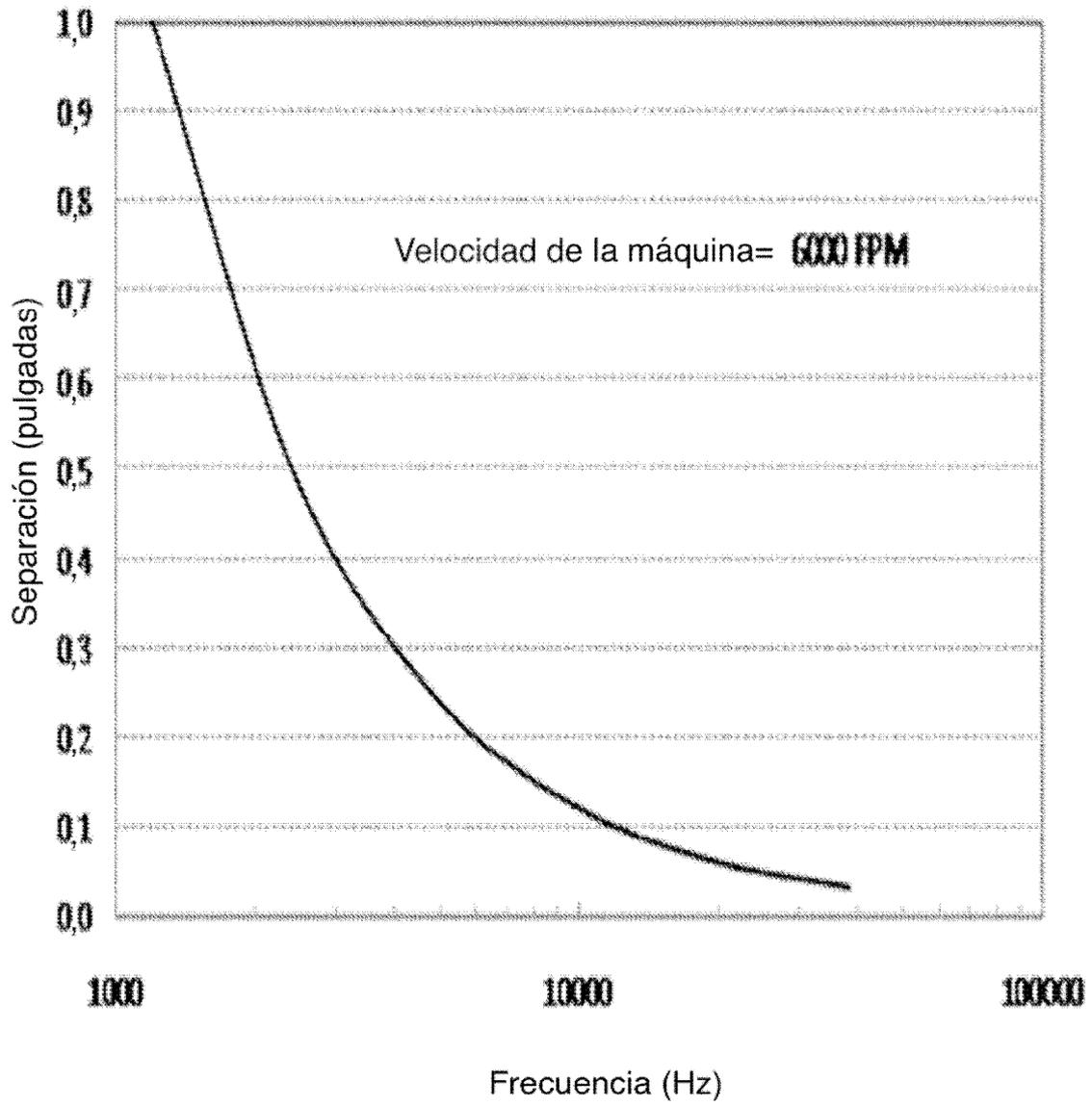


FIGURA 8

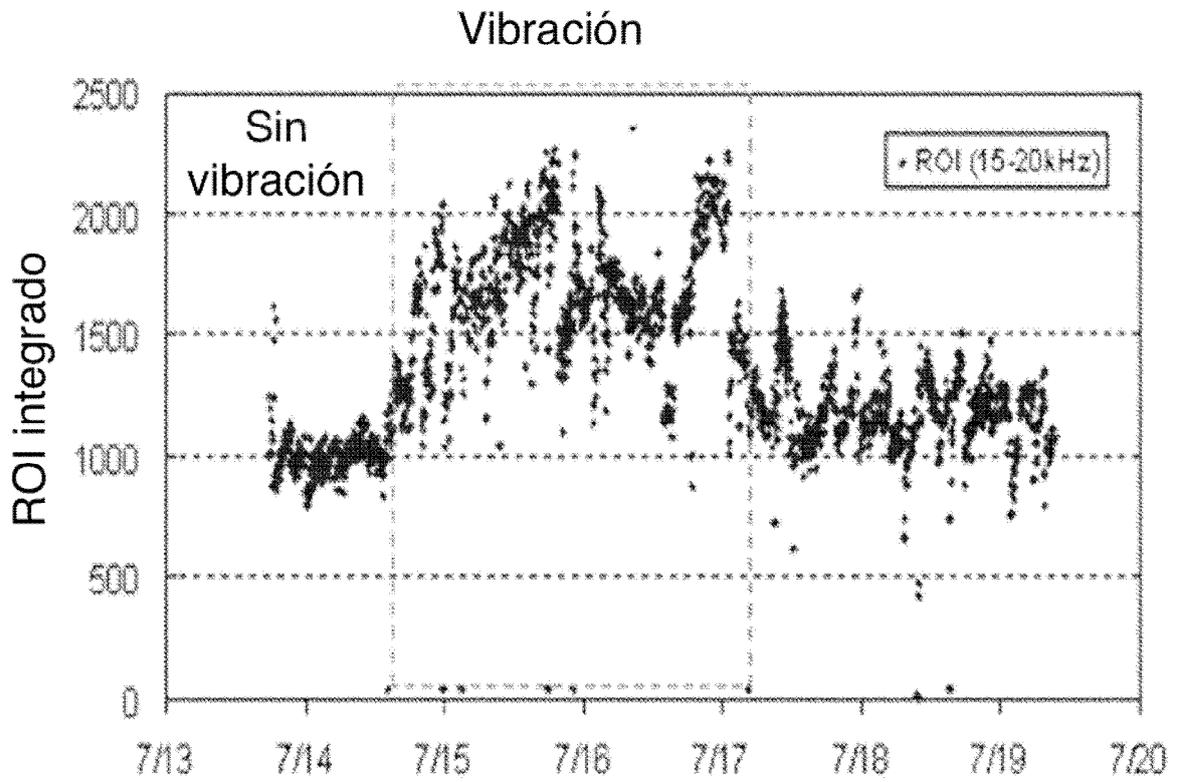


FIGURA 9

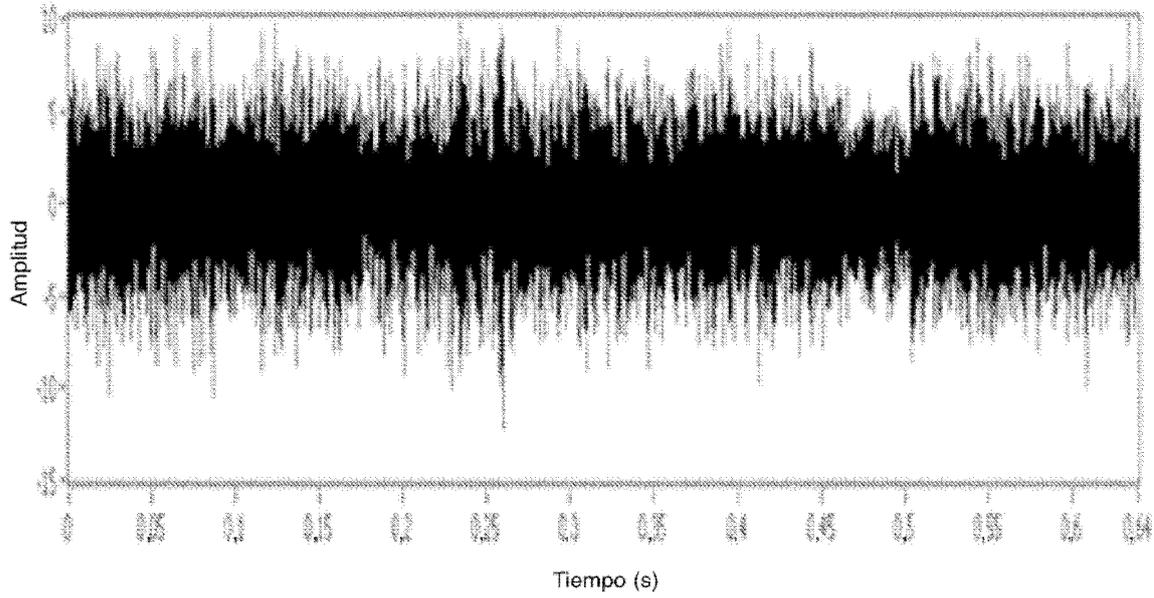


FIGURA 10A

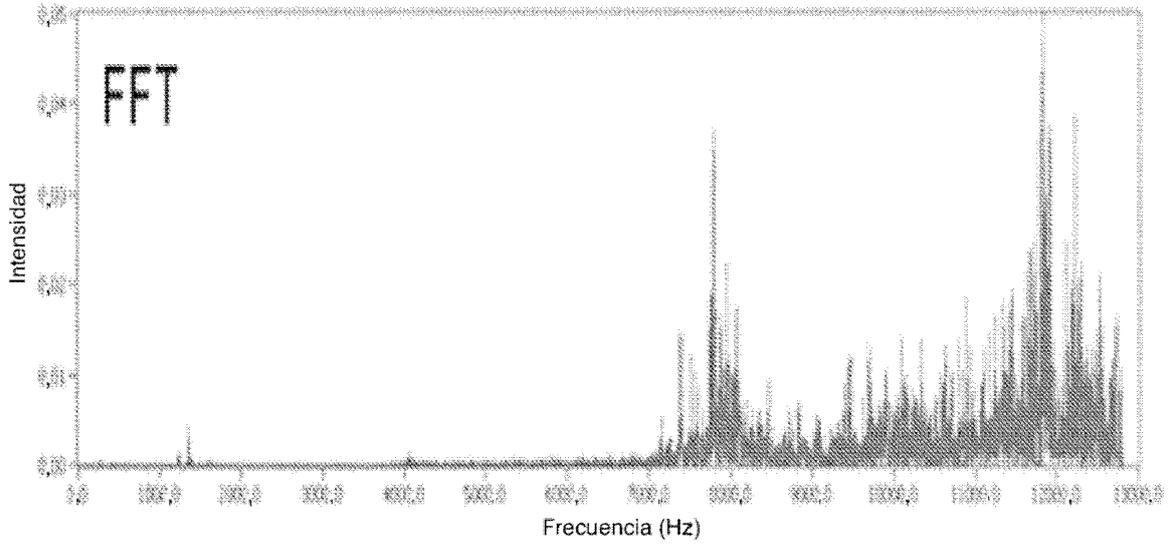


FIGURA 10B

FIGURA 10C

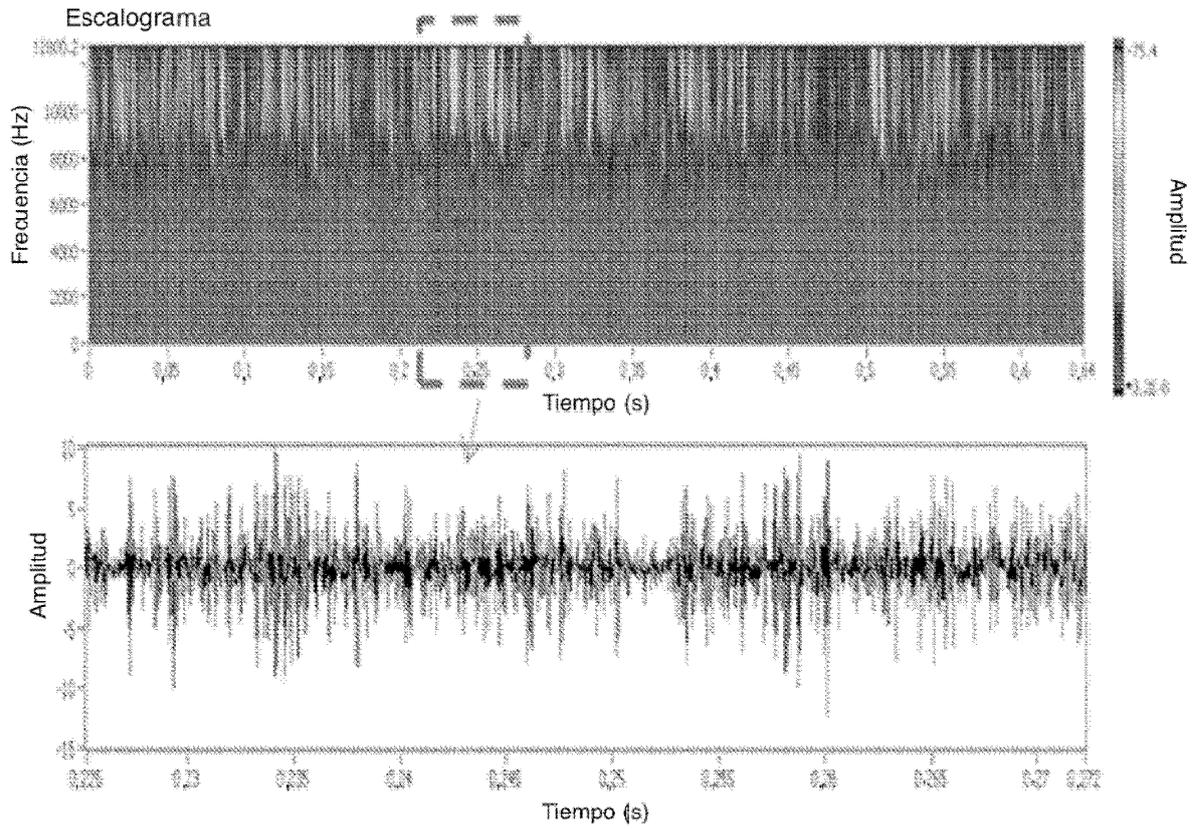


FIGURA 10D

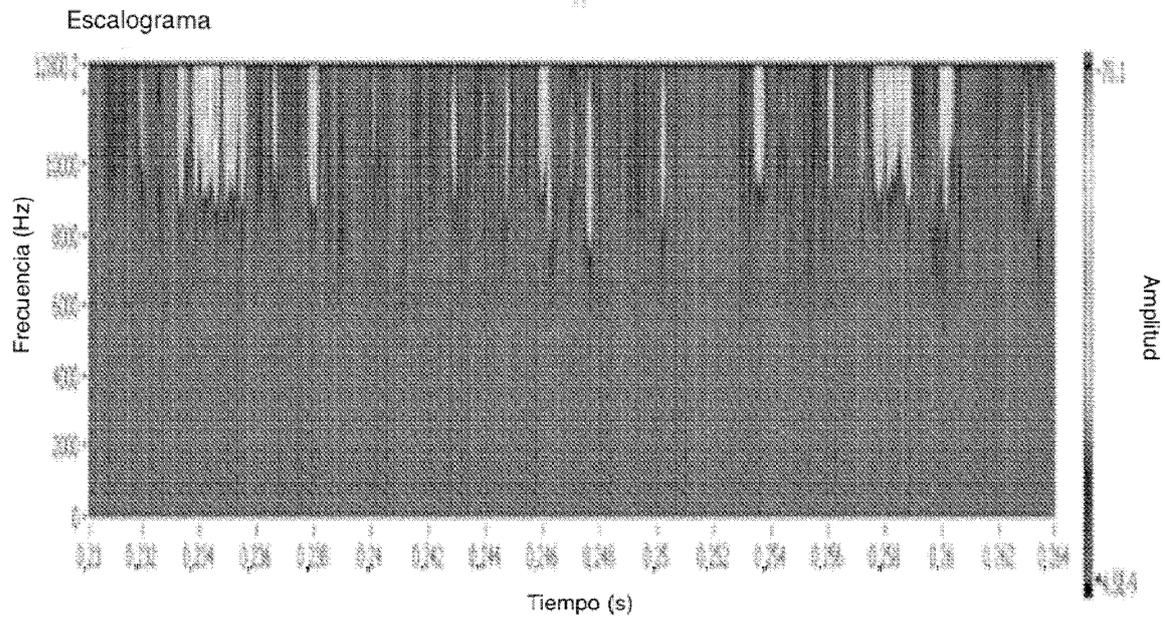


FIGURA 10E

Brusco aumento en pendiente que conduce a mayor valor RMS

Intervalo de pendiente normal

TENDENCIA

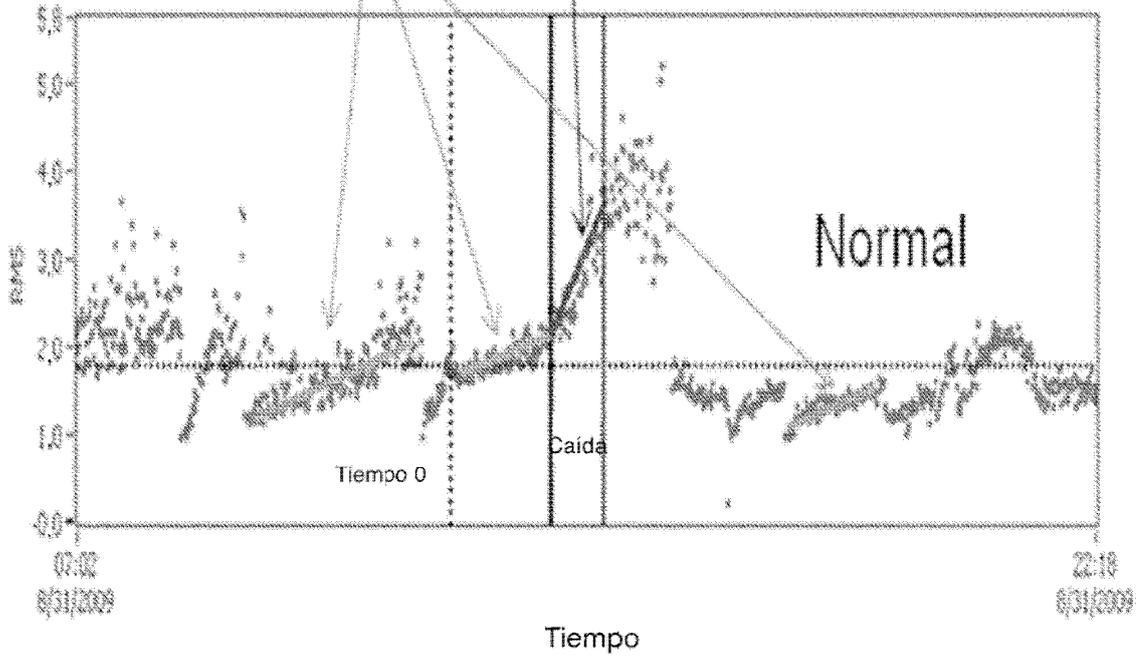


FIGURA 11