

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 487**

51 Int. Cl.:

**G01M 13/04** (2009.01)

**F16C 19/52** (2006.01)

**B65G 21/18** (2006.01)

**B65G 43/00** (2006.01)

**G08B 21/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2017 E 17161035 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3220122**

54 Título: **Sistema y procedimiento para anticipar fallo en un cojinete de baja velocidad**

30 Prioridad:

**15.03.2016 US 201615070826**

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

**04.11.2019**

73 Titular/es:

**ASHWORTH BROS., INC. (100.0%)  
222 Milliken Blvd. Suite 7  
Fall River MA 02721, US**

72 Inventor/es:

**MARSHALL, ARTHUR J. y  
LACKNER, JOSEPH M.**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI , Peter**

ES 2 729 487 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**

Sistema y procedimiento para anticipar fallo en un cojinete de baja velocidad

5

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a sistemas para la monitorización remota de un cojinete. En particular, la invención se refiere a un sistema para monitorizar de manera remota un cojinete de baja velocidad con tiempo suficiente antes de no se incorpore el mantenimiento del cojinete en el mantenimiento programado regularmente. El documento JP 2007-178347 describe un procedimiento para detectar defectos diminutos en un cojinete. Otros procedimientos para detectar anomalías en cojinetes en base a un espectro de frecuencias del cojinete son conocidos de los documentos US 2013/0096848 A1, EP 2 131 177 A1, el ensayo "Monitoring methods for monitoring vibration properties of a bearing" de Chris James: "Slow Speed Vibration Monitoring", SKF Condition Monitoring, 31 de marzo de 2015, US 6 053 047, JP S59 173720, y WO 20165/002617.

15

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

Un sistema y un procedimiento para detección anticipada y advertencia de fallo anticipado en un sistema de cojinetes de baja velocidad incluye un sistema de detección de dos partes. Una primera parte del sistema de detección de fallo del cojinete está dispuesta en el cojinete o cerca del mismo. Una segunda parte del sistema de detección de fallo del cojinete está situada en una posición remota desde el cojinete. El sistema y el procedimiento se calibran para detectar un estado de degradación de los cojinetes en funcionamiento en un sistema de baja velocidad o bajas RPM (revoluciones por minuto) y para anticipar cuándo es probable que la degradación del cojinete produzca un fallo. El sistema anticipa el fallo probable con un período de tiempo suficiente para permitir que se produzca la sustitución de cojinetes con el mantenimiento de rutina en lugar de una emergencia o una desconexión no programada. En algunas realizaciones, el sistema puede anticipar el fallo del cojinete de seis meses a un año antes de un fallo catastrófico del cojinete. En particular, se presenta un componente que presenta las características definidas en la reivindicación 1. Además, se presenta un sistema que comprende el componente de la invención y presenta, además, las características de la reivindicación 7. Además, se presenta también un procedimiento tal como se define en la reivindicación 15. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas. Se describen, a continuación, unas disposiciones. Sin embargo, el ámbito de protección está definido por las reivindicaciones. Por lo tanto, puede incluso darse el caso de que algunas disposiciones no se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones. Si tales disposiciones se describen, éstas resultan útiles para entender la presente invención.

35

Para anticipar el fallo en el cojinete, se adquieren, se procesan y después se promedian datos de ruido sin procesar. El promedio se compara con un umbral predeterminado para indicar a un técnico o sistema automatizado que debe realizarse el mantenimiento. El sistema de detección de fallo en un cojinete de baja velocidad incluye una parte acoplada al cojinete y un sistema remoto. El sistema remoto monitoriza los sonidos generados por los cojinetes y permite que un técnico programe el mantenimiento del sistema cuando se indique.

40

Un aspecto proporciona un sistema para la detección anticipada de fallo en un cojinete para un cojinete que gira a bajas RPM, estando incorporado el cojinete en un mecanismo transportador, y presentando el cojinete una parte exterior, una parte interior y una parte intermedia que separa la parte exterior de la parte interior. El sistema incluye una parte de acelerómetro posicionada en una carcasa del cojinete, en el que el acelerómetro está configurado para detectar una vibración del cojinete. Una parte de filtro de paso bajo está configurada para pasar componentes de frecuencia de una señal eléctrica menor que una frecuencia de paso bajo y configurada para rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica mayor que la frecuencia de paso bajo. Una parte de conversión de CA a CC está configurada para convertir una señal eléctrica de corriente alterna en una señal eléctrica de corriente continua que contiene información sobre el estado del cojinete. Un transmisor está asociado a la parte de conversión AC-DC. Se dispone un dispositivo de monitorización remoto, en el que el dispositivo de monitorización remoto está configurado para recibir del transmisor la información sobre el estado del cojinete. Se dispone un dispositivo de advertencia asociado al dispositivo de monitorización remoto, en el que el dispositivo de advertencia está configurado para indicar cuándo la información recibida por el dispositivo de monitorización remoto excede un umbral predeterminado.

55

Otro aspecto proporciona un componente de un sistema para la detección anticipada de fallo en cojinetes para un cojinete que gira entre aproximadamente 0,1 RPM y aproximadamente 10,0 RPM, estando incorporado el cojinete en un mecanismo transportador, y presentando el cojinete una parte exterior, una parte interior, y una parte intermedia que separa la parte exterior de la parte interior. El componente incluye una parte de acelerómetro configurada para detectar frecuencias entre aproximadamente 0,5 Hz y aproximadamente 15.000 Hz. El componente incluye una parte de filtrado de frecuencia que está configurada para pasar componentes de frecuencia de una señal eléctrica de menos de aproximadamente 500 Hz y está configurada para rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica mayores de aproximadamente 500 Hz. El componente también incluye una parte de conversión de

60

CA a CC configurada para rectificar una señal eléctrica de corriente alterna a una señal eléctrica de corriente continua. El componente está configurado para procesar una salida del acelerómetro a través de la parte de filtrado de frecuencia y la parte de conversión de CA a CC, y en el que el componente está configurado para transmitir una señal eléctrica derivada de la señal eléctrica de corriente continua.

5 Otro aspecto presenta un procedimiento para la detección anticipada de fallos en cojinetes para un cojinete que gira entre aproximadamente 0,1 RPM y aproximadamente 10,0 RPM, estando incorporado el cojinete en un mecanismo transportador, y presentando el cojinete una parte exterior, una parte interior y una parte intermedia que separa la parte exterior de la parte interior. El procedimiento incluye la etapa de colocar un acelerómetro para detectar una  
10 vibración del cojinete, estando configurado el acelerómetro para detectar frecuencias entre aproximadamente 0,5 Hz y aproximadamente 15.000 Hz, y presentando el acelerómetro una salida. El procedimiento también incluye la etapa de filtrar la salida del acelerómetro a través de un filtro de paso bajo configurado para rechazar frecuencias superiores a 500 Hz. El procedimiento también incluye la etapa de rectificar la salida del acelerómetro a través de un  
15 convertidor de CA a CC configurado para convertir una señal eléctrica de corriente alterna en una señal eléctrica de corriente continua. El procedimiento también incluye la etapa de transmitir la salida del acelerómetro a un dispositivo de monitorización remoto.

Otros sistemas, procedimientos, características y ventajas de la invención serán, o llegarán a ser, evidentes para un experto en la materia al examinar las siguientes figuras y la descripción detallada.

### 20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención puede entenderse mejor con referencia a los siguientes dibujos y descripción. Los componentes de las figuras no están necesariamente a escala, poniéndose énfasis en ilustrar los principios de la invención. Además, en las figuras, los números de referencia similares designan partes correspondientes en las diferentes vistas.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema de transportador en espiral;

La figura 2 es una vista en sección transversal de un sistema transportador en espiral con un cojinete inferior y un sistema para detectar fallos en el cojinete;

La figura 3 es una vista en perspectiva de un cojinete con una parte de un sistema para detectar fallos en cojinetes acoplado a la carcasa del cojinete;

La figura 4 es una vista esquemática de una parte de un sistema para detectar fallos en cojinetes;

La figura 5 es una vista esquemática de componentes de un procesamiento para uso en un sistema para detectar fallos en cojinetes;

La figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para detectar fallos en cojinetes;

La figura 7 es un diagrama de flujo de un proceso en un procedimiento para detectar fallos en cojinetes;

La figura 8 es una vista esquemática del uso de un sistema para detectar fallos en cojinetes cuando los cojinetes se encuentran en buenas condiciones; y

La figura 9 muestra datos de ruido sin procesar de un cojinete de baja velocidad;

La figura 10 muestra datos de ruido promediados de un cojinete de baja velocidad;

La figura 11 es una vista esquemática del uso de un sistema para detectar fallos en cojinetes cuando se encuentran en un estado desgastado; y

La figura 12 son datos de un sistema de detección de fallos en cojinetes de baja velocidad que muestran el promedio de la línea.

### 45 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Un sistema y un procedimiento para detección anticipada y advertencia de fallo anticipado de un sistema de cojinetes de baja velocidad incluye un sistema de detección de dos partes. Una primera parte del sistema de detección de fallo de cojinetes está dispuesta en el cojinete o cerca del mismo. Una segunda parte del sistema de detección de fallo de cojinetes está situada en una ubicación remota desde el cojinete. El sistema y el procedimiento se calibran para detectar un estado de degradación de los cojinetes en uso en un sistema de baja velocidad o bajas RPM (revoluciones por minuto) y para anticipar cuándo es probable que la degradación del cojinete produzca un fallo. El sistema anticipa el fallo probable con un período de tiempo suficiente para permitir que se produzca la  
50 sustitución de cojinetes con un mantenimiento rutinario en lugar de una emergencia o una desconexión no programada. En algunas realizaciones, el sistema puede anticipar el fallo del cojinete de seis meses a un año antes de un fallo catastrófico del cojinete.

Para anticipar el fallo del cojinete, se adquieren, se procesan y después se promedian datos de ruido sin procesar. El promedio se compara con un umbral predeterminado para indicar a un técnico o sistema automatizado que debe realizarse el mantenimiento. El sistema de detección de fallo de cojinetes de baja velocidad incluye una parte acoplada al cojinete y un sistema remoto. El sistema remoto controla los sonidos generados por los cojinetes y permite que un técnico programe el mantenimiento del sistema cuando se indique. La indicación aparece mucho

antes de que el fallo del cojinete provoque una desconexión del sistema, por ejemplo, de seis meses a un año antes de un fallo anticipado del cojinete.

La figura 1 muestra una realización de un sistema transportador en espiral 100 que puede utilizar por lo menos un cojinete en un sistema de accionamiento de baja velocidad. Los sistemas transportadores en espiral tales como el sistema de transportador en espiral 100 son bien conocidos en la técnica. El sistema de transportador en espiral 100 puede incluir una cinta transportadora 102 que esté configurada para desplazar una columna en espiral 105 alrededor de un tambor de accionamiento 104. En algunas realizaciones, el tambor de accionamiento 104 puede incluir una o más barras de accionamiento 107 que esté acoplada a un lado de la cinta transportadora 102 para un sistema de accionamiento directo. Tales sistemas de accionamiento son bien conocidos en la técnica. En otras realizaciones, el tambor de accionamiento 104 y el borde de la cinta transportadora 102 pueden incluir disposiciones que se acoplen entre sí para transferir la fuerza de accionamiento del tambor giratorio a la cinta transportadora.

La cinta transportadora 102 puede ser cualquier tipo de cinta sinfin conocida en la técnica. La cinta transportadora 102 puede estar realizada en metal, plástico, materiales compuestos, materiales cerámicos, combinaciones de estos materiales, o cualquier otro tipo de material para cintas transportadoras conocido en la técnica. En algunas realizaciones, tal como la realización mostrada en la figura 1, una correa 102 puede desplazarse desde una parte inferior 110 de la columna espiral 105 hasta una parte superior 112 de la columna espiral 105. En otras realizaciones, la dirección de desplazamiento puede invertirse.

Como correa sinfin, la correa 102 vuelve desde una salida de la trayectoria en espiral en la parte superior 112 hacia la entrada de la columna en espiral 105 en la parte inferior 110. Para permitir este retorno a lo largo de la trayectoria de retorno 114, el sistema 100 puede incluir un carrete de recogida tal como el carrete de recogida 115. El carrete de recogida 115 puede ser accionado indirectamente por la tensión de la correa 102 o el carrete de recogida 115 puede ser accionado independientemente, tal como con un motor (no mostrado). En algunas realizaciones, el motor puede ser un motor de par constante para que la tensión de la correa 102 pueda mantenerse dentro de un rango deseado. En algunas realizaciones, puede disponerse un carrete compensado 117 para ayudar a mantener la tensión de la correa a lo largo del recorrido de retorno 114.

El tambor 104 está configurado para girar a bajas RPM (revoluciones por minuto). La velocidad precisa puede depender de factores tales como la altura de la columna en espiral 105, la longitud de la correa 102 y el uso previsto del sistema, para establecer un tiempo particular de cocción, de horneado, o de congelación. En algunas realizaciones, el tambor 104 puede girar a 15 RPM o menos. En algunas realizaciones, el tambor 104 puede girar a 10 RPM o menos. En algunas realizaciones, el tambor 104 puede girar a 4 RPM o menos. En algunas realizaciones, el tambor 104 puede girar a una velocidad entre 0,1 RPM y 10 RPM, inclusive.

El tambor 104 puede accionarse utilizando cualquier procedimiento conocido en la técnica, tal como con un motor (no mostrado) colocado cerca de una base 103 del sistema de transportador en espiral 100. El motor puede transferir la potencia que genera al tambor 104 utilizando cualquier mecanismo conocido en la técnica. En algunas realizaciones, tal como la realización mostrada en la figura 1, pueden disponerse sistemas conocidos, tales como cadenas y cajas de engranajes para controlar la transferencia de energía del motor al eje 106. El eje 106 puede ser cualquier tipo de eje de transmisión conocido en la técnica, tal como un poste metálico alargado que se extienda desde la base 103 hasta la parte superior de la columna espiral 105. Uno o más puntales, tales como el puntal 109, pueden acoplar el eje 106 al tambor 104 para transferir la fuerza de giro del eje 106 al tambor 104.

Puede disponerse un cojinete inferior 101 en un motor, caja de engranajes y/o estructura de transporte, o sobre los mismos o asociado a éstos. Tal como es conocido en la técnica, se dispone un cojinete inferior 101 para reducir el rozamiento de giro entre el motor y/o la base 103 y el eje 106 mientras se soportan cargas radiales y axiales. Los cojinetes y su funcionalidad son generalmente bien conocidos y entendidos en la técnica. En algunas realizaciones, tal como la realización mostrada en las figuras, el cojinete inferior 101 puede ser un elemento de rodadura, tal como se muestra en las figuras 1-3. Aunque sólo se muestra un cojinete inferior, el sistema 100 puede estar provisto de cualquier número de cojinetes que se desee para que el sistema funcione sin problemas. Tal como se muestra en la figura 3, el cojinete inferior 101 incluye una carcasa de cojinete 300 y uno o más elementos de rodadura 306. Aunque se muestran como cojinetes de bolas esféricos, los elementos de rodadura 306 pueden ser cualquier tipo de elemento de rodadura conocido en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones con alto empuje axial, los elementos de rodadura 306 pueden ser de forma cilíndrica o troncocónica. La carcasa 300 incluye una pista interior 302 y una pista exterior 304 separadas por una parte intermedia. La pista interior 302 y la pista exterior 304 definen la parte intermedia y están configuradas para contener y guiar los elementos de rodadura 306 y cualquier lubricante provisto para reducir todavía más el rozamiento entre los elementos de rodadura a medida que el motor hace girar el eje 106. La pista interior 302 y la pista exterior 304 pueden incluir ranuras o pistas de rodadura (no mostradas) para guiar el movimiento de los elementos de rodadura 306. La pista interior 302 y la pista exterior 304 pueden estar realizadas en metal, aunque la pista interior 302 y la pista exterior 304 pueden estar realizadas en cualquier material conocido en la técnica adecuado para carcasas de cojinetes.

De manera similar, los elementos de rodadura 306 pueden estar realizados en metal, tal como acero inoxidable, aunque los elementos de rodadura 306 pueden estar realizados en cualquier material conocido en la técnica apropiado para su uso como elemento de rodadura. El tamaño y número de elementos de rodadura 306 puede variar dependiendo del tamaño del eje 106.

Aunque generalmente tienen forma esférica, cilíndrica o troncocónica, los nuevos elementos de rodadura 306 pueden incluso tener partes rugosas y otras imperfecciones de la superficie debido a la capacidad de producción. Con el tiempo, estas imperfecciones aumentarán debido al desgaste del contacto con cojinetes adyacentes a medida que los cojinetes rozan y/o impactan con cojinetes adyacentes. Además, el lubricante en el cojinete puede degradarse por el calor, el uso o el tiempo. Si no se tratan estos problemas de mantenimiento, la vida útil del cojinete puede verse reducida considerablemente. En algunos casos, el fallo de un cojinete tal como un cojinete inferior 101 puede ser inesperado y catastrófico, lo cual lleva a un tiempo de inactividad no planificado para el sistema 100 y, posteriormente, a pérdidas económicas y de tiempo debido al cierre de la línea de producción. Por lo tanto, el sistema de transportador en espiral 100 está provisto de un sistema para anticipar fallo en un cojinete tal como un cojinete inferior 101.

El sistema de monitorización incluye dos partes: una parte local 120 y un sistema de monitorización remoto 122. La parte local 120 es un paquete de sensores equipado con disposiciones para recopilar datos de ruido, opcionalmente procesar los datos de ruido y transmitir los datos de ruido al sistema de monitorización remoto 122. El sistema de monitorización remoto 122 es un ordenador u otro sistema capaz de recibir datos de ruido de la parte local 120, opcionalmente procesar los datos de ruido, analizar los datos de ruido y enviar señales cuando se incumple un umbral de ruido para que un técnico u otro monitor pueda ser avisado de que el cojinete está a punto de fallar y programarse el mantenimiento.

La parte local 120 se encuentra situada sobre el cojinete inferior 101 o cerca del mismo. En algunas realizaciones, la parte local 120 puede estar acoplada directamente a la carcasa del cojinete 300 para impedir que la parte local 120 detecte sonidos y vibraciones externos. La parte acoplada 120 puede estar unida al cojinete inferior 101 utilizando cualquier procedimiento conocido en la técnica, por ejemplo, conectores mecánicos tales como remaches, tornillos o cierres, conectores magnéticos y/o adhesivos. En algunas realizaciones, la parte local 120 está unida a una superficie exterior de la carcasa del cojinete 300, de modo que la propia carcasa no interfiera con las comunicaciones inalámbricas. En otras realizaciones, tal como con comunicaciones por cable o si el sistema de monitorización remoto 122 se encuentra cerca de la parte local 120, o si se utiliza un relé intermedio para aumentar la señal de comunicaciones inalámbricas, la parte local 120 puede colocarse dentro de la carcasa del cojinete 300. En otras realizaciones, la parte local 120 puede acoplarse al sistema 100 próxima a la carcasa del cojinete 300, dependiendo de la sensibilidad de los componentes de la parte local 120.

La figura 4 muestra una realización esquemática de la parte local 120. La selección de los componentes exactos puede depender de factores tales como el tipo de sistema de transportador en espiral 100, el tipo de cojinete 101 y las condiciones ambientales que rodean el sistema. Por ejemplo, algunos sistemas transportadores en espiral se utilizan para hornear, por lo que las condiciones ambientales pueden incluir elevada temperatura y baja humedad. Otros sistemas de transporte en espiral se utilizan para congelar alimentos, por lo que las condiciones ambientales pueden incluir temperaturas bajas. En algunas realizaciones, los sistemas transportadores en espiral pueden utilizarse para fines no alimentarios, donde el calor y la humedad del ambiente pueden estar relativamente sin control.

Tal como se muestra en la figura 4, la parte local 120 incluye un sensor para recopilar datos de ruido, tal como un acelerómetro 402. El acelerómetro 402 puede ser cualquier tipo de acelerómetro conocido en la técnica capaz de detectar sonidos de bajo nivel, vibraciones y bajas frecuencias. En algunas disposiciones, el acelerómetro 402 es un piezoeléctrico. En algunas disposiciones, tal como sistemas que giran a 10 RPM o menos, el acelerómetro 402 está configurado para detectar frecuencias en el rango de 0,5 Hz a 15 kHz. En otras realizaciones, el acelerómetro 402 puede detectar frecuencias más altas o más bajas dependiendo del tipo de sistema a monitorear. En algunas realizaciones, tales como sistemas que giran a 10 RPM o menos, la sensibilidad del acelerómetro 402 es de 100 mV/g. En otras realizaciones, el acelerómetro 402 puede ser más o menos sensible, dependiendo del tipo y la configuración del cojinete a monitorear. En algunas realizaciones, tales como sistemas que giran a 10 RPM o menos, el acelerómetro 402 tiene una tensión de polarización de 12 V a 24 V. En otras realizaciones, el acelerómetro 402 puede tener una tensión de polarización mayor o menor, dependiendo del tipo de sistema que se desea monitorear. En algunas realizaciones, tales como sistemas que giran a 10 RPM o menos, el acelerómetro 402 puede tener un valor de excitación de 2 mA. En otras realizaciones, el acelerómetro 402 puede tener un valor de excitación más alto o más bajo.

En algunas disposiciones, debido a la lenta rotación del cojinete, las vibraciones pueden ser casi imperceptibles hasta que el cojinete se encuentra cerca de un fallo inminente. Sin embargo, el cojinete generará ruido o sonidos

- 5 incluso si la carcasa del cojinete no está vibrando de manera detectable. El sonido es, en sí mismo, un tipo de vibración. Un buen cojinete emitirá ruido a un nivel bajo, mientras que un cojinete desgastado emitirá ruido a un nivel mucho más alto. Por lo tanto, en algunas realizaciones, el acelerómetro 402 es suficientemente sensible para detectar las vibraciones de ruido/sonido emitidas incluso por un cojinete nuevo. Al escuchar el cojinete, el acelerómetro 402 detecta información del cojinete para notificar a un monitor un fallo anticipado, pero no inminente.
- 10 El acelerómetro 402 envía los datos de ruido a un chip de procesamiento 404. En algunas disposiciones, el chip de procesamiento 404 es un componente de la parte local 120. En algunas disposiciones, el acelerómetro 402 puede estar integrado en el chip de procesamiento 404. En otras realizaciones, el chip de procesamiento 404 es un componente del sistema remoto 122. El chip de procesamiento 404 está configurado para filtrar ruido que no proviene del cojinete a partir de los datos del acelerómetro y producir una señal promediada a partir de los datos del ruido del cojinete sin procesar recogidos por el acelerómetro 402. El chip de procesamiento 404 puede incluir varios componentes que estén conectados eléctricamente, tal como como un chip de circuito integrado.
- 15 El chip de procesamiento 404 incluye un filtro de paso de banda 415. El filtro de paso de banda 415 está configurado para filtrar tanto altas como bajas frecuencias, de modo que solamente se procesa un rango particular de frecuencias generadas por el cojinete. En algunas realizaciones, las frecuencias de interés están por debajo de 500 Hz. Por lo tanto, puede seleccionarse una parte de filtro de paso alto 412 para filtrar cualquier frecuencia superior a 500 Hz. En algunas realizaciones, unas frecuencias extremadamente bajas pueden no contribuir al ruido del cojinete. Por lo tanto, en algunas realizaciones, puede seleccionarse una parte de filtro de paso bajo 414 para filtrar frecuencias inferiores a aproximadamente 5 Hz. El filtro de paso de banda 415 puede sintonizarse en algunas realizaciones sólo para permitir que pasen frecuencias entre 5 Hz y 500 Hz a un amplificador. En otras disposiciones, tales como sistemas que giran a RPM ligeramente mayores o que tienen diferentes tipos de elementos de rodadura, pueden tener filtros de paso de banda que filtren diferentes frecuencias.
- 20 La señal filtrada en frecuencia pasa luego a un amplificador 416. El amplificador 416 aumenta la amplitud de las frecuencias dentro de la banda de frecuencias permitidas por el filtro de paso de banda. La señal puede amplificarse para aumentar la potencia de la señal para preparar las frecuencias seleccionadas para su procesamiento posterior. El amplificador 416 puede aumentar la señal a una ganancia predeterminada. En algunas realizaciones, la ganancia de la señal puede ser de 30x a 300x. En algunas realizaciones, el amplificador 416 puede generar la suma de las frecuencias que pasan a través del filtro de paso de banda 415. En algunas realizaciones, la salida del amplificador 416 será una suma de frecuencias por debajo de 500 Hz.
- 25 En algunas disposiciones, el amplificador 416 también puede rectificar la señal. El acelerómetro 402 puede producir una señal de CA (corriente alterna), mientras que la CC (corriente continua) puede ser más deseable para un procesamiento adicional de la señal. El amplificador 416 puede convertir la señal de CA en una señal de CC para suavizar el perfil de sonido, aunque en la señal puede quedar un chasquido debido a la naturaleza discontinua del ruido.
- 30 La señal amplificada y rectificada pasa luego a una parte de filtro de promediación 418. En algunas realizaciones, el filtro de promediación 418 puede ser un circuito integrador. El filtro de promediación 418 está configurado para suavizar la señal eléctrica. En algunas realizaciones, el ruido generado por el cojinete puede incluir frecuencias esporádicas, ya que la acción de machaque y de choques de los elementos de rodadura entre sí para producir las ondas de sonido no sería necesariamente constante. La naturaleza esporádica del ruido se describe más adelante con referencia a la figura 9. El filtro de promediación 418 suaviza la señal eléctrica recibida desde el amplificador 416 promediando la señal eléctrica durante un período de tiempo de por lo menos un segundo. En algunas realizaciones, el filtro de promediación 418 tiene una constante de tiempo entre uno y dos segundos. En otras realizaciones, el período de tiempo puede ser inferior a un segundo o superior a dos segundos. El filtro de promediación 418 produce un valor de CC representativo del ruido emitido por el cojinete.
- 35 La salida del filtro de promediación 418 se envía después a un convertidor de tensión a corriente (V a I) 420. El convertidor de V a I 420 está configurado para convertir una señal eléctrica transmitida por tensión a una señal eléctrica transmitida por corriente. En algunas realizaciones, el convertidor de V a I 420 está configurado para convertir una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente de 1 a 20 mA. En algunas realizaciones, el convertidor de V a I 420 está configurado para convertir una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente de 1 a 10 mA. En algunas realizaciones, el convertidor de V a I 420 está configurado para convertir una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente de 4 a 20 mA.
- 40 La señal promediada y/o los datos de ruido sin procesar se transmiten al sistema remoto 122. En algunas realizaciones, el chip de procesamiento 404 está provisto de un módem 410, que puede ser cualquier tipo de módem conocido en la técnica. En algunas realizaciones, el módem 410 puede configurarse para modular la señal para una operación inalámbrica, tal como WiFi. En realizaciones inalámbricas, tales como la realización mostrada en la figura
- 45
- 50
- 55
- 60

5, se dispone una antena 408 para transmitir la señal al sistema de monitorización remoto 122. En algunas realizaciones, el módem 410 puede estar configurado para modular la señal para operación por cable, tal como Ethernet. En algunas realizaciones, el módem 410 puede estar configurado para una operación inalámbrica o por cable.

5 En algunas disposiciones, algunos componentes de la parte local 120 pueden estar unidos directamente al cojinete inferior 101, tal como en un anillo, pista, o carcasa del cojinete inferior 101, mientras que otros componentes de la parte local 120 pueden disponerse muy cerca, pero no necesariamente unidos al cojinete inferior 101 o incluso al sistema 100. En algunas realizaciones, uno o más componentes de la parte local 120 pueden estar colocados en un componente separado o en una pieza que aloja el cojinete inferior 100. En algunas realizaciones, cualquier componente o grupo de componentes de la parte local 120, excepto para el acelerómetro 402, puede estar separado una cierta distancia del cojinete inferior 101. En algunas realizaciones, el chip de procesamiento 404, la fuente de alimentación 406, la antena/transmisor 408, el módem 410, pueden estar situados a una distancia del cojinete inferior 101, por ejemplo, montados en una pared o estación cercana. En tales realizaciones, los componentes separados se conectan a los componentes montados en el cojinete inferior 101 utilizando señales eléctricas, tal como a través de cables o conexiones inalámbricas (utilizando múltiples transmisores/receptores).

La señal de salida de la parte local 120 puede transmitirse al sistema de monitorización remoto 122 utilizando una red 121. En algunas realizaciones, la red 121 puede ser una intranet. En algunas realizaciones, la red 121 puede ser Internet. En algunas realizaciones, la red 121 puede ser una red de telecomunicaciones inalámbrica o por cable. En algunas realizaciones, pueden utilizarse combinaciones de estos tipos de redes para comunicar la señal de la parte local 120 al sistema de monitorización remoto 122. El tipo de red puede seleccionarse según la posición del sistema de monitorización remoto 122 respecto a la parte local 120. En algunas realizaciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede encontrarse en la misma sala, edificio o recinto que la parte local 120. En algunas realizaciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede estar situado en una primera instalación y la parte local 120 puede estar situado en otra instalación. En algunas realizaciones, una primera compañía puede controlar el acceso a la primera instalación que contiene el sistema de monitorización remoto 122, mientras que una segunda compañía puede controlar el acceso a la segunda instalación que contiene la parte local 120. Dada la capacidad de la parte local 120 y el sistema de monitorización remoto 122 para utilizar redes de telecomunicaciones, la parte local 120 y el sistema de monitorización remoto 122 pueden estar situados en cualquier lugar del mundo uno respecto al otro.

El sistema de monitorización remoto 122 es un sistema que incluye componentes que están configurados para recibir la señal transmitida desde la parte local 120, analizar adicionalmente la señal transmitida, mostrar la señal y los datos procesados y, eventualmente, activar una alarma u otra notificación a un monitor para programar el mantenimiento o sustitución del cojinete. En algunas realizaciones, tal como la realización mostrada en las figuras, el sistema de monitorización remoto 122 es un ordenador que tiene una pantalla 124, un dispositivo de entrada 126 y una unidad de procesamiento 128. En algunas realizaciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede ser un sistema informático. En algunas realizaciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede ser un ordenador portátil, mientras que, en otras realizaciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede ser una tableta, un teléfono inteligente, una PDA, un terminal de ordenador, o un sistema de ordenador de escritorio.

La pantalla 124 puede ser cualquier tipo de pantalla conocida en la técnica, tal como una pantalla LCD, una pantalla de plasma y/o un CRT. En algunas realizaciones, la pantalla 124 está integrada en el sistema de monitorización remoto 122. En otras realizaciones, tal como la realización mostrada en la figura 2, la pantalla 124 es una pantalla independiente que está conectada a las otras partes del sistema de monitorización remoto 122 mediante cables de transferencia de datos.

El dispositivo de entrada 126 puede ser cualquier tipo de dispositivo de entrada conocido en la técnica, tal como un teclado mecánico, un teclado de membrana, o un teclado de pantalla. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 126 puede ser un ratón. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 126 puede ser una unidad, tal como una unidad USB, una unidad óptica, o una unidad de disco. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 126 puede ser un micrófono u otro sistema activado por voz. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 126 puede ser cualquier otro tipo de dispositivo de entrada capaz de permitir que un usuario interactúe con el sistema de monitorización remoto 122. El dispositivo de entrada 126 puede utilizarse para proporcionar información al sistema de monitorización remoto 122, tal como información de calibración e información de umbral predeterminado/estado preseleccionado.

La unidad de procesamiento 128 puede ser cualquier tipo de máquina de procesamiento conocida en la técnica. En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento 128 puede ser un procesador y estar asociado a la memoria y a una fuente de alimentación utilizando una conexión eléctrica. En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento 128 puede ser la CPU de un sistema informático. En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento 128 puede formar parte de un ordenador portátil, ordenador de escritorio o terminal.

En algunas disposiciones, el sistema de monitorización remoto 122 puede estar atendido por un monitor, un técnico que pueda determinar cuándo el sistema de monitorización remoto 122 indica que debe realizarse el mantenimiento del cojinete.

5 Las figuras 6 y 7 son diagramas de flujo de realizaciones de una implementación de un procedimiento para anticipar fallo en un cojinete utilizando los componentes del sistema descrito anteriormente. El procedimiento 600 es una disposición de un procedimiento para anticipar fallo en un cojinete. El procedimiento 600 incluye una primera etapa 602, que incluye medir las vibraciones del cojinete. En algunas realizaciones, medir las vibraciones incluye escuchar los sonidos generados por el cojinete. La medición de las vibraciones puede realizarse con el acelerómetro 402 descrito anteriormente. La medición de las vibraciones también incluye enviar una señal de vibración correspondiente a la medición de las vibraciones, tal como una señal de CA.

15 El procedimiento 600 incluye una segunda etapa 604, que implica procesar la señal de vibración generada en la primera etapa 602. El procesamiento de la señal de vibración implica preparar la señal de vibración para un análisis adicional. La segunda etapa 604 puede realizarse utilizando el chip de procesamiento 404 descrito anteriormente. Como tal, la segunda etapa 604 puede incluir una serie de etapas adicionales, tales como las etapas de procesamiento mostradas en la figura 7. La figura 7 muestra un diagrama de flujo de las etapas de procesamiento para un sistema tal como el chip de procesamiento 604. Aunque más adelante se describe en un orden particular, el orden de las etapas no tiene que producirse en este orden, tal como será evidente para los expertos en la materia.

20 Una primera etapa de procesamiento 621 incluye la adquisición de datos de vibración sin procesar. Los datos de vibración sin procesar pueden obtenerse a partir de la primera etapa 602 (que se muestra en la figura 6). Los datos de vibración sin procesar pueden ser la señal de salida de un acelerómetro tal como el acelerómetro 402.

25 Una segunda etapa de procesamiento 623 incluye filtrar la señal baja y alta para producir una señal filtrada con una banda de frecuencia especificada. La señal de datos de vibración sin procesar puede incluir frecuencias no deseadas, tal como de ruido ambiental o ruido del cojinete no relacionado con desgaste. En algunas realizaciones, la segunda etapa de procesamiento 623 incluye enviar la señal de salida desde el acelerómetro 402 a través de un filtro de paso de banda tal como el filtro de paso de banda 415. En algunos casos, la segunda etapa de procesamiento 623 incluye filtrar la señal de salida del acelerómetro 402 a través de un filtro de paso bajo tal como como un filtro de paso bajo 412 configurado para rechazar frecuencias mayores que una frecuencia predeterminada. En algunas realizaciones, la segunda etapa de procesamiento 623 incluye filtrar la señal de salida del acelerómetro 402 a través del filtro de paso bajo 412 que está configurado para rechazar frecuencias superiores a 500 Hz. En algunas realizaciones, la segunda etapa de procesamiento 623 incluye filtrar la señal de salida del acelerómetro 402 a través de un filtro de paso alto tal como el filtro de paso alto 414 configurado para rechazar frecuencias inferiores a una frecuencia predeterminada. En algunas realizaciones, la segunda etapa de procesamiento 623 incluye filtrar la señal de salida desde el acelerómetro 402 a través del filtro de paso alto 414 que está configurado para rechazar frecuencias inferiores a 5 Hz.

40 Una tercera etapa de procesamiento 625 incluye amplificar y rectificar la señal filtrada. En algunas realizaciones, la tercera etapa de procesamiento 625 puede incluir enviar la salida del filtro de paso de banda 415 a un amplificador tal como el amplificador 416, descrito anteriormente. El amplificador 416 aumenta la amplitud de las frecuencias dentro de la banda de frecuencias permitidas por el filtro de paso de banda. La señal puede amplificarse para aumentar la potencia de la señal para preparar las frecuencias seleccionadas para un procesamiento adicional reduciendo el ruido en la señal de CA. La tercera etapa de procesamiento 625 puede incluir aumentar la señal a una ganancia predeterminada. En algunas realizaciones, la ganancia de la señal puede amplificarse por un factor de ganancia entre aproximadamente 30 y aproximadamente 300. En algunas realizaciones, la tercera etapa de procesamiento 625 puede incluir utilizar el amplificador 416 para generar la suma de las frecuencias que pasan a través del filtro de paso de banda 415. En algunas realizaciones, el resultado final de la tercera etapa de procesamiento 625 puede producir una salida del amplificador 416 que sea una suma de frecuencias por debajo de 500 Hz.

55 En algunas realizaciones, la tercera etapa de procesamiento 625 también puede incluir la rectificación de la señal de salida del filtro de paso de banda 415, debido a que el acelerómetro 402 puede producir una señal de CA (corriente alterna), mientras que la CC (corriente continua) puede ser más deseable para el procesamiento adicional de la señal. El amplificador 416 puede convertir la señal de CA en una señal de CC para suavizar el perfil de sonido, aunque en la señal puede quedar un chasquido debido a la naturaleza discontinua del ruido. La rectificación puede producirse utilizando técnicas conocidas, tal como el uso de una señal de media cuadrática (RMS) o una señal de detección de pico para promediar la potencia de la señal de CA y traducirla a una señal de CC con la potencia promedio correspondiente.

60 Una cuarta etapa de procesamiento 627 incluye promediar la señal durante un período de tiempo. En algunas realizaciones, puede utilizarse el filtro de promediación 418 para realizar la cuarta etapa de procesamiento 627. En

algunas realizaciones, el filtro de promediación 418 puede ser un circuito integrador. La cuarta etapa de procesamiento 627 se utiliza para suavizar la salida de la señal eléctrica después de realizar la tercera etapa de procesamiento 625. En algunas realizaciones, el ruido generado por el cojinete puede incluir frecuencias esporádicas ya que la acción de machaque y de choques de los elementos de rodadura entre sí para producir las ondas de sonido no sería necesariamente constante. La naturaleza esporádica del ruido se describe más adelante respecto a la figura 9. La cuarta etapa de procesamiento 627 da como resultado un suavizado de la señal eléctrica producida por la tercera etapa de procesamiento 625, tal como promediando la señal eléctrica durante un período de tiempo de por lo menos un segundo. En algunas realizaciones, el período de tiempo del promedio en la cuarta etapa de procesamiento 627 puede ser de uno a dos segundos. En otras realizaciones, tal como será evidente para los expertos en la materia, el período de tiempo puede ser inferior a un segundo o superior a dos segundos. La cuarta etapa de procesamiento 627 produce un valor de CC representativo del ruido emitido desde el cojinete.

La magnitud de la señal corresponde al nivel de sonido de las frecuencias generadas por los cojinetes desgastados. La magnitud de la señal aumenta a medida que las frecuencias generadas por los cojinetes desgastados aumentan o se vuelven más altas. Estas frecuencias aumentan a medida que los cojinetes se desgastan. La magnitud de la señal puede compararse con un valor umbral predeterminado para determinar si el cojinete está lo suficientemente desgastado y debe realizarse un mantenimiento o sustitución. En algunas realizaciones, la magnitud en bruto de la señal puede proporcionar información falsa debido a que los ruidos fuertes momentáneos del cojinete, como cuando un elemento de rodadura podría golpear un cojinete adyacente, pueden exceder el umbral predeterminado, incluso aunque el cojinete no esté lo suficientemente desgastado como para justificar el mantenimiento o sustitución. Por lo tanto, la cuarta etapa de procesamiento 627 puede incluir disposiciones para eliminar excursiones en la señal. En algunas realizaciones, la cuarta etapa de procesamiento 627 incluye encontrar un polinomio de ajuste óptimo para representar el valor de la señal durante un período de tiempo. En algunas realizaciones, la cuarta etapa de procesamiento 627 incluye encontrar una línea de ajuste óptimo.

La quinta etapa de procesamiento 629 toma la señal de salida de la cuarta etapa de procesamiento 627 y convierte la señal de una señal eléctrica transmitida por tensión a una señal eléctrica transmitida por corriente. En algunas realizaciones, el convertidor de V a I 420 se utiliza para ejecutar la quinta etapa de procesamiento 629. En algunas realizaciones, la quinta etapa de procesamiento 629 da como resultado la conversión de una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente de 1 a 20 mA. En algunas realizaciones, la quinta etapa de procesamiento 629 da como resultado la conversión de una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transportada por corriente de 1 a 10 mA. En algunas realizaciones, la quinta etapa de procesamiento 629 da como resultado la conversión de una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente de 4 a 20 mA.

Una vez que la señal ha sido procesada de acuerdo con la segunda etapa 604, el procedimiento 600 pasa a analizar la señal procesada en la tercera etapa 606. En algunas realizaciones, la tercera etapa 606 la puede ejecutar la parte local 120. En otras realizaciones, la tercera etapa 606 la puede ejecutar el sistema remoto 122. El análisis de la señal incluye la comparación del valor de la señal con un umbral predeterminado o un estado preseleccionado utilizando cualquier algoritmo de comparación conocido. El umbral predeterminado o el estado preseleccionado pueden almacenarse en la memoria asociada al sistema de monitorización remoto 122. En algunas realizaciones, la comparación implica comparar el valor de línea de ajuste óptimo con el umbral predeterminado o estado preseleccionado. En algunas realizaciones, la comparación implica comparar la pendiente de la línea de ajuste óptimo con el umbral predeterminado. En algunas realizaciones, el umbral predeterminado puede incluir un período de tiempo durante el cual la pendiente de la línea ideal es consistentemente positiva. Tal como será evidente para los expertos en la materia, una pendiente positiva o ascendente de la línea de ajuste óptimo indica que los sonidos de los cojinetes desgastados están aumentando, es decir, que los cojinetes se están desgastando más.

En una cuarta etapa 607, la señal se transmite desde la parte local 120 al sistema remoto 122. En algunas disposiciones, la señal transmitida incluye la salida de datos sin procesar del acelerómetro 402. En algunas disposiciones, la señal transmitida incluye la salida de señal del filtro de promediación 418. En algunas disposiciones, la señal transmitida incluye la salida de señal del convertidor de V a I 420. En algunas realizaciones, la señal transmitida incluye combinaciones de la salida de datos sin procesar del acelerómetro 402, la salida de la señal del filtro de promediación 418 y la señal salida del convertidor de V a I 420. En algunas realizaciones, la señal se promedia y el polinomio de ajuste óptimo se determina antes de que se transmita la señal. En otras realizaciones, la señal se promedia y el polinomio de ajuste óptimo se determina después de que se transmita la señal.

La señal puede transmitirse utilizando cualquier procedimiento conocido en la técnica y utilizando cualquier protocolo de transmisión conocido. Tal como se ha descrito anteriormente, la señal puede prepararse para su transmisión por un módem tal como el módem 410. Además, la señal puede transmitirse de manera inalámbrica a través de una antena de línea 408. En otras realizaciones, la señal puede transmitirse a través de un cable. En algunas realizaciones, la señal se transmite al sistema remoto 122 utilizando una red, tal como una red de telecomunicaciones o Internet.

En una quinta etapa 608, el procedimiento proporciona un punto de decisión. Si el valor de la señal medida es menor que el umbral predeterminado o no coincide con un estado preseleccionado, entonces el procedimiento regresa a la primera etapa 602 y continúa midiendo las vibraciones del cojinete. Si el valor de la señal medida es igual o mayor que el umbral predeterminado, entonces el procedimiento se mueve a una sexta etapa 609.

En la sexta etapa 609 se indica mantenimiento. La indicación de mantenimiento se produce en el sistema de monitorización remoto 122. La indicación puede ser cualquier tipo de señal o dispositivo capaz de proporcionar información al monitor de que se ha alcanzado el umbral predeterminado. En algunas realizaciones, una pantalla, tal como la pantalla 124, puede proporcionar una indicación visual, tal como una pantalla o parte de una pantalla parpadeante, puede añadirse un icono de alarma a la pantalla y/o puede cambiarse el color de la pantalla. En algunas realizaciones, puede activarse un sonido, tal como una alarma conectada a unos altavoces asociados al sistema de monitorización remoto 122. En algunas realizaciones, puede enviarse un correo electrónico, un mensaje de texto o un mensaje instantáneo a una lista de distribución almacenada.

Las figuras 8-12 muestran una realización de la implementación del procedimiento mostrado en las figuras 6 y 7 utilizando los componentes del sistema mostrado en las figuras 1-5 para ilustrar los sistemas y procedimientos descritos anteriormente. Si bien se presentan a continuación frecuencias, datos, y otros detalles específicos, en otras realizaciones, los detalles específicos pueden ser distintos para adaptarse a diferentes tipos de sistemas de bajas RPM y diferentes tipos de cojinetes, tal como será evidente para los expertos en la materia.

Las figuras 8-10 muestran una realización de un sistema de monitorización remoto en uso con un sistema de transportador en espiral de bajas RPM, mientras que el cojinete inferior del sistema transportador en espiral todavía es bueno. Un primer elemento de rodadura 802 es adyacente a un segundo elemento de rodadura 804. Debido a que el sistema es un sistema de bajas RPM, se trata en algunos casos de un sistema que gira a menos de 10 RPM. Tanto el primer elemento de rodadura 802 como el segundo elemento de rodadura 804 están sin desgastar, aunque, debido a las tolerancias de fabricación, existen imperfecciones en las superficies del primer elemento de rodadura 802 y el segundo elemento de rodadura 804. Por lo tanto, cuando el primer elemento de rodadura 802 y el segundo elemento de rodadura 804 rozan uno contra el otro a medida que un motor (no mostrado) hace girar un eje (mostrado en la figura 1), las imperfecciones menores en el primer elemento de rodadura 802 y el segundo elemento de rodadura 804 generan vibraciones de ruido 806. La magnitud de las frecuencias de las imperfecciones del cojinete, entre 5 y 500 Hz, es relativamente baja ya que el cojinete sigue siendo bueno.

Un acelerómetro, tal como el acelerómetro 402, como parte de una parte acoplada, tal como la parte local 120 descrita anteriormente, puede estar configurado para detectar frecuencias entre 0,5 Hz y 15.000 Hz, medir vibraciones de ruido 806, y generar una señal eléctrica que lleve la información de vibración de ruido. Esa información de vibración de ruido se envía a un chip de procesamiento, tal como el chip de procesamiento 404, tal como se ha descrito anteriormente. La señal que lleva la información de vibración de ruido se procesa de acuerdo con el procedimiento 604 descrito anteriormente para convertir la señal de una señal de CA que lleva todas las frecuencias de ruido entre 0,5 Hz y 15.000 Hz a una señal de CC que lleva sólo esas frecuencias entre 5 Hz y 500 Hz. El chip de procesamiento 404 incluye un filtro de paso de banda tal como el filtro de paso de banda 415 para eliminar las frecuencias fuera del rango seleccionado de frecuencias esperadas de los cojinetes desgastados. En esta realización, las frecuencias esperadas se encuentran entre 5 Hz y 500 Hz. El chip de procesamiento 404 también incluye un amplificador/rectificador tal como el amplificador 416 descrito anteriormente. El amplificador tiene una ganancia para aumentar la intensidad de la señal entre 30 y 300 veces para mejorar la relación señal/ruido. El amplificador también incluye un rectificador para convertir la señal de CA a CC. El chip de procesamiento 404 también incluye un filtro de promediación tal como el filtro de promediación 418 descrito anteriormente. El filtro de promediación suaviza la salida del amplificador promediándolo durante un período de tiempo de por lo menos un segundo. El filtro de promediación también puede encontrar un polinomio de ajuste óptimo o una línea de ajuste óptimo para simplificar los datos para el análisis. El chip de procesamiento 404 también incluye un convertidor de tensión a corriente tal como el convertidor V a I 420 descrito anteriormente.

En la figura 12 se muestra una disposición de un ajuste de los datos sin procesar de la señal a un polinomio (no los datos mostrados en las figuras 8-10). Puede aplicarse un análisis de regresión a los datos, tal como el método de mínimos cuadrados. Dichos análisis son bien conocidos por los expertos en la materia. Para los datos promediados mostrados en la figura 12, por ejemplo, se eliminan las fluctuaciones en los datos y se ajustan al siguiente polinomio con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0,5419$ :

$$Y = 0,0023x^2 - 0,0428x + 2,0063$$

El método de mínimos cuadrados es sólo una técnica apropiada para encontrar una línea que se ajuste a los datos adquiridos. Tal como sabrán los expertos en la materia, pueden emplearse otros tipos de técnicas de ajuste de línea para encontrar un polinomio o una línea que se ajuste a los datos.

La salida del chip de procesamiento 404 se transmite a un sistema de monitorización remoto tal como el sistema de monitorización remoto 122 a través de una red, tal como la red 121 descrita anteriormente. Una vez en el sistema de monitorización remoto 122, el sistema de monitorización remoto 122 compara la señal con el umbral predeterminado/estado preseleccionado para determinar si el cojinete está lo suficientemente desgastado para recibir mantenimiento y/o sustitución. El sistema de monitorización remoto 122 puede contener una memoria para almacenar los datos recibidos. El sistema de monitorización remoto 122 puede recibir un flujo continuo de información desde la parte local 120, o el sistema de monitorización remoto 122 puede recibir ráfagas periódicas de información desde la parte local 120, tal como una vez al día. Independientemente de la frecuencia con la que se transmita la información, el sistema de monitorización remoto 122 puede producir una imagen gráfica alterando los píxeles en una pantalla, tal como la pantalla 124, de la información recibida a lo largo del tiempo, tal como se muestra en la figura 8.

La pantalla 124 puede mostrar una imagen de datos sin procesar 810. Los datos sin procesar 811, los cuales se muestran con mayor detalle en la figura 9, los produce la parte local 120 y los recibe el sistema de monitorización remoto durante un período de tiempo, de T1 a T10, que pueden ser minutos, horas, días, meses o cualquier otro intervalo seleccionado por un usuario del sistema. En esta realización, T1 a T10 es un período de varios días. Los picos y valles de los datos sin procesar 811 reflejan la generación de ruido intermitente del primer elemento de rodadura 802 y del segundo elemento de rodadura 804.

Algunos picos, tal como el pico 813, exceden un umbral de alarma 812, que es el umbral predeterminado/estado preseleccionado que debería hacer que el sistema indique el mantenimiento del cojinete de bajas RPM. Sin embargo, la tendencia general de los datos está muy por debajo del umbral de alarma 812. Para evitar falsos positivos y posteriores paradas innecesarias por mantenimiento y/o costes asociados a la sustitución de piezas antes de que finalice la vida útil de la pieza, se determina un polinomio de ajuste óptimo, tal como una línea, para ajustar datos sin procesar 811. La línea de ajuste óptimo 817 se muestra en una pantalla 124 tal como se muestra en la figura 8.

La línea de ajuste óptimo 817 se muestra con mayor detalle en la figura 10. Cuando se elimina el aspecto fluctuante e inestable de los datos sin procesar 811 debido a la naturaleza intermitente del ruido generado por el cojinete, la tendencia de los datos se aprecia más claramente. La línea de ajuste óptimo 817 sigue estando muy por debajo del umbral de alarma 812, por lo que no se garantiza ninguna indicación de mantenimiento.

En algunas realizaciones, en lugar de un umbral predeterminado, tal como el umbral de alarma 812, el sistema está programado para indicar mantenimiento cuando surge un estado preseleccionado en los datos. En algunas disposiciones, este estado preseleccionado puede ser la pendiente de la línea de ajuste óptimo, tal como la línea de ajuste óptimo 817. Si la pendiente de la línea de ajuste óptimo 817 excede un límite de inclinación, el cojinete puede desgastarse a un ritmo suficiente para justificar inspección y/o mantenimiento. Si la pendiente de la línea de ajuste óptimo 817 es positiva durante un período de tiempo, es posible que el cojinete se esté desgastando a un ritmo suficiente para justificar inspección y/o mantenimiento. Tal como se muestra en la figura 10, no se ha cumplido ninguna de estas condiciones, ya que la pendiente de la línea de ajuste óptimo 817 no es pronunciada y la pendiente no es positiva durante un período de tiempo prolongado.

Con el tiempo, los cojinetes del sistema se desgastan. La figura 11 muestra un primer cojinete desgastado 902 y un segundo cojinete desgastado 904. El primer cojinete desgastado 902 y el segundo cojinete desgastado 904 presentan partes significativamente desgastadas, tales como la parte desgastada 901. Dado que el primer cojinete desgastado 902 y el segundo cojinete desgastado generan vibraciones de ruido de mayor magnitud 906, ésta es mayor que las vibraciones de ruido 806 dado que las partes desgastadas 901 generan más ruido que las superficies lisas. Tal como se ha descrito anteriormente respecto a la figura 8, un acelerómetro, tal como el acelerómetro 402 detecta vibraciones de mayor magnitud 906 y genera una señal eléctrica que lleva la información de vibración. Esa señal eléctrica que lleva la información de vibración se procesa de acuerdo con el procedimiento 604 descrito anteriormente por medio de un chip de procesamiento tal como el chip de procesamiento 404 para producir una señal de CC promediada que sólo lleva esas frecuencias de vibración entre 5 Hz y 500 Hz. La señal puede ajustarse de manera óptima en un polinomio.

La salida del chip de procesamiento 404 se transmite nuevamente a un sistema de monitorización remoto, tal como el sistema de monitorización remoto 122, a través de una red, tal como la red 121 descrita anteriormente. Una vez en el sistema de monitorización remoto 122, el sistema de monitorización remoto 122 compara la señal con el umbral predeterminado/estado preseleccionado para determinar si el cojinete está lo suficientemente desgastado para recibir mantenimiento y/o sustitución. La parte local 120 y/o el sistema de monitorización remoto 122 pueden contener una memoria para almacenar los datos recibidos. El sistema de monitorización remoto 122 puede recibir un flujo continuo de información desde la parte local 120, o el sistema de monitorización remoto 122 puede recibir ráfagas periódicas de información desde la parte local 120, tal como una vez al día. Independientemente de la

frecuencia con la que se transmita la información, el sistema de monitorización remoto 122 puede producir una imagen gráfica alterando los píxeles en una pantalla, tal como la pantalla 124, de la información recibida a lo largo del tiempo, tal como se muestra en la figura 11.

5 La pantalla 124 puede mostrar una imagen de datos sin procesar de más ruido (louder raw data) 910. Los datos sin procesar de más ruido (louder raw data) 911 los produce la parte local 120 y los recibe el sistema de monitorización remoto durante un período de tiempo, de T1 a T10, que puede ser minutos, horas, días, meses o cualquier otro intervalo seleccionado por un usuario del sistema. En esta realización, T1 a T10 es un período de varios días. Los picos y valles de datos sin procesar más altos 911 reflejan la generación de ruido intermitente del primer cojinete desgastado 902 y el segundo cojinete desgastado 904.

10 A diferencia de los datos sin procesar 811, una cantidad de picos de datos sin procesar de más ruido 911 exceden un umbral de alarma 912, que es el umbral predeterminado/estado preseleccionado que debería hacer que el sistema indique el mantenimiento del cojinete de bajas RPM. La tendencia general de los datos, tal como se refleja en la segunda línea de ajuste óptimo 917, excede constantemente el umbral de alarma 912 después del tiempo T7. Como tal, el sistema activará una notificación, tal como una indicación visual, un sonido, un correo electrónico, un mensaje de texto o un mensaje instantáneo a una lista de distribución, o cualquier otro tipo de notificación que pueda generarse automáticamente mediante un ordenador u otro tipo de unidad de procesamiento.

15 Una ventaja de tener un control remoto del cojinete es que el sistema de monitorización de dos partes permite un fácil reajuste de los sistemas existentes. La instalación de un paquete de sensores de la parte unida como la parte local 120 a una superficie exterior de una carcasa de cojinete es una operación simple y de bajo coste de mano de obra. Además, debido a que la parte local 120 está configurada para detectar ruido y no vibraciones de la carcasa, la parte local 120 puede ser buena para la medición de vibraciones de ruido de cojinetes de varios tipos y de configuraciones diferentes. Por lo tanto, el sistema de monitorización no depende del cojinete o del sistema transportador, por lo que el sistema de monitorización puede utilizarse con éxito con un gran número de sistemas diferentes.

20 Otra ventaja del sistema de monitorización remoto es que a se le puede proporcionar conocimientos un monitor de la instalación, calibración y uso del sistema. Debido a las diferencias de cojinetes, velocidades, y condiciones ambientales, las frecuencias generadas por un cojinete particular a medida que los cojinetes se desgastan puede variar de un conjunto genérico esperado de frecuencias de cojinetes desgastados. Cuando se instala una parte acoplada tal como la parte local 120 en un sistema de bajas RPM, el monitor puede revisar los datos de entrada durante un período de tiempo para determinar las frecuencias de desgaste del cojinete. Después, el monitor puede utilizar esa información para calibrar el sistema, por ejemplo, determinando qué frecuencias filtrar y qué tipo de umbral o condición establecer. Además, el monitor puede tener conocimientos sobre los tipos de cojinetes y sistemas de bajas RPM que podrían estar monitoreando los sistemas de monitorización remoto. Estos conocimientos pueden ayudar a seleccionar las frecuencias a filtrar y el tipo de umbral o estado a establecer para activar la notificación. Debido a que la formación de un monitor puede ser costosa, puede ser rentable para la compañía que utiliza el sistema de bajas RPM la externalización las tareas del monitor a un especialista.

30 Aunque se han descrito varias realizaciones de la invención, la descripción pretende ser un ejemplo, en lugar de limitarse, y será claro para los expertos en la materia que son posibles muchas más disposiciones e implementaciones que se encuentren dentro del alcance de la invención. Por consiguiente, la invención no debe restringirse excepto a la luz de las reivindicaciones adjuntas. También, pueden realizarse varias modificaciones y cambios dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Componente (120) de un sistema adaptado para la detección anticipada de fallo en cojinetes de un cojinete (101) que gira entre aproximadamente 0,1 RPM y aproximadamente 10,0 RPM, en el que el cojinete está incorporado en un mecanismo transportador (100), y el cojinete (101) tiene una parte exterior (304), una parte interior (302), y una parte intermedia (306) que separa la parte exterior (304) de la parte interior (302), comprendiendo el componente:
- 5 una parte de acelerómetro (402) configurada para detectar una vibración del cojinete, en el que la parte de acelerómetro (402) está configurada para detectar frecuencias entre aproximadamente 0,5 Hz y aproximadamente 15.000 Hz y en el que parte de acelerómetro (402) envía una señal eléctrica de corriente alterna;
- 10 una parte de filtrado de frecuencia (415) configurada para pasar componentes de frecuencia de una señal eléctrica inferiores a aproximadamente 500 Hz y configurada para rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica superiores a aproximadamente 500 Hz; y
- 15 una parte de conversión de CA a CC (416) configurada para rectificar la señal eléctrica de corriente alterna a una señal eléctrica de corriente continua,
- 20 en el que el componente (120) comprende, además, una parte de filtro de promediación (418) que está configurada para suavizar la señal eléctrica obtenida de la parte de conversión de CA a CC (416) promediando la señal eléctrica durante un período de tiempo predeterminado;
- 25 en el que el componente (120) está configurado para procesar la señal de salida de la parte de acelerómetro (402) a través de la parte de filtrado de frecuencia (415), la parte de conversión de CA a CC (416) y la parte de filtro de promediación (418) y para transmitir la señal eléctrica derivada de la parte de filtro de promediación.
2. Componente (120) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la salida del acelerómetro (402) está conectada a una entrada de la parte de filtrado de frecuencia (415), y una salida de la parte de filtrado de frecuencia (414) está conectada a una entrada de la parte de conversión de CA a CC (416), y/o
- 30 en el que la parte de filtrado de frecuencia (415) está configurada para rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica de menos de aproximadamente 5 Hz, pasar componentes de frecuencia de la señal eléctrica entre aproximadamente 5 Hz y aproximadamente 500Hz, y rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica de más de aproximadamente 500 Hz, y/o
- 35 en el que la señal eléctrica de corriente continua se selecciona de un grupo que consiste en (a) una señal de RMS derivada de la señal eléctrica de corriente alterna y (b) una señal de pico detectada derivada de la señal eléctrica de corriente alterna.
3. Componente de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el componente comprende, además, una parte de amplificador (416) configurada para amplificar señales eléctricas por una ganancia predeterminada, preferiblemente una ganancia entre aproximadamente 30 y aproximadamente 300, más preferiblemente el componente está configurado para procesar adicionalmente la salida del acelerómetro a través de la parte del amplificador, más preferiblemente el componente incluye uno o más elementos que implementan por
- 40 menos parte de la parte de conversión de CA a CC y la parte de amplificador.
- 45 4. Componente de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la parte de filtro de promediación está configurada para suavizar una señal eléctrica, preferiblemente durante un período de tiempo de por lo menos un segundo, y/o en el que el componente comprende, además, una parte de amplificador, y una entrada de la parte de filtro de promediación está conectada a una salida seleccionada de un grupo que consiste en (1) una salida de la parte de conversión de CA a CC, y (2) una salida de la parte de amplificador.
- 50 5. Componente de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el componente comprende, además, una parte de conversión de tensión a corriente configurada para convertir una señal eléctrica transmitida por tensión en una señal eléctrica transmitida por corriente, en particular a una señal eléctrica transmitida por corriente de 1 a 10 mA, de 1 a 20 mA, o de 4-20 mA, preferiblemente el componente está configurado para procesar adicionalmente la salida del acelerómetro a través de la parte de conversión de tensión a corriente, y en el que preferiblemente una salida de la parte de filtro de promediación está conectada a una entrada de la parte de conversión de tensión a corriente.
- 55 6. Componente de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el componente incluye una entrada de un indicador de alarma, y en el que el componente incluye, además, una parte de alarma configurada para establecer una alarma en base a la entrada del indicador de alarma.
- 60 7. Sistema (100) para detección anticipada de fallo en cojinetes para un cojinete (101) que gira a bajas RPM, estando incorporado el cojinete (101) en un mecanismo transportador, y presentando el cojinete (101) una parte

- exterior (304), una parte interior (302), y una parte intermedia (306) que separa la parte exterior (304) de la parte interior (302), comprendiendo el sistema el componente (120) de una de las reivindicaciones anteriores,
- 5 en el que la parte de acelerómetro (402) está posicionada cerca del cojinete (101), en el que la parte de acelerómetro (402) está configurada para detectar una vibración del cojinete (101);
- estando configurada la parte de conversión de CA a CC (416) para convertir una señal eléctrica de corriente alterna en una señal eléctrica de corriente continua que contiene información relativa a un estado del cojinete (101);
- 10 en el que el sistema (100) comprende, además
- un transmisor (410) asociado a la parte de conversión de CA a CC (416);
- 15 un dispositivo de monitorización remoto (122), en el que el dispositivo de monitorización remoto (122) está configurado para recibir del transmisor (410) la información relativa al estado del cojinete (101); y
- un dispositivo de advertencia asociado al dispositivo de monitorización remoto (122), en el que el dispositivo de advertencia está configurado para indicar cuándo la información recibida por el dispositivo de monitorización remoto (122) excede un umbral predeterminado.
- 20 8. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la parte intermedia (306) del cojinete (101) incluye por lo menos un elemento de rodadura, y/o
- en el que el mecanismo transportador es un mecanismo transportador en espiral, y/o
- 25 en el que el mecanismo transportador es para procesamiento de alimentos, y/o
- en el que la parte de acelerómetro (402) está sujeta a la parte exterior (304) del cojinete (101), y/o
- en el que la parte exterior (304) es una carcasa.
9. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en el que las frecuencias de vibración que se detectan a través de la parte de acelerómetro (402) son frecuencias de sonido emitidas por un cojinete que gira entre aproximadamente 0,1 RPM y aproximadamente 10,0 RPM.
- 30 10. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el sistema comprende, además, una parte de filtro de paso alto (412) configurada para rechazar componentes de frecuencia de la señal eléctrica menores que una frecuencia de paso alto y configurada para pasar componentes de frecuencia de la señal eléctrica mayores que la frecuencia de paso alto, preferiblemente la frecuencia de paso alto es de aproximadamente 5 Hz.
- 35 11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que tanto la parte de filtro de paso bajo (414) como la parte de filtro de paso alto están incorporadas en un filtro de paso de banda.
- 40 12. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, en el que el sistema incluye uno o más elementos que implementan al menos parte de la parte de conversión de CA a CC y la parte de amplificador de la reivindicación 3.
- 45 13. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 12, en el que el dispositivo de monitorización remoto (122) comprende una parte de ajuste polinómica configurada para adquirir una pluralidad de valores para un parámetro de una señal eléctrica durante un período de tiempo y configurada para determinar un polinomio que mejor se ajusta a la pluralidad de valores en el periodo de tiempo, o
- 50 en el que el dispositivo de monitorización remoto comprende una parte de ajuste lineal configurada para adquirir una pluralidad de valores para un parámetro de una señal eléctrica durante un período de tiempo y configurada para determinar una línea que mejor se ajusta a la pluralidad de valores en el período de tiempo, preferiblemente el dispositivo de alerta está configurado para indicar cuándo una pendiente de la línea alcanza una pendiente umbral predeterminada.
- 55 14. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 13, en el que el dispositivo de monitorización remoto comprende una parte de visualización configurada para visualizar la pluralidad de valores a lo largo del período de tiempo.
- 60 15. Procedimiento para detección anticipada de fallo en cojinetes para un cojinete que gira entre aproximadamente 0,1 RPM y aproximadamente 10,0 RPM, estando incorporado el cojinete en un mecanismo transportador, y presentando el cojinete una parte exterior, una parte interior, y una parte intermedia que separa la parte exterior de la parte interior, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

colocar un acelerómetro para detectar una vibración del cojinete, estando configurado el acelerómetro para detectar frecuencias de entre aproximadamente 0,5 Hz y aproximadamente 15.000 Hz, y presentando el acelerómetro una salida de corriente alterna;

5 filtrar la salida del acelerómetro a través de un filtro de paso bajo configurado para rechazar frecuencias superiores a 500 Hz;

rectificar la salida del acelerómetro a través de un convertidor de CA a CC configurado para convertir una señal eléctrica de corriente alterna en una señal eléctrica de corriente continua; y

10 suavizar la salida del convertidor de CA a CC promediando una señal eléctrica durante un período de tiempo predeterminado; comprendiendo el procedimiento, además, la etapa de transmitir a un dispositivo de monitorización remoto la salida derivada de la etapa de suavizar.

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende, además, una etapa de filtrar la salida del acelerómetro a través de un filtro de paso alto configurado para rechazar frecuencias inferiores a 5 Hz, y/o

15 comprendiendo, además, una etapa de amplificar la salida del acelerómetro por un factor de ganancia entre aproximadamente 30 y aproximadamente 300, y/o

en el que, en la etapa de suavizar la salida del amplificador, se toma un promedio durante un período de tiempo de por lo menos un segundo, y/o

20 comprendiendo, además, una etapa de convertir la salida del acelerómetro en una señal eléctrica transmitida por corriente de 4 a 20 mA.

17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, que comprende, además, las etapas de:

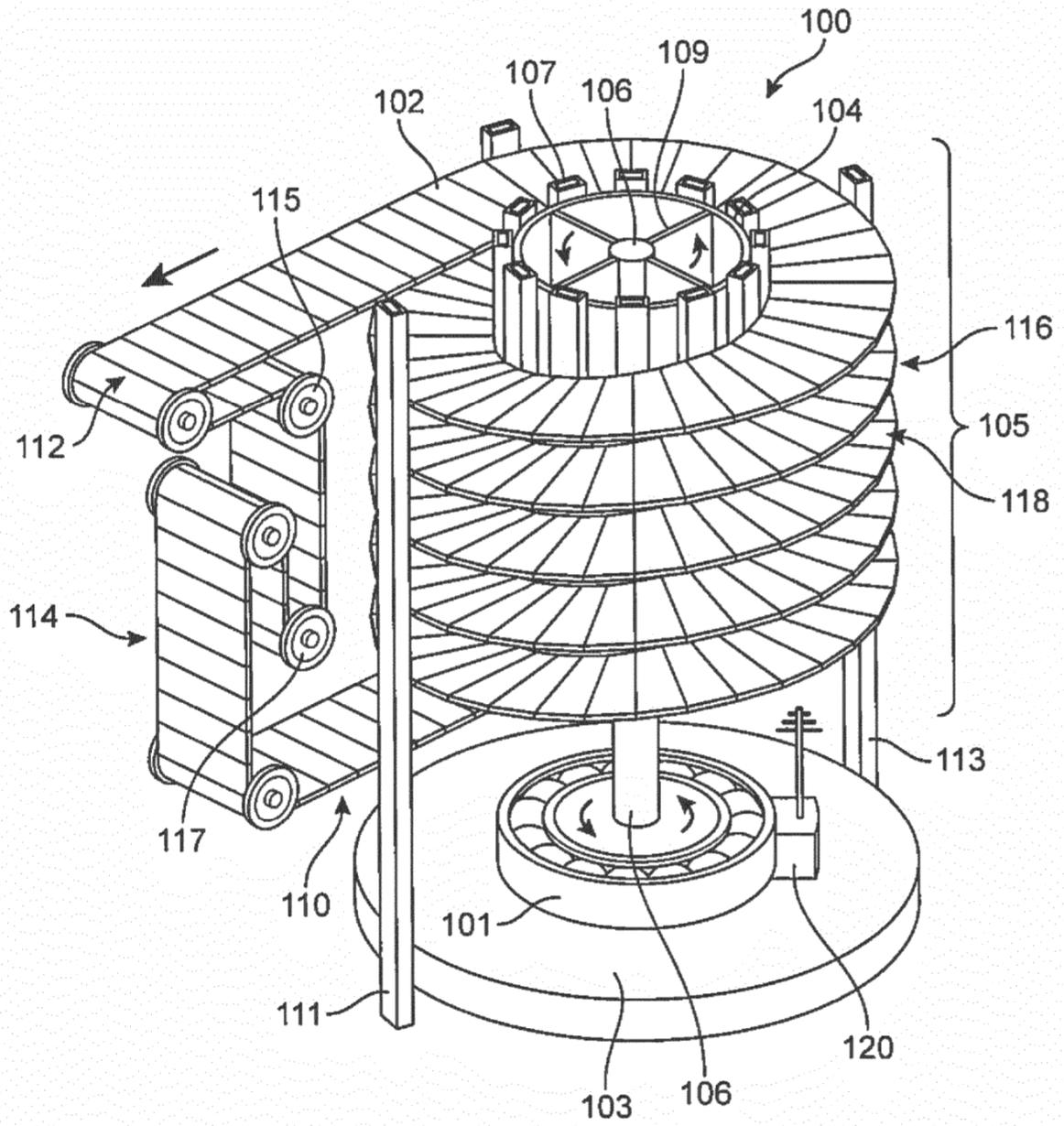
adquirir una pluralidad de valores para un parámetro de la salida del acelerómetro durante un período de tiempo; y

determinar una línea que mejor se ajusta a la pluralidad de valores en el período de tiempo,

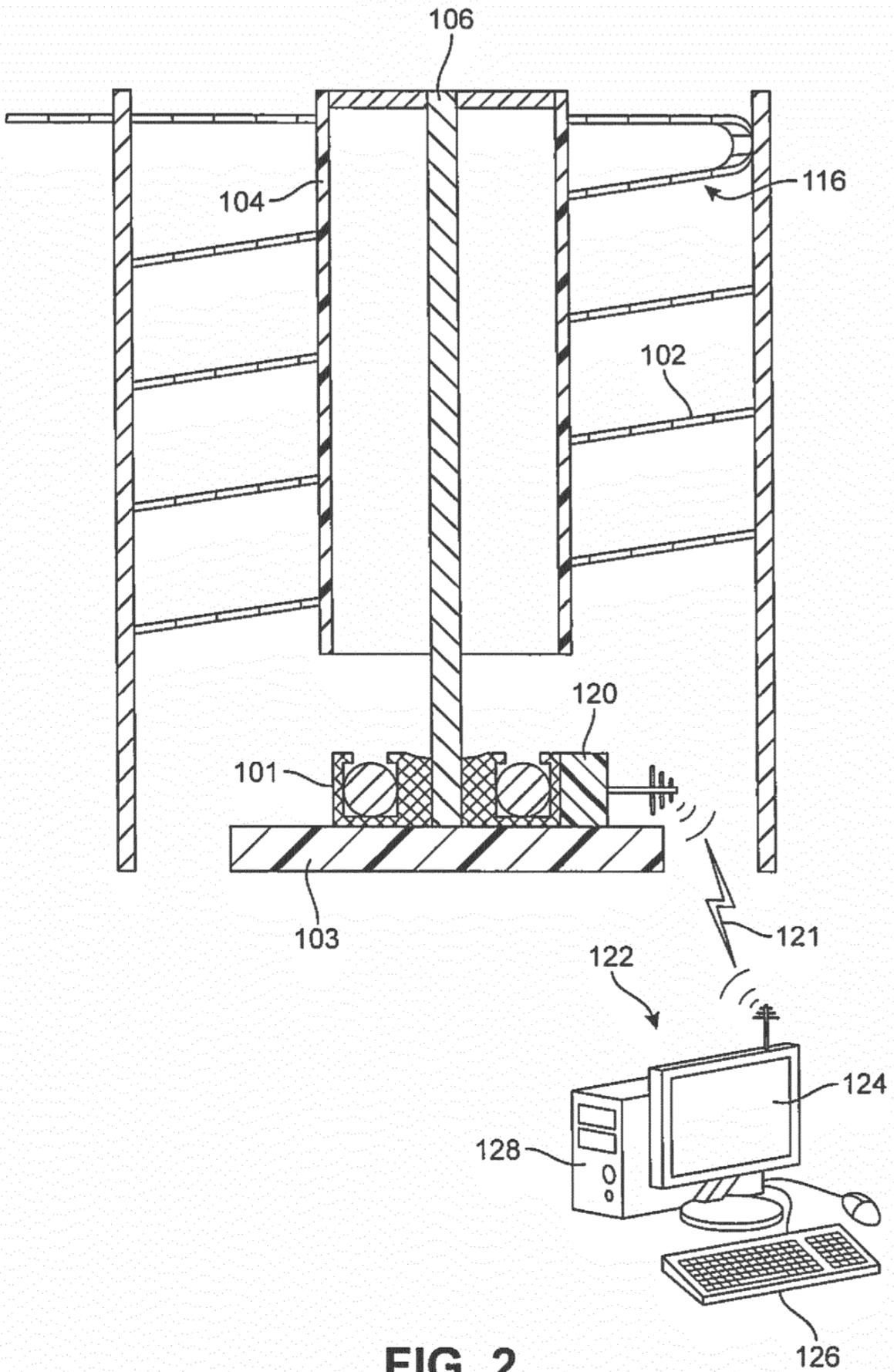
25 comprendiendo, en particular, una etapa para activar una alarma cuando se da una condición, seleccionándose la condición de un grupo que consiste en (a) la línea que alcanza un valor umbral predeterminado, y (b) la línea que alcanza una pendiente de umbral predeterminado.

18. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 17, en el que el acelerómetro está sujeto a la parte exterior del cojinete, y/o en el que la parte intermedia del cojinete incluye por lo menos una bola.

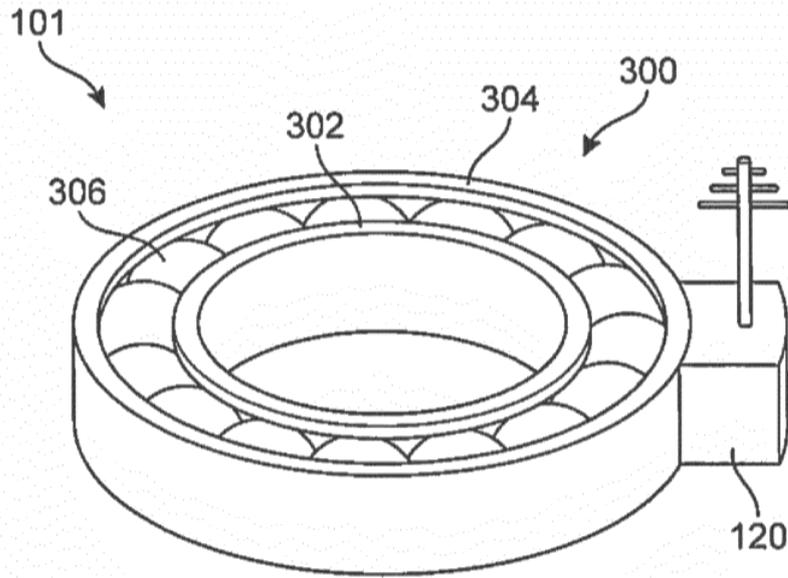
30



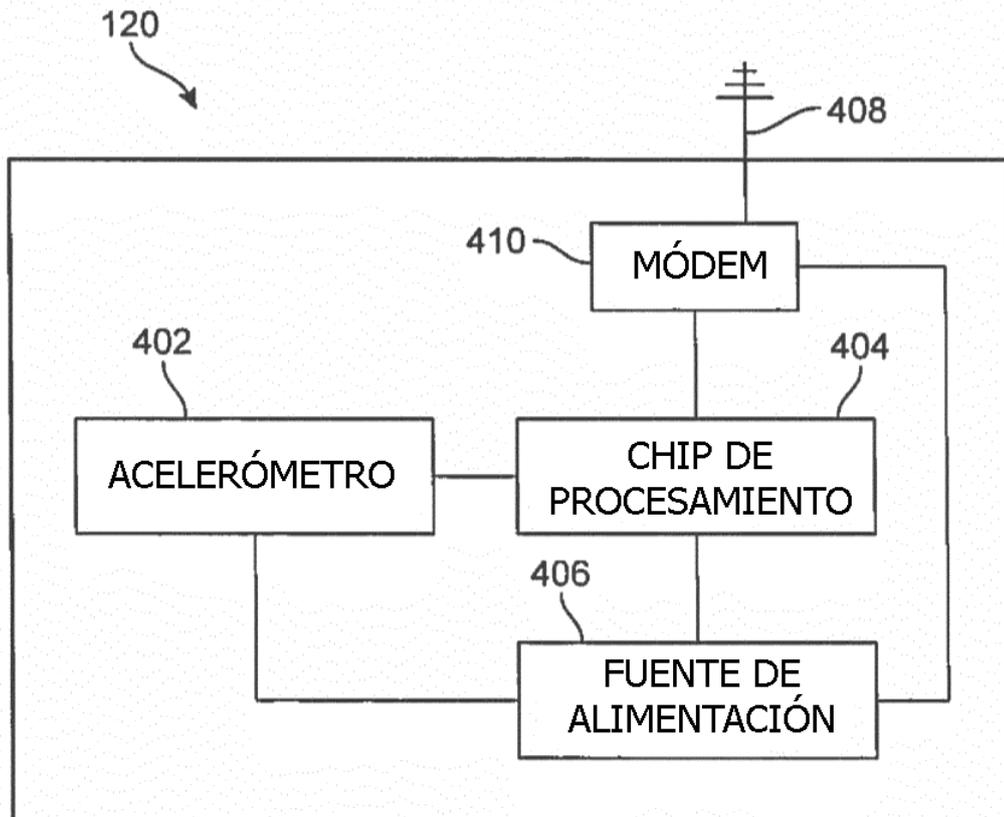
**FIG. 1**



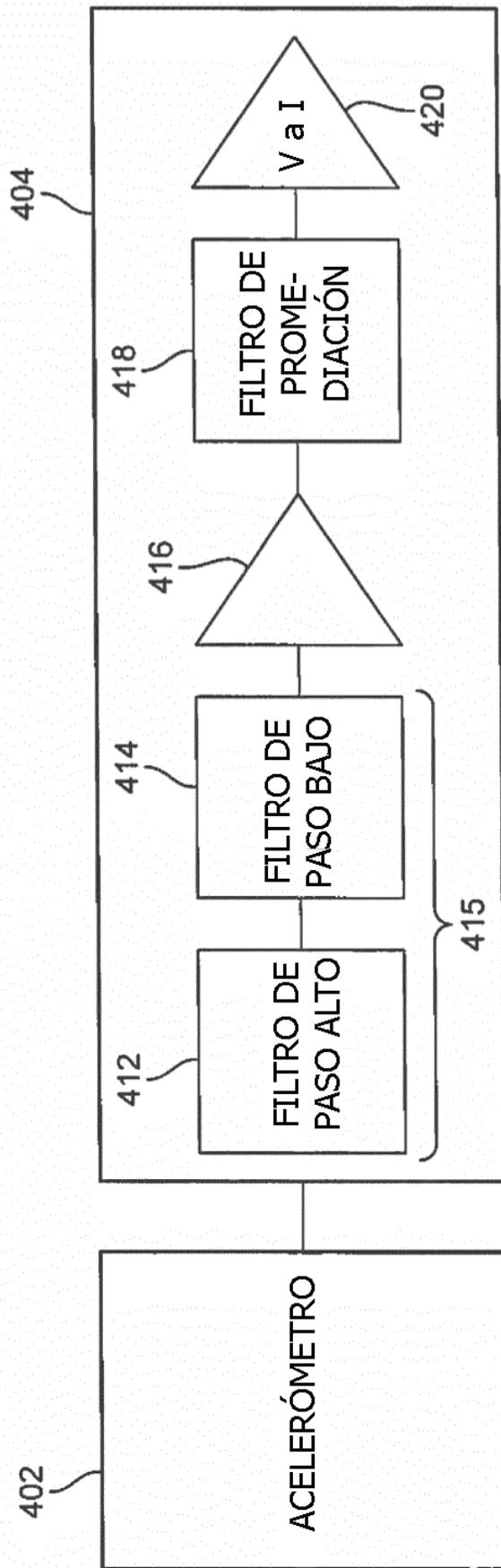
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

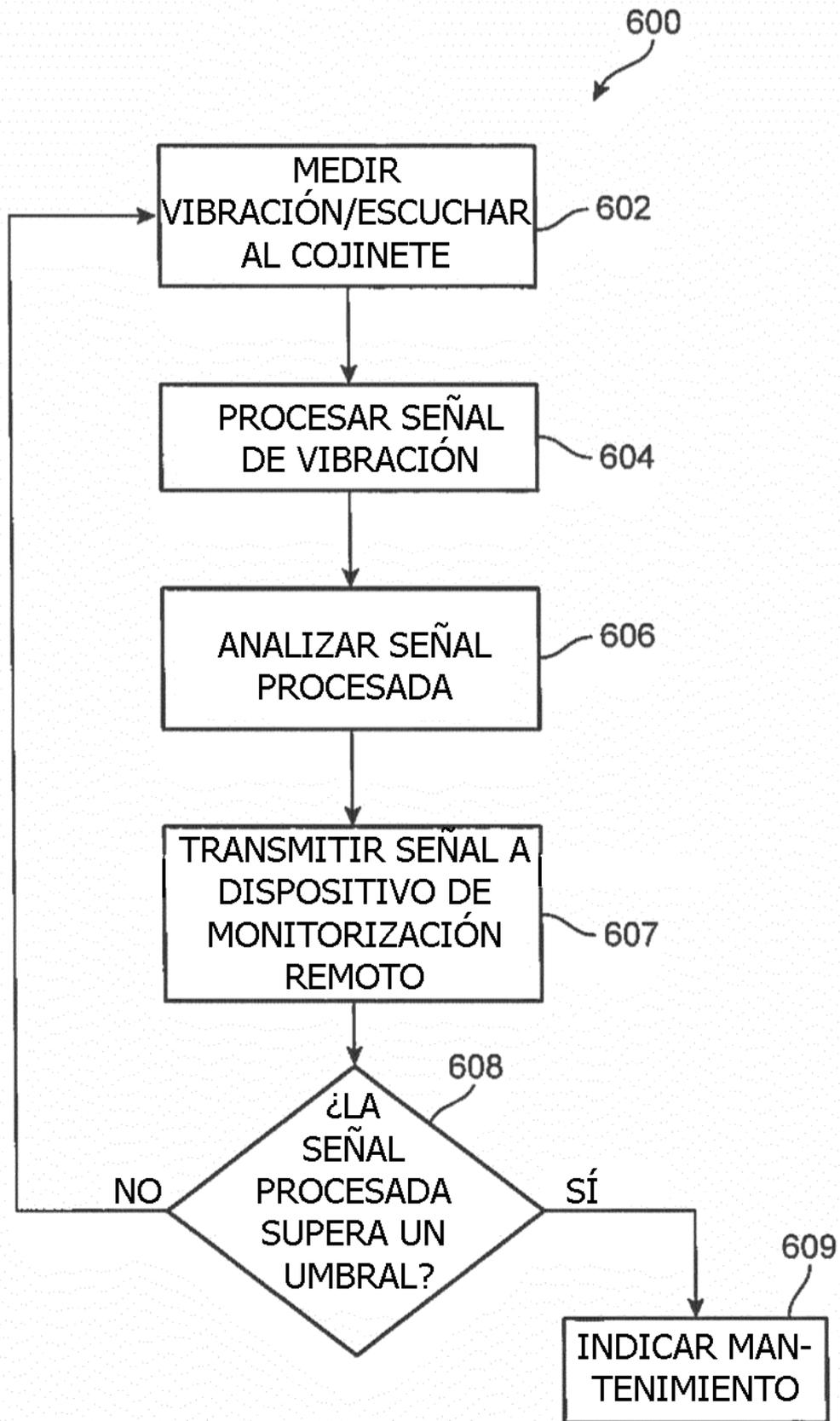
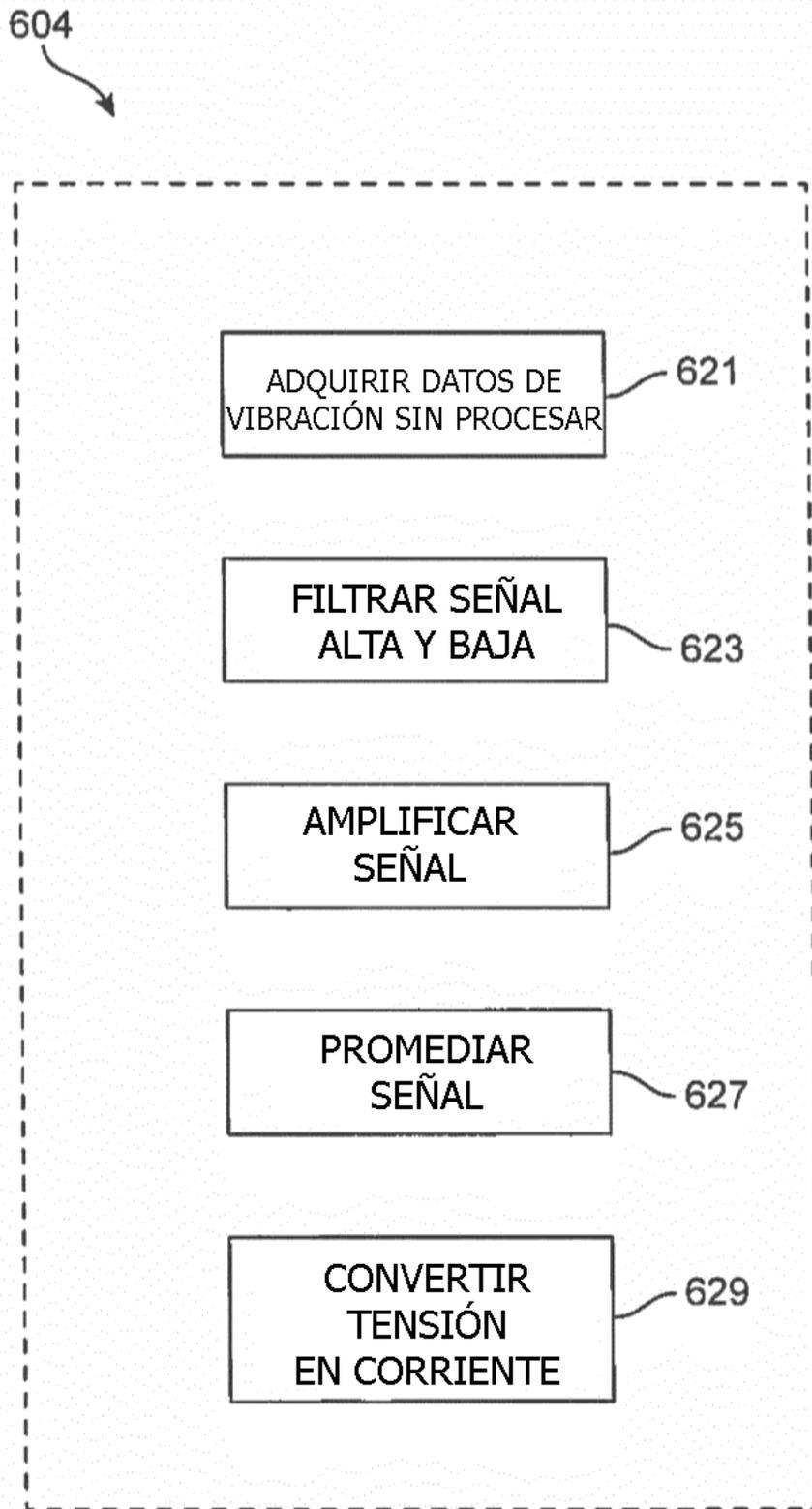


FIG. 6



**FIG. 7**

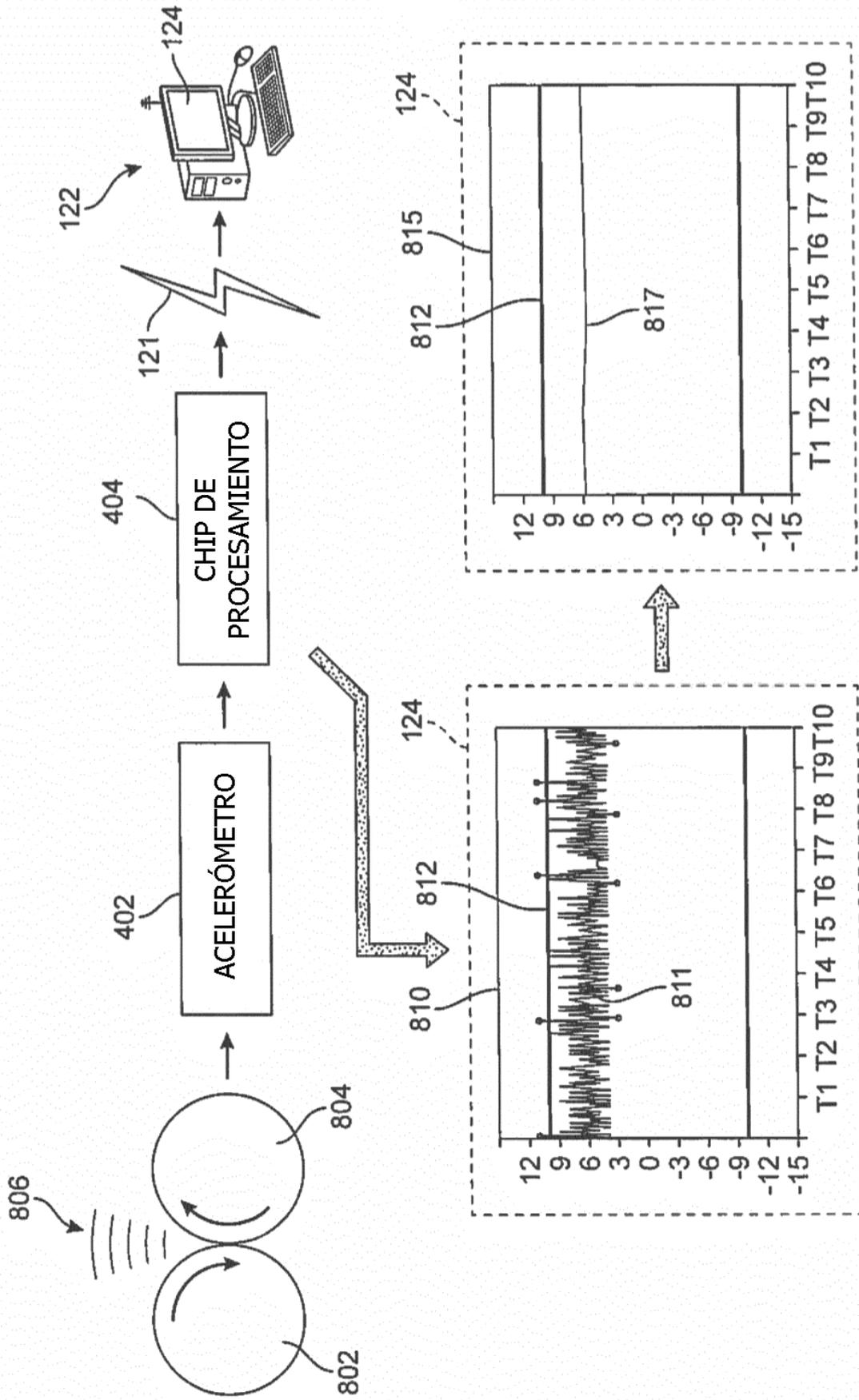
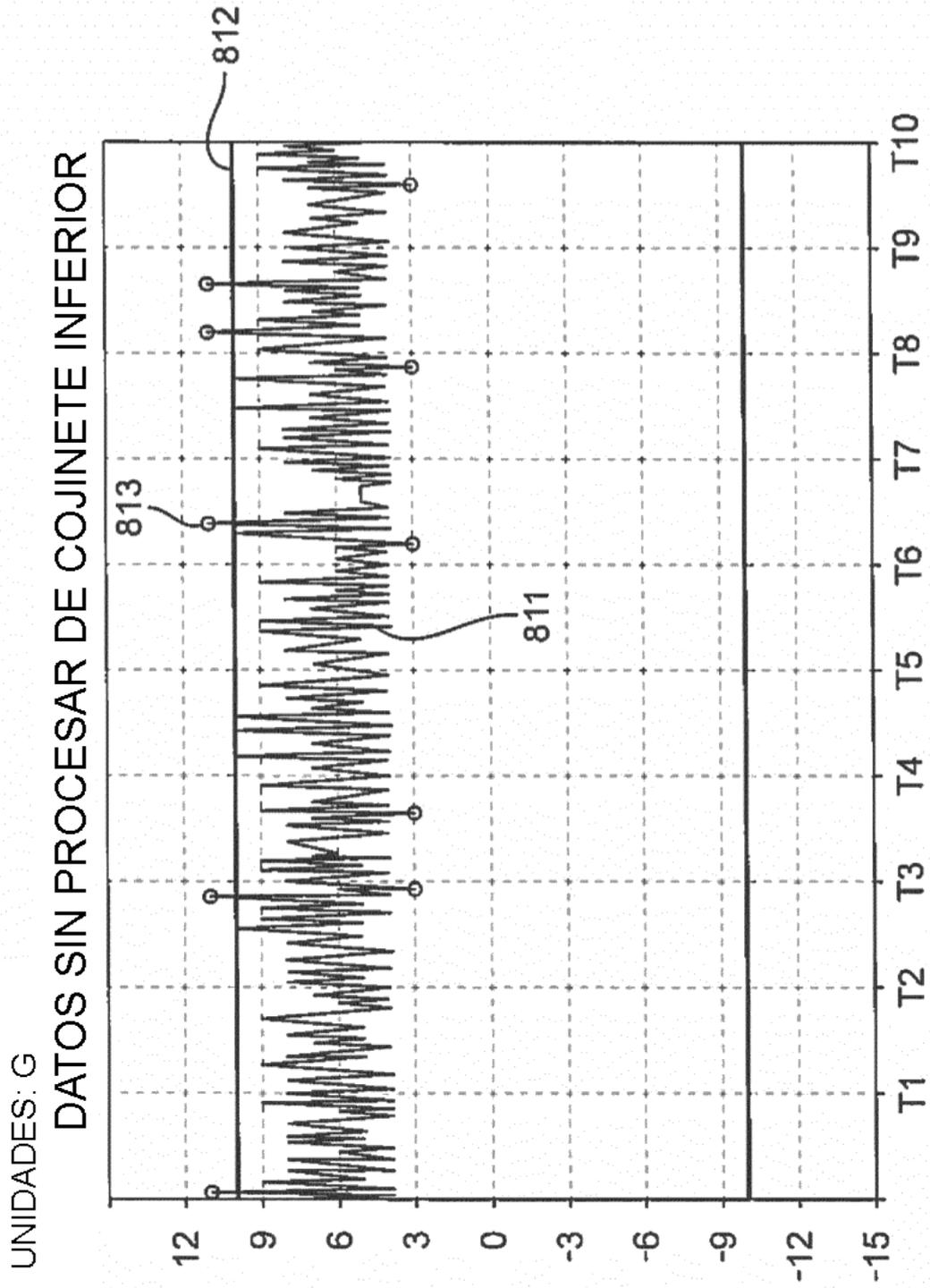
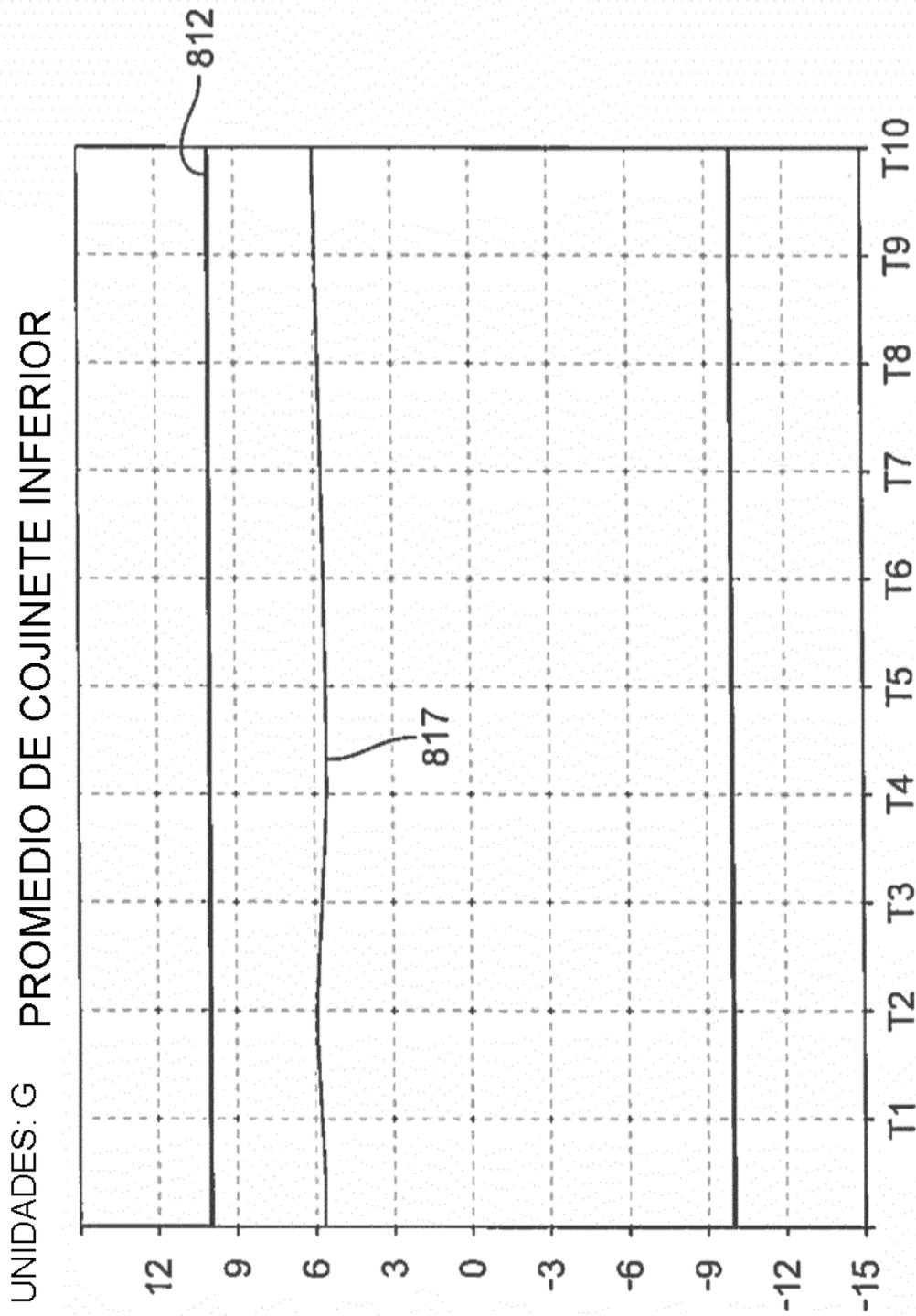


FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**

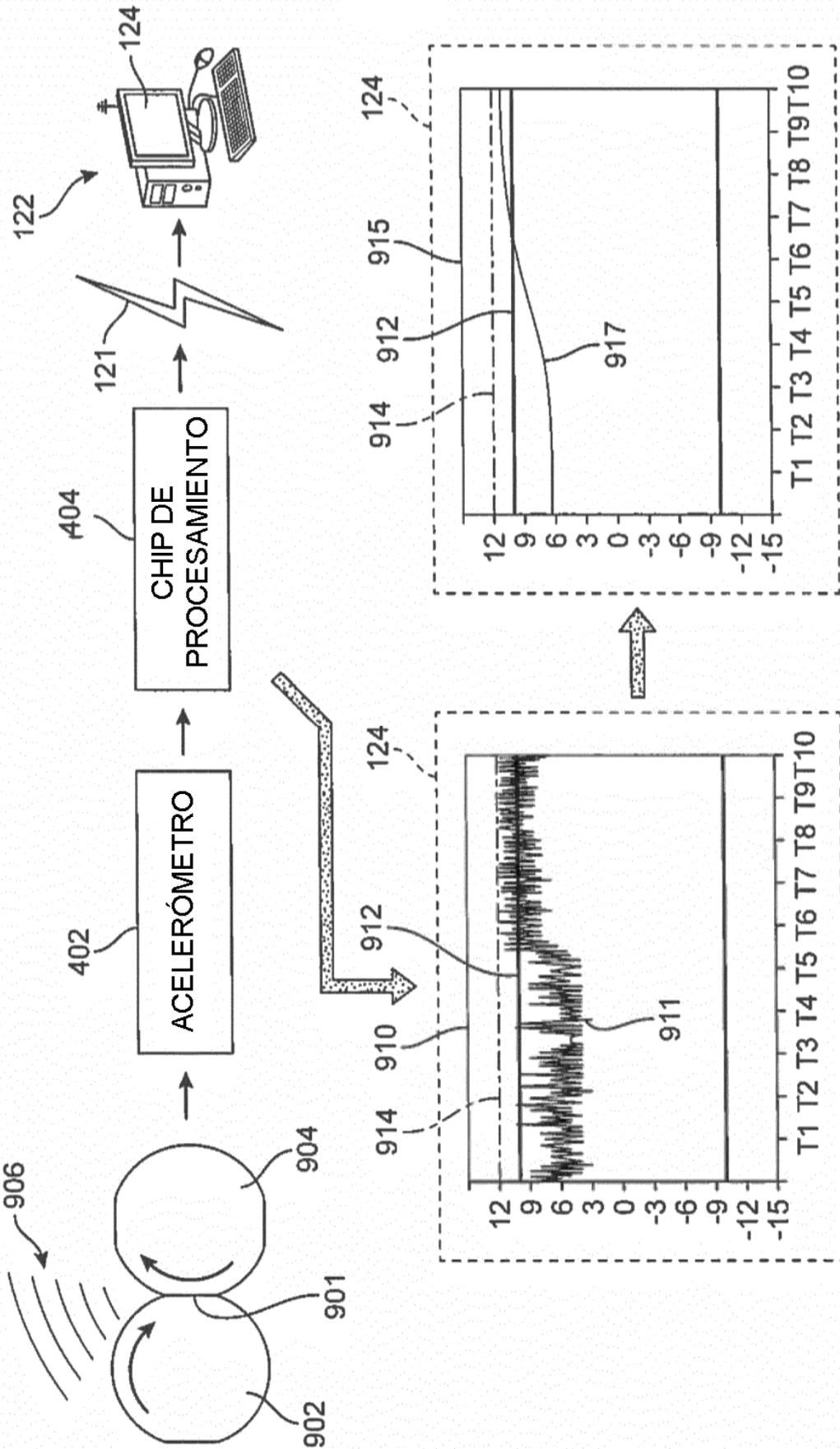
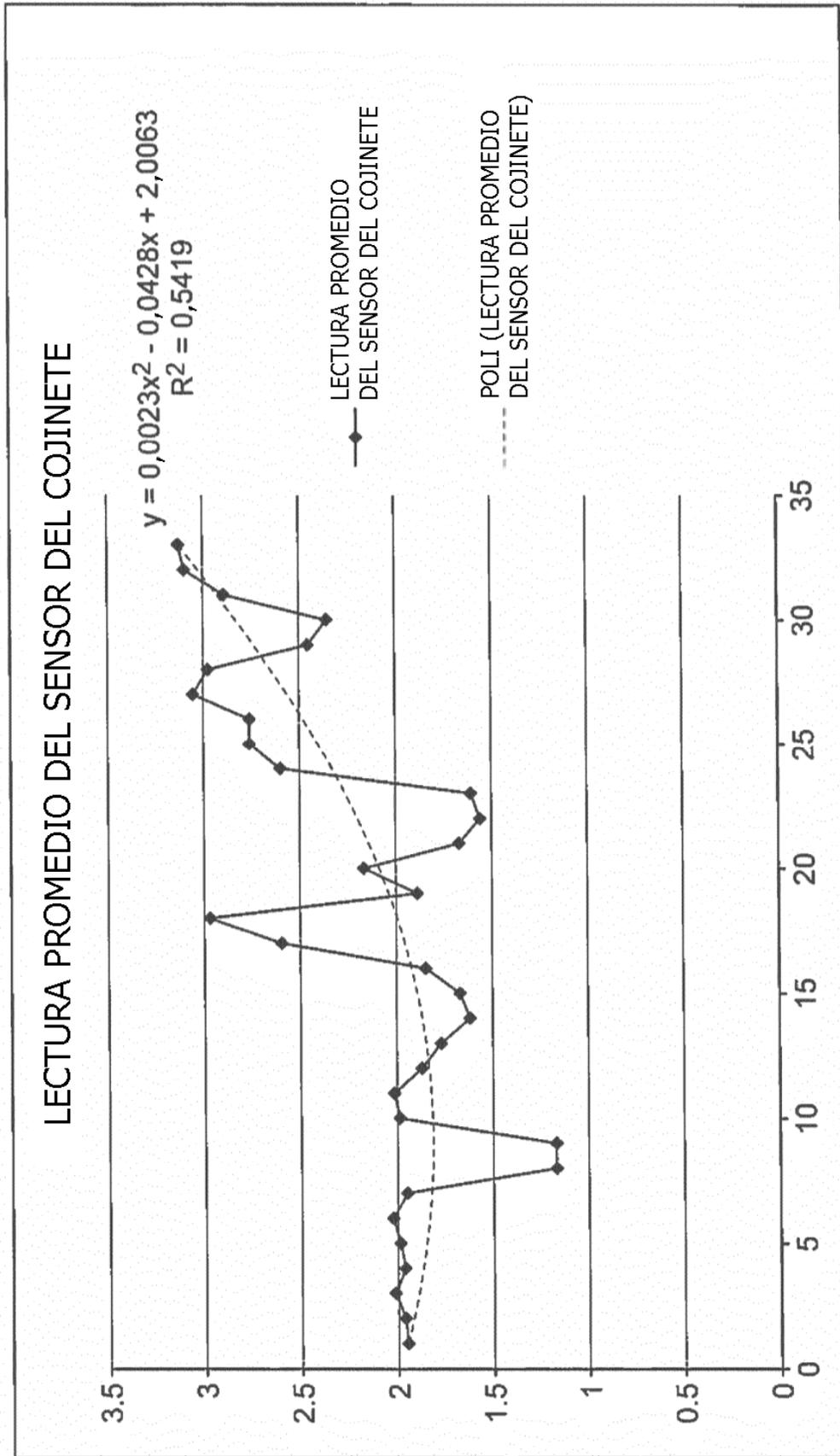


FIG. 11



**FIG. 12**