



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 723**

51 Int. Cl.:  
**B60C 23/20** (2006.01)  
**B60C 17/00** (2006.01)  
**B60C 23/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05728691 .6**  
96 Fecha de presentación : **05.04.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1736329**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.12.2006**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la fase terminal de la vida útil de rodaje desinflado de un neumático que puede rodar desinflado.**

30 Prioridad: **12.04.2004 JP 2004-116585**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.10.2011**

73 Titular/es: **BRIDGESTONE CORPORATION**  
**10-1, Kyobashi 1-chome**  
**Chuo-ku, Tokyo 104-8340, JP**

72 Inventor/es: **Abe, Atsushi y**  
**Ichihara, Eishi**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 365 723 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

Procedimiento y dispositivo para determinar la fase terminal de la vida útil de rodaje que puede rodar desinflado de un neumático que puede rodar desinflado.

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para determinar si un neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado.

### Técnica relacionada

10 Recientemente, en términos de seguridad de operación de un neumático montado en un vehículo, ha despertado interés el proporcionar un dispositivo en dicho neumático que sea capaz de detectar situaciones de rodaje bajo condiciones de operación anormales, tales como reducción de la presión interna de un neumático y exceso de carga o de velocidad de rodaje, lo que puede acortar la vida útil de funcionamiento del neumático, y predecir una situación de rodaje que pudiera originar problemas como el reventón del neumático.

15 Un tipo conocido de tales dispositivos de detección es, por ejemplo, un dispositivo de monitorización de presión interna que monitoriza la presión interna del neumático y alerta al conductor sobre ello por medio de una alarma o similar, cuando la presión interna desciende considerablemente. Por otra parte, la solicitud de patente en tramitación N° 262715-H3 (JP 03-262715A) describe un procedimiento para detectar la temperatura superficial de una parte de la banda de rodadura de un neumático en el que se proporciona un sensor de temperatura en un alojamiento de neumático que enfrenta la superficie de la parte de la banda de rodadura del neumático. Además, el documento WO 01/17806 recoge una técnica de monitorización de la temperatura de un neumático para determinar las condiciones de rodaje anormal cuando la velocidad de aumento o un valor absoluto de la temperatura sobrepasan un cierto umbral.

20 Sin embargo, estas técnicas convencionales simplemente determinan si las condiciones de rodaje, incluyendo la presión interna del neumático son anormales o no y no permiten medir cuantificadamente el grado en que dichas condiciones de rodaje son anormales. Por consiguiente, el conductor puede detectar que las condiciones de rodaje anormales ocurren, pero no puede saber si el viaje puede proseguir o no con el neumático, es decir si el neumático se encuentra al final de su vida útil.

25 Este es especialmente el caso de los neumáticos que pueden rodar desinflados que se han desarrollado con el objetivo de proporcionar un rodaje continuo durante una cierta distancia incluso si la presión interna del neumático (incluyendo la presión interna a la que la presión manométrica es nula) disminuye con el neumático habiendo pinchado y el neumático deformándose en estado que puede rodar desinflado. Por ejemplo, un neumático que puede rodar desinflado reforzado lateralmente soporta la carga en estado que puede rodar desinflado fundamentalmente mediante unos componentes de refuerzo que tienen una sección con forma de media luna embebidos en las paredes del neumático. En algunas condiciones de funcionamiento, mantener el rodaje en estado que puede rodar desinflado propicia el daño del neumático y eventualmente el neumático puede llegar a romperse, por lo que el rodaje en tales condiciones tan vulnerables es extremadamente peligroso. En consecuencia, es muy importante para una conducción segura saber si el neumático se encuentra en la fase terminal de su vida útil.

30 Con el fin de determinar si el dicho neumático reforzado lateralmente se encuentra en la fase terminal de su vida útil, en el documento WO 04/14671, los presentes inventores propusieron un procedimiento, dispositivo y medio de grabación para el cálculo de la vida útil restante de un neumático que puede rodar desinflado en el que se miden la temperatura y el tiempo de funcionamiento de un neumático en continuo rodaje en estado que puede rodar desinflado y la vida útil se calcula en base a estas mediciones y una temperatura crítica a la que estadísticamente el neumático se rompe.

### Divulgación de la invención

35 Con el procedimiento descrito en la patente WO 04/14671, sin embargo, un neumático que se evalúe como que no haya alcanzado el final de su vida útil todavía puede en realidad ocasionalmente averiarse y por tanto no poder continuar el rodaje en estado que puede rodar desinflado.

40 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para determinar el instante de tiempo en el que justo antes el rodaje en estado que puede rodar desinflado no puede ser prolongado, es decir determinar la fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado.

45 Para alcanzar el objetivo anterior, la presente invención proporciona como primer aspecto un procedimiento para determinar una fase terminal de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado, que comprende las etapas de: monitorizar la presión interna de neumático en un vehículo equipado con un sistema de neumáticos que pueden rodar desinflados que comprende neumáticos que pueden rodar desinflados y un transmisor de información de neumático para determinar que el neumático empieza a rodar en estado que puede

5 rodar desinflado cuando la presión interna alcanza un valor inferior a una presión interna dada; medir la temperatura del neumático durante el rodaje en estado que puede rodar desinflado; calcular la velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo en base a al valor medido de temperatura del neumático; y comparar la velocidad de cambio de cambio con un umbral dado negativo para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es inferior al umbral dado.

La presión interna dada del neumático es preferiblemente de 100 KPa (presión relativa).

El valor medido de temperatura del neumático es preferiblemente la temperatura ambiente en una cavidad del neumático.

10 El umbral dado es preferiblemente de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

Además, el procedimiento preferiblemente incluye una etapa de comparar la velocidad de cambio de temperatura con la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes.

Adicionalmente, el procedimiento incluye preferiblemente una etapa de comparar el valor medido de temperatura del neumático con una temperatura crítica a la que tiene lugar la rotura del neumático estadísticamente para determinar si el neumático se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor medido de temperatura supera la temperatura crítica.

20 Además, el procedimiento preferiblemente incluye una etapa de calcular la segunda derivada  $f(t)''$  de una función  $f(t)$  en la que el valor medido de temperatura del neumático aumenta en una curva con el tiempo  $t$  de funcionamiento continuo para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f(t)''$  es positivo.

25 El segundo aspecto de las presentes invenciones es un dispositivo para determinar si un neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado, que comprende medios de detección de presión interna de neumático, medios de medición de temperatura para medir la temperatura del neumático, un transmisor de de información de neumático para transmitir información desde los medios de detección de presión interna y los medios de medición de temperatura, un receptor de información de neumático para recibir la información desde el transmisor de información de neumático, primeros medios de computación para calcular el instante de comienzo de rodaje en estado que puede rodar desinflado en base a la información recibida, segundos medios de computación para calcular una velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo a partir de la información recibida en base al valor medido de temperatura del neumático, medios de memoria para almacenar al menos un umbral dado negativo de la velocidad de cambio de temperatura, y primeros medios de determinación para comparar la velocidad de cambio de temperatura calculada por los segundos medios de computación con el umbral almacenado en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio es inferior al umbral dado.

Además, los medios de medición de temperatura preferiblemente miden la temperatura ambiente en una cavidad del neumático.

40 Además, el transmisor de información de neumático es preferiblemente un transpondedor.

Adicionalmente, el umbral almacenado en los medios de memoria preferiblemente es de  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

45 El dispositivo preferiblemente incluye segundos medios de determinación para almacenar la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes y comparar la velocidad de cambio de temperatura calculada por los segundos medios con la velocidad de cambio de temperatura almacenada en los medios de memoria inmediatamente anterior para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura inmediatamente anterior.

50 Adicionalmente, los medios de memoria preferiblemente almacenan una temperatura crítica a la cual tiene lugar estadísticamente la rotura del neumático y el dispositivo preferiblemente incluye terceros medios de determinación para comparar el valor medido de temperatura por los medios de medición de temperatura con el valor crítico de temperatura almacenado en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor medido de temperatura del neumático es mayor que el valor crítico.

55 El dispositivo incluye preferiblemente terceros medios de computación para calcular la segunda derivada  $f(t)''$  de una función  $f(t)$  en la que el valor medido de temperatura del neumático aumenta en una curva con el tiempo  $t$  de

funcionamiento continuo y cuartos medios de determinación para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f(t)$  es positivo.

5 El dispositivo incluye preferiblemente medios de alerta para proporcionar una señal de alarmar cuando el neumático que puede rodar desinflado se haya determinado que se encuentre en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado.

De acuerdo con la presente invención, es posible determinar el instante justo antes del cual el rodaje en estado que puede rodar desinflado no puede ser prolongado, es decir determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado mientras se encuentra rodando en estado que puede rodar desinflado.

#### 10 **Breve descripción de los dibujos**

[FIG. 1] La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un procedimiento representativo de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención.

[FIG. 2] La Figura 2 es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura dada  $T$  en el neumático y un tiempo  $t$  de rodaje.

15 [FIG. 3] La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un dispositivo representativo de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención.

[FIG. 4] La Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de otro dispositivo de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención.

#### **Mejor modo de realización de la invención**

20 A continuación se explicarán las realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos. La Figura 1 es un diagrama de bloques de un procedimiento representativo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención.

25 Un vehículo (no mostrado) para el que el primer aspecto de la presente invención es de aplicación tiene neumáticos que pueden rodar desinflados y un transmisor de información de neumático respectivamente en cada neumático. Se hace notar que el término "neumático que puede rodar desinflado" a los efectos de la presente memoria incluye un neumático del tipo que se denomina "neumático que puede rodar desinflado reforzado lateralmente" (side reinforced run-flat tire) que incorpora unas gomas de refuerzo que tienen forma de media luna en al menos la parte lateral del neumático, dicho término también incluye un neumático del tipo que se denomina "neumático que puede rodar desinflado de núcleo" (core type run-flat tire) en el que un cuerpo rígido en forma de anillo se inserta en una cavidad definida por un neumático y una rueda, y dicho término también incluye un neumático del tipo que se denomina "neumático que puede rodar desinflado de tubo" (tube type run-flat tire) en el que un neumático que tiene un diámetro menor es insertado adicionalmente en el neumático. También se hace notar que el término "transmisor de información de neumático" a los efectos de la presente memoria se refiere a un dispositivo para transmitir información en el neumático tal como temperatura y presión al vehículo por cable o inalámbricamente.

35 En la primera etapa S1, se mide la presión interna de neumático y ésta se compara entonces con una presión interna dada. Si la presión interna de neumático es mayor que la presión dada, se determina que el neumático rueda en un estado normal y la presión interna de neumático se monitoriza continuamente. Si la presión interna de neumático es menor que la presión dada, se determina que en dicho instante empieza el neumático a rodar en estado que puede rodar desinflado. Entonces, en la segunda etapa S2, se mide la temperatura del neumático. Se hace notar que a los efectos de la presente memoria el término "temperatura de neumático" incluye no solo la temperatura ambiente en una cavidad definida por un neumático y una rueda, sino además la temperatura superficial del neumático, la temperatura de los componentes del neumático y, siempre que la temperatura de neumático pueda obtenerse indirectamente, la temperatura de rueda. Adicionalmente, en la tercera etapa S3, se calcula una velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo en base al valor medido de temperatura en la segunda etapa. La "velocidad de cambio de temperatura" es un valor positivo si la temperatura aumenta en la unidad de tiempo, y es un valor negativo si la temperatura disminuye en la unidad de tiempo. Posteriormente, en la etapa cuarta S4, la velocidad de cambio de temperatura se compara con un umbral dado negativo y, si la velocidad de cambio de temperatura está por debajo del umbral, se determina que el neumático se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado. Teniendo en cuenta que el umbral es un valor negativo, la velocidad de cambio de temperatura es también negativa, es decir, el neumático se determina que se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura de neumático medida en la unidad de tiempo disminuye.

55 A continuación, se explicará cómo los inventores de la presente invención han completado la presente invención, junto con el funcionamiento de la misma. Los inventores se dieron cuenta de que cuando el neumático que puede rodar desinflado continua su rodaje en estado que puede rodar desinflado, existe una relación entre la temperatura  $T$  de neumático medida y el tiempo  $t$  de rodaje, que sigue una función  $f(t)$  exponencial como se muestra en la Figura 2. En este sentido, los inventores encontraron que la temperatura  $T$  de neumático aumenta con el tiempo  $t$  de rodaje, y

que la temperatura de neumático tiene una temperatura crítica a la cual sucede la rotura del neumático estadísticamente, y que la curva que representa el cambio de la temperatura dada tiene una forma que varía entre convexa orientada hacia arriba y convexa orientada hacia abajo justo en el instante antes de que el neumático que rueda en estado que puede rodar desinflado se rompa. En base a este descubrimiento, los inventores propusieron en el documento WO 04/14671 un procedimiento, dispositivo y medios de grabación para determinar una vida útil y su fase terminal de un neumático que puede rodar desinflado en rodaje continuo en estado que puede rodar desinflado. Con este procedimiento, sin embargo, un neumático que sea considera como que todavía no haya alcanzado el final de su vida útil puede en la práctica ocasionalmente romperse y por tanto dejar de rodar en estado que puede rodar desinflado.

Los inventores de la presente invención estudiaron la causa y encontraron los siguientes puntos. El procedimiento convencional para determinar la vida útil y fase terminal toma en cuenta solo funcionamientos anormales causados por la rotura partes del componente del neumático como consecuencia de un aumento de la temperatura, pero, de hecho, funcionamientos anormales también son causados por una rotura de la parte de pared lateral que está sujeta a una mayor deformación durante el rodaje en estado que puede rodar desinflado y a concentración de esfuerzos, lo cual no puede detectarse por el procedimiento convencional para determinar la vida útil en base al aumento de temperatura. Los inventores de la presente invención llevaron a cabo adicionalmente un estudio de un procedimiento capaz de detectar directamente un fallo causado por la rotura de la parte de pared lateral y entonces encontraron que cuando la parte de pared lateral se rompe, entonces el interior de la cavidad en el neumático entra en contacto con la atmósfera de manera que el aire exterior con una temperatura inferior fluye hacia el interior de la cavidad de neumático disminuyendo drásticamente la temperatura de neumático. Consecuentemente, los inventores de la presente invención concibieron que el fallo causado por la rotura de la parte de pared lateral puede ser detectada también mediante la detección de la caída de temperatura del neumático, es decir calculando la velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo partiendo del valor medido de temperatura de neumático y entonces comparando la velocidad calculada con el umbral dado negativo para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado. Por tanto, es posible determinar con precisión la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado. La presente invención se completó de este modo.

La velocidad de cambio de temperatura puede calcularse en cada intervalo de medida, pero con objeto de eliminar componentes superfluas de fluctuaciones de la temperatura medida, es preferible, por ejemplo, filtrar la componente de alta frecuencia o suavizar la velocidad con el cálculo de promedios móviles para un tiempo acotado.

La presión interna dada del neumático es preferiblemente de 100 KPa (presión relativa). Esto es en parte debido que la presión interna del neumático no puede tomar un valor tan bajo de presión en condiciones de rodaje normales, y adicionalmente porque la deformación por flexión mencionada anteriormente de la parte de pared lateral es mayor para producir una rotura cuando la presión interna del neumático está por debajo de 100 KPa.

La temperatura medida del neumático es preferiblemente una temperatura ambiente en una cavidad del neumático. Otras temperaturas tales como las de elementos componentes del neumático pueden ser tomadas como la temperatura de neumático, pero adoptando la temperatura ambiente en la cavidad del neumático como la temperatura conlleva a una determinación rápida ya que el cambio de temperatura tiene lugar primeramente en el ambiente de la cavidad del neumático cuando el aire exterior que tiene una temperatura inferior fluye hacia el interior de la misma.

El umbral dado es preferiblemente de  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Causas comunes de reducción de la temperatura de neumático durante el estado que puede rodar desinflado aparte de la rotura de la parte de pared lateral son una velocidad de rodaje lenta, rodaje en una superficie de carretera mojada o similares. En estos casos, la velocidad de cambio de temperatura es como mucho de  $-2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . A la vista de esto, el umbral se establece a  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . que aparentemente criba el descenso de temperatura debido a las causas comunes, que permite detectar adecuadamente el descenso de temperatura causado por la rotura de la parte de pared lateral también.

Adicionalmente, el procedimiento incluye preferiblemente una etapa de comparar la velocidad de cambio de temperatura con la velocidad de cambio en la temperatura calculada en el instante anterior para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes. Como se ha mencionado anteriormente, adicionalmente al fallo causado por la rotura de la parte de pared lateral como consecuencia de que el neumático que puede rodar desinflado sufre una gran deformación por flexión y una concentración de esfuerzos, el fallo del neumático que puede rodar desinflado puede estar causado por la rotura de elementos componentes de neumático debido al incremento de temperatura. Con el fin de determinar con precisión la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado, es preferible detectar ambos fallos. De acuerdo con la investigación de los inventores, se conoce que la curva que representa el cambio de la temperatura tiene una forma que varía entre convexa orientada hacia arriba y convexa orientada hacia abajo, como se muestra en la Figura 2, justo en el instante antes de que el neumático que rueda en estado que puede rodar desinflado se rompa. En consecuencia, es posible determinar la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar

desinflado a partir del aumento de temperatura mediante la detección de la transición, es decir detectando que la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la calculada inmediatamente antes.

El procedimiento incluye preferiblemente una etapa de comparar la temperatura T medida del neumático con la temperatura TL crítica a la que el neumático estadísticamente se rompe para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura T medida es mayor que la temperatura TL crítica. Como se ha mencionado anteriormente, se conoce estadísticamente que la probabilidad de que ocurra el fallo llega a ser extremadamente alta cuando la temperatura T de neumático sobrepasa la temperatura TL crítica durante el rodaje en estado que puede rodar desinflado. Así, el neumático se considera que está en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado en el momento en el que la temperatura T de neumático medida sobrepasa a la temperatura TL crítica, de manera que se garantiza una operación segura del neumático que puede rodar desinflado.

El procedimiento incluye preferiblemente una etapa de calcular la segunda derivada  $f(t)''$  de una función  $f(t)$  en la que la temperatura medida del neumático aumenta en una curva con el tiempo t de rodaje continuo para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f(t)''$  es positivo. Como ya se ha mencionado, se conoce a partir del estudio realizado por los inventores que la curva que representa el cambio en la temperatura de neumático varía entre convexa orientada hacia arriba y convexa orientada hacia abajo en un punto de inflexión P, como se muestra en la Figura 2, justo en el instante antes de que el neumático que rueda en estado que puede rodar desinflado se rompa. En consecuencia, es posible determinar el instante de tiempo en el que la segunda derivada  $f(t)''$  de una función  $f(t)$  cambia de ser negativa a positiva, es decir el punto P anteriormente mencionado tiene lugar al final de la etapa de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado. Así, el neumático que puede rodar desinflado puede funcionar de forma segura.

Adicionalmente a la etapa de detectar el fallo causado por la rotura de la pared lateral, que es la cuarta etapa S4 de comparar la velocidad de cambio de temperatura con el umbral dado negativo para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es menor que el umbral, el procedimiento puede incluir una etapa de detectar el fallo causado por la rotura del elemento componente de neumático debido al aumento de temperatura, que es una etapa de comparar la temperatura T dada con la temperatura crítica TL a la que el neumático estadísticamente se rompe para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en condiciones de rodaje en estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura T dada es mayor que la temperatura crítica TL, y/o una etapa de calcular la segunda derivada  $f(t)''$  de una función  $f(t)$  en la que la temperatura medida del neumático aumenta con el tiempo de rodaje continuo en una curva para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f(t)''$  es positivo. En este caso, es preferible determinar el instante de tiempo en el que al menos alguna de estas etapas determina la fase terminal la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado como la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado.

A continuación, se describe un dispositivo de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de una realización representativa de acuerdo con el segundo aspecto. Un dispositivo 1 para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático 3 que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado comprende medios 3 de detección de presión configurados en el neumático 3 que puede rodar desinflado para detectar una disminución anormal de la presión interna del neumático 2, medios 4 de medición de temperatura del neumático, y un transmisor 5 de información de neumático para transmitir información desde los medios 3 de detección de presión interna y los medios 4 de medición de temperatura. Un sensor de presión, una válvula de presión o similares pueden ser utilizados como medios de detección de presión interna, y un termómetro de resistencia, un termopar o similares pueden ser utilizados como medios 4 de medición de temperatura. En la Figura 3, se proporcionan únicamente una unidad de medios 3 de detección de presión interna y una unidad de medios 4 de medición de temperatura, pero el número de estos medios puede aumentar según sea necesario para medir la presión interna y la temperatura en más de un punto.

El dispositivo 1 para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado comprende adicionalmente un receptor 7 de información de neumático para recibir la información desde el transmisor 5 de información de neumático, primeros medios 8 de computación para calcular un instante de comienzo de rodaje en estado que puede rodar desinflado a partir de la información recibida, segundos medios 9 de computación para calcular la velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo a partir de la información recibida en base a la temperatura medida del neumático, medios 10 de memoria para almacenar al menos un umbral dado negativo de la velocidad de cambio de temperatura, y primeros medios 11 de determinación para comparar la velocidad de cambio de temperatura calculada por los segundos medios de computación con el umbral almacenado en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio es menor que el umbral dado. En la Figura 3, la transferencia de datos entre el transmisor 5 de información de neumático y el receptor 7 de información de neumático se lleva a cabo inalámbricamente, a modo de ejemplo, pero puede llevarse a cabo por cable.

A continuación se trata el funcionamiento de este dispositivo. Los medios 3 de detección de presión interna configurados en el neumático 2 que puede rodar desinflado monitorizan la presión interna de neumático y transmiten información sobre ésta a los medios 8 de computación a través del transmisor 5 de información de neumático y el receptor 7 de información de neumático. Los primeros medios 8 de computación calculan un punto de partida del estado que puede rodar desinflado y emiten una señal de inicio de estado en que puede rodar desinflado. Concretamente, por ejemplo, en el caso de que los medios de detección de presión interna estén constituidos por un sensor, los primeros medios 8 de computación comparan la presión interna de neumático dada almacenada en los medios 10 de memoria o similares con la información obtenida. Si la presión interna de neumático disminuye hasta por debajo de la presión interna dada, el dispositivo determina que el neumático que puede rodar desinflado es en estado que puede rodar desinflado y emite la señal de inicio de estado en que puede rodar desinflado. Alternativamente, en el caso en el que los medios 3 de detección de presión interna sean, por ejemplo, una válvula de presión, el dispositivo determina que el instante de tiempo en el que la señal de los medios 3 de detección de presión cambia de Activado a Desactivado o de Desactivado a Activado es el punto de partida de la condición de rodaje en estado que puede rodar desinflado, y emite la señal de inicio de estado en que puede rodar desinflado.

Por otra parte, los medios 4 de medición de temperatura miden la temperatura de neumático y transmiten la información sobre ésta a los segundos medios 9 de computación a través del transmisor 5 de información de neumático y el receptor 7 de información de neumático. Los segundos medios de computación calculan la velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo partiendo de la temperatura de neumático medida de la información transmitida y emite una señal en relación con la velocidad de cambio de temperatura. La velocidad de cambio de temperatura puede calcularse en cada intervalo de medida, pero con objeto de eliminar componentes superfluas de fluctuaciones de la temperatura medida, es preferible, por ejemplo, filtrar la componente de alta frecuencia o suavizar la velocidad con el cálculo de promedios móviles para un tiempo acotado.

Cuando el vehículo viaje en condiciones de rodaje en estado que puede rodar desinflado, es decir cuando la señal de inicio de estado en que puede rodar desinflado es emitida desde los primeros medios 8 de computación, los medios 11 de determinación comparan la velocidad de cambio de temperatura emitida desde los segundos medios 9 de computación con el umbral dado almacenado en los medios 10 de memoria. Si la velocidad de cambio de temperatura es menor que el umbral, los primeros medios 11 de determinación determinan que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado, y emite una señal de fase terminal de rodaje en estado que puede rodar desinflado

Por consiguiente, cuando las partes de pared lateral se rompen debido a deformación por flexión, la cavidad de neumático y la atmósfera se comunican lo que conlleva a que el aire exterior con menor temperatura fluya hacia el interior de la cavidad de neumático para reducir drásticamente la temperatura de neumático. En consecuencia, la velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo del neumático disminuye hasta ser menor que el umbral dado y, como resultado, el fallo originado por la rotura de la parte de pared lateral puede ser detectado por el dispositivo 1.

Los medios 4 de medición de temperatura miden preferiblemente una temperatura ambiente en la cavidad del neumático. Otras temperaturas tales como las de elementos componentes del neumático pueden ser tomadas como la temperatura de neumático, pero adoptando la temperatura ambiente en la cavidad del neumático como la temperatura conlleva a una determinación rápida ya que el cambio de temperatura tiene lugar primeramente en el ambiente de la cavidad del neumático cuando el aire exterior que tiene una temperatura inferior fluye hacia el interior de la misma.

El transmisor 5 de información de neumático es preferiblemente un transpondedor. El neumático 2 que puede rodar desinflado rota a alta velocidad, de manera que es difícil que se acople el transmisor 5 de información de neumático con una línea de señal del receptor 7 de información así como a una línea de suministro eléctrico para su funcionamiento. Mediante el uso de un transpondedor como transmisor 5 de información de neumático, puede prescindirse de estas líneas.

El umbral dado es preferiblemente de  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Causas comunes de reducción de la temperatura de neumático durante el estado que puede rodar desinflado aparte de la rotura de la parte de pared lateral son una velocidad de rodaje lenta, rodaje en una superficie de carretera mojada o similares. En estos casos, la velocidad de cambio de temperatura es como mucho de  $-2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . A la vista de esto, el umbral se establece a  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . que aparentemente criba el descenso de temperatura debido a las causas comunes, que permite detectar adecuadamente el descenso de temperatura causado por la rotura de la parte de pared lateral también.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de otra realización de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. Como se muestra en la Figura 4, es preferible que los medios 10 de memoria almacenen adicionalmente la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes y que el dispositivo 1 adicionalmente esté provisto de segundos medios 12 de determinación para comparar la velocidad de cambio de temperatura calculada por los segundos medios 9 de computación con la inmediatamente anterior velocidad de cambio de temperatura almacenada en los medios 10 de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la actual velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura inmediatamente

anterior. Como se ha mencionado anteriormente, adicionalmente al fallo causado por la rotura de la parte de pared lateral como consecuencia de que el neumático que puede rodar desinflado sufre una gran deformación por flexión y una concentración de esfuerzos, el fallo del neumático que puede rodar desinflado puede estar causado por la rotura de elementos componentes de neumático debido al incremento de temperatura. Con el fin de determinar con precisión la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado, es preferible detectar ambos fallos. De acuerdo con la investigación de los inventores, se conoce que la curva que representa el cambio de la temperatura tiene una forma que varía entre convexa orientada hacia arriba y convexa orientada hacia abajo, como se muestra en la Figura 2, justo en el instante antes de que el neumático que rueda en estado que puede rodar desinflado se rompa. En consecuencia, es posible determinar la fase terminal de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado a partir del aumento de temperatura mediante la detección de la transición, es decir detectando que la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la calculada inmediatamente antes.

También es preferible que los medios 10 de memoria almacenen una temperatura TL crítica a la cual el neumático se rompe estadísticamente y el dispositivo 1 está provisto de los terceros medios 13 de determinación para compara la temperatura T de neumático medida por los medios 4 de medición de temperatura con la temperatura TL crítica almacenada en los medios 11 de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura T de neumático medida es mayor que la temperatura TL crítica. Como se ha mencionado anteriormente, se conoce estadísticamente que la probabilidad de que el fallo se origina llega a ser extremadamente alta cuando la temperatura T sobrepasa la temperatura TL crítica durante la condición de rodaje en estado que puede rodar desinflado. Así, se determina que el neumático se encuentra en la fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado en el momento en el que la temperatura T de neumático medida sobrepasa la temperatura TL crítica, de manera que se garantiza una operación segura del neumático que puede rodar desinflado.

Adicionalmente, el dispositivo 1 incluye preferiblemente terceros medios 14 de computación para calcular la segunda derivada  $f''(t)$  de una función  $f(t)$  en la que la temperatura medida del neumático aumenta en una curva con el tiempo t de rodaje continuo para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f''(t)$  es positivo. Como ya se ha mencionado, se conoce a partir del estudio realizado por los inventores que la curva que representa el cambio en la temperatura de neumático varía entre convexa orientada hacia arriba y convexa orientada hacia abajo en un punto de inflexión P, como se muestra en la Figura 2, justo en el instante antes de que el neumático que rueda en estado que puede rodar desinflado se rompa. En consecuencia, es posible determinar el instante de tiempo en el que la segunda derivada  $f''(t)$  de una función  $f(t)$  cambia de ser negativa a positiva, es decir el punto P anteriormente mencionado tiene lugar al final de la etapa de la vida útil del neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado. Así, el neumático que puede rodar desinflado puede funcionar de forma segura.

Además, el dispositivo preferiblemente incluye medios de alarma para emitir una señal de alarma cuando el neumático que puede rodar desinflado se determina que está en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado. Mediante el aviso al conductor de que el neumático se encuentra en la fase terminal de neumáticos, el conductor puede verse inducido a dar un paso adecuado tal como evacuar el vehículo hasta un lugar seguro. En este caso, se pueden utilizar como medios de alarma: medios visibles tales como una pantalla y una luz de alerta, medios sonoros como un pitido, una alarma y voz, y medios táctiles tales como un vibrador. Alternativamente, la señal de alarma constituye la entrada de un limitador de velocidad o una salida limitadora para ser aplicada al control directo del vehículo.

Las descripciones anteriores muestran únicamente una parte de las realizaciones preferidas de la presente invención, y pueden realizarse diversas modificaciones dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, los primeros medios 8 de computación, los segundos medios 9 de computación, los terceros medios 14 de computación, los medios 10 de memoria, los primeros medios 11 de determinación, los segundos medios 12 de determinación, los terceros medios 13 de determinación y los cuartos medios 15 de determinación pueden estar provistos de forma separada, pero estos medios pueden integrarse en un ordenador.

### Ejemplos

Un dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado como se muestra en la Figura 3 se aplica a un vehículo equipado con neumáticos que pueden rodar desinflados reforzados lateralmente (tamaño de neumático: 245/40ZR18). El vehículo se sometió a condiciones reales de rodaje en estado que puede rodar desinflado y se procedió a determinar la fase terminal de la vida útil de los neumáticos. A continuación se explican los detalles.

Sensores de presión de tipo capacitivo fueron utilizados como medios de medición de presión interna de los neumáticos. Termómetros resistivos se utilizaron como medios de medición de temperatura alrededor de las válvulas de las llantas. La presión interna y la temperatura se midieron cada 10 segundos. La velocidad de cambio de temperatura en la temperatura de neumático medida se calculó a partir de la temperatura media durante un minuto. El umbral dado almacenado en los medios de memoria fue de  $-24^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .



5 El vehículo fue conducido en una pista de prueba que tenía una carretera sinuosa en estado que puede rodar desinflado hasta que se determinó que se encontraba en la fase terminal de la vida útil en estado que puede rodar desinflado. En el momento en el que se determinó que el neumático que puede rodar desinflado estaba en la fase terminal de su vida útil, la velocidad de cambio de temperatura fue de  $-36^{\circ}\text{C}/\text{min}$  y en efecto se detectó un pinchazo en la pared lateral del neumático que puede rodar desinflado por inspección visual.

**Aplicabilidad industrial**

10 De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un procedimiento y un dispositivo para determinar un instante de tiempo en el que inmediatamente antes el rodaje en estado que puede rodar desinflado no puede ser prolongado, es decir determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado, que comprende las etapas de:

5 monitorizar la presión interna de neumático de un vehículo equipado con un sistema de neumáticos que pueden rodar desinflados que comprende neumáticos (2) que pueden rodar desinflados y un transmisor (5) de información de neumático para determinar que el neumático empieza a rodar en un estado que puede rodar desinflado cuando la presión interna de neumático disminuye hasta ser inferior a una presión interna dada; medir la temperatura del neumático durante el rodaje en estado que puede rodar desinflado (S2);  
10 calcular una velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo a partir del valor medido de temperatura del neumático (S3); y estando **caracterizado por**  
comparar la velocidad de cambio con un umbral dado negativo para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es menor que el umbral dado (S4).

15 2. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión interna dada del neumático es de 100 KPa (presión relativa).

3. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la temperatura medida del neumático es una temperatura ambiente en una cavidad del neumático.

20 4. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el umbral dado es de  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

25 5. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente una etapa de comparar la velocidad de cambio de temperatura con la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en un estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes.

30 6. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende adicionalmente una etapa de comparar la temperatura medida del neumático con una temperatura crítica a la que el neumático se rompe estadísticamente para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en un estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura medida es mayor que la temperatura crítica.

35 7. El procedimiento para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende adicionalmente una etapa de calcular la segunda derivada  $f''(t)$  de una función  $f(t)$  en la que la temperatura medida del neumático aumenta en una curva con el tiempo  $t$  de rodaje continuo para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f''(t)$  es positivo.  
40

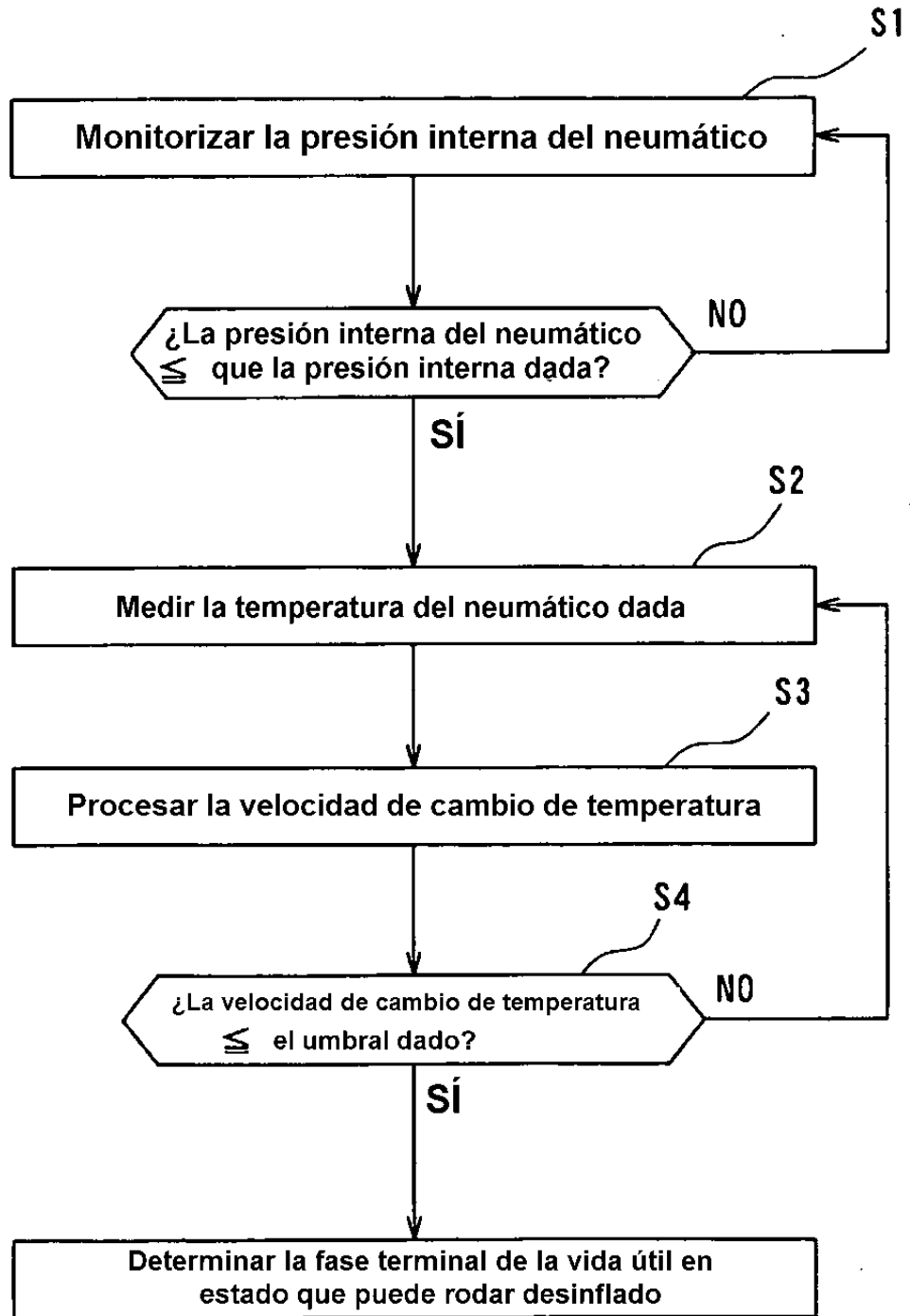
8. Un dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado, que comprende:

45 medios (3) de detección de presión interna para detectar una disminución anormal de la presión interna del neumático;  
medios (4) de medición de temperatura para medir la temperatura del neumático;  
un transmisor (5) de información de neumático para transmitir información desde los medios de detección de presión interna y los medios de medición de temperatura;  
un receptor (7) de información de neumático para recibir la información del transmisor de información de neumático;  
50 primeros medios (8) de computación para calcular un punto de partida de rodaje en estado que puede rodar desinflado a partir de la información recibida;  
segundos medios (9) de computación para calcular una velocidad de cambio de temperatura por unidad de tiempo a partir de la información recibida en base a la temperatura medida del neumático; **caracterizado por**  
medios (10) de memoria para almacenar al menos un umbral dado negativo de la velocidad de cambio de temperatura; y  
55 primeros medios (11) de determinación para comparar la velocidad de cambio de temperatura calculada por los segundos medios de computación con el umbral almacenado en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en un estado que puede

rodar desinflado cuando la velocidad de cambio es menor que el umbral dado.

9. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los medios de medición de temperatura miden una temperatura ambiente en una cavidad del neumático.
- 5 10. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, en el que el transmisor de información de neumático es un transpondedor.
- 10 11. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el umbral almacenado en los medios de memoria es de  $-4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .
- 15 12. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende adicionalmente segundos medios (12) de determinación para almacenar la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes y comparar la velocidad de cambio de temperatura mediante unos segundos medios con la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes almacenada en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en un estado que puede rodar desinflado cuando la velocidad de cambio de temperatura es mayor que la velocidad de cambio de temperatura calculada inmediatamente antes.
- 20 13. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que los medios de memoria almacenan una temperatura crítica a la que el neumático se rompe estadísticamente y el dispositivo comprende adicionalmente terceros medios de determinación para comparar la temperatura del neumático medida por los medios de medición de temperatura con la temperatura crítica almacenada en los medios de memoria para determinar si el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en un estado que puede rodar desinflado cuando la temperatura medida es mayor que la temperatura crítica.
- 25 14. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, que comprende adicionalmente terceros medios de computación para calcular la segunda derivada  $f''(t)$  de una función  $f(t)$  en la que la temperatura medida del neumático aumenta en una curva con el tiempo  $t$  de rodaje continuo y cuartos medios de determinación para determinar que el neumático que puede rodar desinflado se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado cuando el valor de  $f''(t)$  es positivo.
- 30 15. El dispositivo para determinar una fase terminal de la vida útil de un neumático que puede rodar desinflado en estado que puede rodar desinflado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, que comprende adicionalmente medios de alarma para emitir una señal de alarma cuando el neumático que puede rodar desinflado se determina que se encuentra en una fase terminal de su vida útil en estado que puede rodar desinflado.
- 35

**FIG. 1**



**FIG. 2**

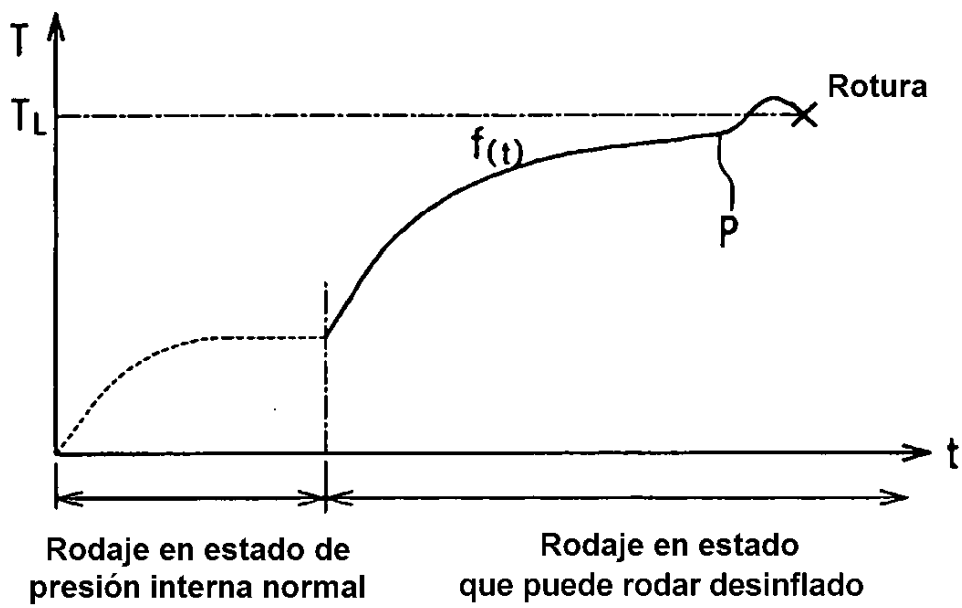


FIG. 3

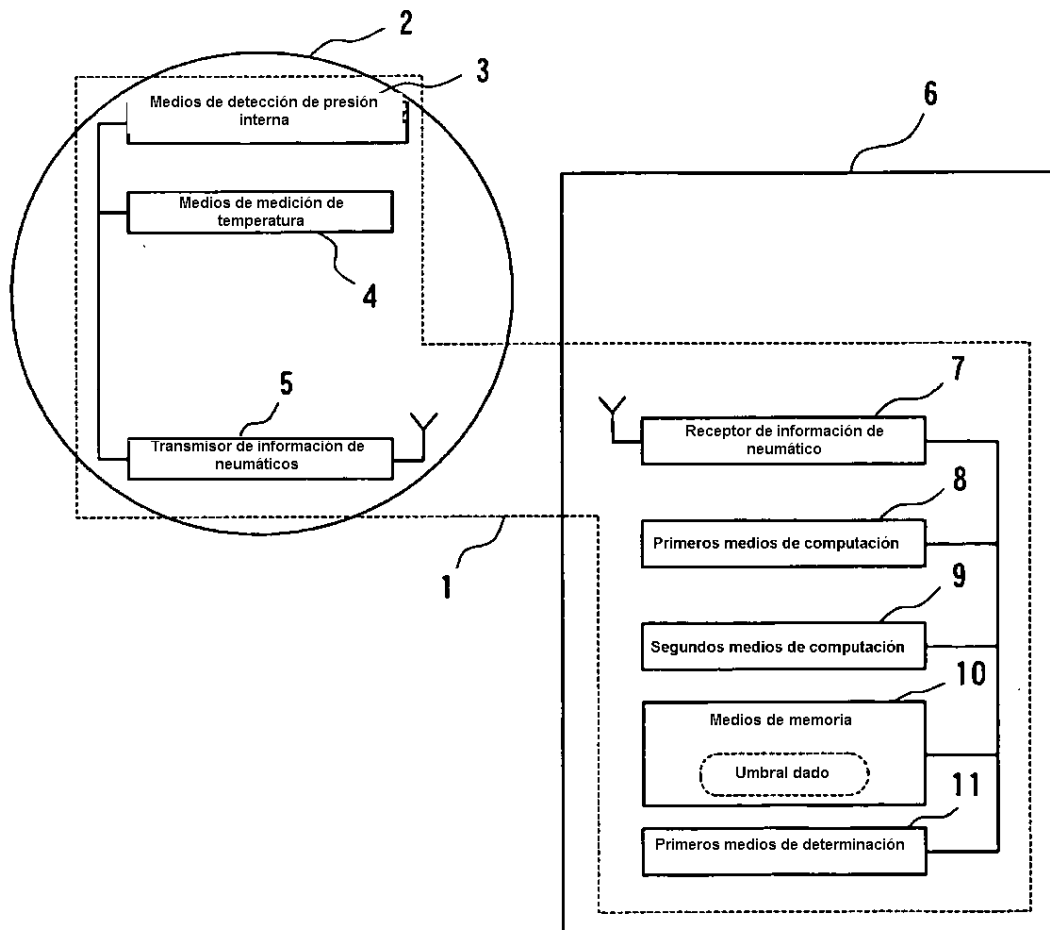


FIG. 4

