

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 480**

51 Int. Cl.:

**B60R 16/02** (2006.01)

**B60T 8/58** (2006.01)

**G01N 19/02** (2006.01)

**B60C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2002 E 02805488 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 1457388**

54 Título: **Método y aparato para estimar el estado de la superficie de una carretera y el estado de marcha de un neumático**

30 Prioridad:

**21.12.2001 JP 2001390560**

**21.12.2001 JP 2001390583**

**21.12.2001 JP 2001390605**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.04.2015**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA BRIDGESTONE (100.0%)**  
**10-1, Kyobashi 1-chome Chuo-ku**  
**Tokyo 104-8340, JP**

72 Inventor/es:

**YOKOTA, HIDETOSHI y**  
**MORINAGA, HIROSHI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 534 480 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y aparato para estimar el estado de la superficie de una carretera y el estado de marcha de un neumático

**Antecedentes de la invención**

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para estimar el estado de marcha de un neumático y las condiciones de una carretera en contacto con el neumático en el momento de la marcha.

Descripción de la técnica anterior

- 10 A fin de mejorar la estabilidad de marcha de un coche, es deseable que el estado de un neumático y las condiciones de una carretera en contacto con el neumático en el momento de la marcha sean estimados de forma precisa y aportados retrospectivamente al control del coche. La expresión "estado de un neumático" significa la predicción de la presión interior, del desgaste o de los problemas de un neumático, y la expresión "las condiciones de una carretera" significa fundamentalmente un coeficiente de rozamiento entre una carretera y el neumático (coeficiente de rozamiento de la carretera,  $\mu$ ).

- 15 Si el estado de marcha de un neumático y las condiciones de una carretera pueden ser estimados, es posible, antes de que se produzca un problema en el neumático, que un coche sea detenido para su inspección, o bien es posible, antes de realizar la operación de evitar un peligro, tal como el frenado o el movimiento del volante, llevar a cabo un control avanzado con un freno de ABS. Se espera, en consecuencia, la mejora adicional de la seguridad. Simplemente informando a un conductor del grado de peligro asociado a las condiciones de una carretera durante la conducción, el conductor puede decelerar el coche más rápido. Cabe esperar, con ello, una reducción del número de  
20 accidentes de coche.

- En la técnica anterior, para estimar el coeficiente de rozamiento de una carretera, se ha propuesto un método según el cual se estima el coeficiente de rozamiento de una carretera haciendo uso de un fenómeno consistente en que el grado de uniformidad de un neumático, que es una magnitud física indicativa de un cambio en la velocidad de revolución de una rueda, se ve modificado por el valor de un coeficiente de rozamiento de una carretera (documento JP-A 2000-55790), y un método según el cual se monta un acelerómetro en un brazo inferior para interconectar la  
25 rueda delantera con la carrocería del coche con el fin de detectar la vibración horizontal de un neumático que está guiñado hacia el interior, y se estima el coeficiente de rozamiento de una carretera haciendo uso de un fenómeno consistente en que el anterior grado de vibración se ve modificado por el coeficiente de rozamiento de una carretera (documento JP-A 6-258196) (el término "JP-A", tal como se utiliza en esta memoria, significa una "Solicitud de Patente japonesa publicada y no examinada").  
30

Sin embargo, en el método anterior para estimar el coeficiente de rozamiento de la carretera a partir del grado de uniformidad de un neumático, se forma un punto plano en el neumático para deteriorar la uniformidad y una estimación precisa se ve dificultada en el procedimiento de recuperación de la uniformidad.

- 35 En el método para estimar el coeficiente de rozamiento de una carretera a partir de la vibración horizontal de una rueda delantera que está guiñada hacia dentro, cuando el ángulo de deslizamiento del neumático llega a ser nulo o grande, la precisión de la medición es baja.

- Se ha propuesto también un método para estimar el coeficiente de rozamiento de una carretera a partir de las características de transmisión entre una aceleración no suspendida, que es una aceleración en la dirección vertical de una rueda, y una aceleración suspendida, que es una aceleración en la dirección vertical de la carrocería de un  
40 vehículo (documento JP-A 11-94661). Puesto que la fuerza del movimiento de la dirección no se utiliza para estimar el coeficiente de rozamiento de una carretera en este método, el coeficiente de rozamiento de la carretera puede ser estimado incluso para una carretera recta en la que casi no se efectúa ningún movimiento de la dirección. Sin embargo, puesto que el coeficiente de rozamiento de la carretera es estimado a partir de las características de transmisión de una vibración entre dos puntos a través de una suspensión que tiene importantes características de  
45 amortiguamiento, tal como un resorte o un amortiguador, se ve fácilmente afectado por la irregularidades de la carretera. Por ejemplo, puesto que una vibración no suspendida se hace grande sobre una carretera desigual, tal como una carretera con nieve, la diferencia de grados entre una vibración suspendida, que es absorbida por una suspensión, y la anterior vibración no suspendida se hace grande, por lo que se hace imposible estimar el coeficiente de rozamiento de la carretera con precisión.

- 50 Es un propósito de la invención, que se ha concebido a la vista del problema de la técnica anterior, mejorar la estabilidad de marcha de un coche estimando las condiciones de una carretera en contacto con los neumáticos, así como el estado de marcha de un neumático, con precisión.

Se llama también la atención sobre las descripciones de los documentos US 5.723.768, DE 42 13 221, EP 0645288, EP 0968892 y WO 01/87647.

**Compendio de la invención**

Los inventores de la presente invención han estudiado en detalle el comportamiento de un neumático en contacto con una carretera en el momento de la marcha, así como el comportamiento de un neumático en el momento de producirse un problema, y han encontrado que el grado de vibración en una o en una pluralidad de bandas de frecuencias de un espectro de frecuencias (espectro de vibraciones), obtenido mediante el análisis de la frecuencia de una vibración en la dirección circunferencial del neumático, o de una vibración en la dirección transversal del neumático, en el momento de la marcha, cambia de una forma característica de acuerdo con las condiciones de una carretera en contacto con el neumático o con un problema ocurrido con el neumático. Han descubierto que, mediante la detección de la vibración como vibración propia del neumático en sí, vibración de una rueda o de la suspensión transmitida desde el neumático, o de un pequeño cambio en el eje de tiempos de la presión de un gas (generalmente, aire) con el que se ha llenado el neumático, es posible estimar con precisión las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático. Se ha llegado a la presente invención sobre la base de este descubrimiento.

Es decir, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de conformidad con la reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 14.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de un neumático, de acuerdo con la Realización 1, la cual es de utilidad para la comprensión de la presente invención pero no es de conformidad con ella;

Las Figuras 2(A) y 2(B) son diagramas que muestran la posición de montaje de un sensor de aceleración;

La Figura 3 es un gráfico que muestra el espectro de vibraciones de una rueda;

La Figura 4 es un gráfico que muestra la correlación existente entre el coeficiente real de rozamiento de una carretera y el valor estimado de  $\mu$  de acuerdo con la Realización 1;

Las Figuras 5(A) y 5(B) son diagramas que muestran otras posiciones de montaje del sensor de aceleración;

La Figura 6 es un diagrama que muestra un método para detectar la vibración de una suspensión de acuerdo con la Realización 2, que resulta de utilidad para la comprensión de la presente invención pero que no es de conformidad con ella;

La Figura 7 es un gráfico que muestra el espectro de vibraciones de una suspensión;

La Figura 8 es un gráfico que muestra la correlación existente entre el coeficiente de rozamiento real de una carretera,  $\mu$ , y el valor estimado de  $\mu$  que se obtiene por la detección de la vibración de una suspensión;

La Figura 9 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato de control de un coche de acuerdo con la Realización 3, la cual resulta de utilidad para la comprensión de la presente invención pero no es de conformidad con esta;

La Figura 10 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de otro aparato de control de un coche, de acuerdo con la presente invención;

La Figura 11 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de aun otro aparato de control de un coche, de acuerdo con la presente invención;

Las Figuras 12(A) y 12(B) son diagramas que muestran la posición de montaje de un sensor de presión;

La Figura 13 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de constitución para la transmisión de una señal de información de cambio de presión al lado de la carrocería de un coche;

La Figura 14 es un gráfico que muestra espectros de cambio de presión que se obtienen cuando un coche equipado con un sensor de presión se hace circular sobre una carretera de asfalto seca y una carretera con nieve;

La Figura 15 es un gráfico que muestra la correlación existente entre el coeficiente de rozamiento real de una carretera,  $\mu$ , y el valor estimado de  $\mu$  que se obtiene a partir de un cambio en la presión interior del neumático;

La Figura 16 es un gráfico que muestra la correlación existente entre el coeficiente de rozamiento real de una carretera,  $\mu$ , y el valor estimado de  $\mu$  que se obtiene a partir de la vibración de una rueda;

La Figura 17 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de medios de estimación de *aquaplaning*, o hidrodeshlizamiento, de acuerdo con la Realización 5 de la presente invención;

La Figura 18 es un gráfico que muestra el espectro de cambios de presión del hidrodeshlizamiento;

La Figura 19 es un gráfico que muestra el espectro de vibraciones del hidrodeshlizamiento;

5 La Figura 20 es un gráfico que muestra la relación existente entre la velocidad del coche y la relación de un grado de vibración a una frecuencia de paso de configuración, con respecto a un grado de vibración en una banda de frecuencias de entre 100 Hz y 200 Hz;

La Figura 21 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato de estimación de las condiciones de una carretera, de acuerdo con la Realización 6, que es de utilidad para la comprensión de la presente invención pero que no forma parte de ella;

10 La Figura 22 es un diagrama de flujo para el control de la actualización del valor estimado de  $\mu$  mediante la detección de un conmutador de freno;

La Figura 23 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato para la estimación de las condiciones de una carretera, el cual comprende medios de estimación de relación de deslizamiento, de acuerdo con la presente invención;

15 La Figura 24 es un diagrama de flujo para el control de la actualización del valor estimado de  $\mu$  con la relación de deslizamiento;

La Figura 25 es un diagrama de flujo para el control de la actualización del valor estimado de  $\mu$  con la velocidad del motor;

20 La Figura 26 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo del valor estimado de  $\mu$  cuando un coche de pruebas se hace circular sobre diversas carreteras a una velocidad constante;

La Figura 28 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo del valor estimado de  $\mu$  cuando el control de la actualización del valor estimado de  $\mu$  se lleva a cabo con unas ciertas proporción de deslizamiento y velocidad del motor;

25 La Figura 29 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato de control de freno de ABS de acuerdo con la realización 7, que resulta de utilidad para la comprensión de la presente invención pero que no forma parte de esta;

La Figura 30 es un diagrama que muestra las fuerzas que se aplican a un neumático;

30 La Figura 31 es una curva S- $\mu$  que muestra la relación existente entre la relación de deslizamiento y la fuerza de rozamiento;

La Figura 32 es un gráfico que muestra los resultados de medición de la velocidad del coche y la velocidad de la rueda cuando un coche de pruebas se hace circular sobre una carretera mojada;

La Figura 33 es un gráfico que muestra los resultados de medición de la velocidad del coche y la velocidad de la rueda cuando un coche de pruebas se hace circular sobre una carretera con hielo; y

35 La Figura 34 es un gráfico que muestra los resultados de medición de la velocidad del coche y la velocidad de la rueda cuando un coche de pruebas equipado con el aparato de control de freno de ABS de la presente invención, se hace circular sobre una carretera con hielo.

#### Descripción de la realización preferida

40 Se describirán, en lo que sigue de esta memoria, realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan.

#### Realización 1

45 La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la constitución de un aparato 10 de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la Realización 1, que es de utilidad para la comprensión de la presente invención pero que no es de conformidad con la misma. El aparato 10 comprende una unidad de detección de vibración 10A y una unidad de tratamiento de señal 10B. La unidad de detección de vibración 10A tiene un sensor de aceleración 11 como medios de detección de vibración, a fin de detectar la vibración de un neumático que se transmite a una rueda, y la unidad de tratamiento de señal 10B tiene medios de análisis de frecuencia 14 que comprenden medios de ajuste de banda de frecuencias 12 y medios de detección de grado de vibración 13, y que analizan la frecuencia de una señal de información indicativa de la

vibración de la rueda detectada por el anterior sensor de aceleración 11, a fin de detectar un grado de vibración en una banda de frecuencias incluida dentro de un intervalo de frecuencias en el que el grado de vibración cambia de forma característica de acuerdo con las condiciones de una carretera y con el estado de marcha del neumático, esto es, al menos de 10 Hz a 10.000 Hz, del espectro de frecuencias de la anterior vibración (al que se hará referencia como “espectro de vibraciones” en lo que sigue de esta memoria), medios de almacenamiento de grado de vibración 15 para almacenar una tabla de grados de vibración 15T que muestra la relación existente entre las condiciones de una carretera o el estado de marcha de un neumático y el grado de vibración en una banda de frecuencias predeterminada del anterior espectro de vibraciones que se ha obtenido por adelantado, y medios de estimación 16 del estado de marcha de un neumático, destinados a estimar un coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y el estado de marcha de un neumático a partir del anterior grado de vibración, comparando el grado de vibración detectado por los anteriores medios de análisis de frecuencia 14 con la anterior tabla de grados de vibración 15T. Las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático son estimados a partir de la señal de información sobre la vibración de la rueda, detectada por el anterior sensor de aceleración 11.

La anterior tabla de grados de vibración 15T se ha preparado montando el sensor de aceleración 11 en un coche de pruebas, haciendo que el coche de pruebas circule sobre carreteras que tienen diferentes coeficientes de rozamiento  $\mu$  de la carretera, a una velocidad predeterminada V, por ejemplo, haciendo que el coche tenga una parte del neumático con problemas, cuya banda de rodadura se haya desgastado, y midiendo la vibración de la rueda 1.

En esta realización, se utiliza un sensor de aceleración piezoeléctrico, del tipo montado en superficie y bimorfo, como el anterior sensor de aceleración 11, el cual se almacena dentro de una caja 17 de sensores montada en una parte rebajada del lado del neumático de la llanta 2 de rueda perteneciente a la rueda según se muestra en las Figuras 2(A) y 2(B). En estas figuras, el número de referencia 3 denota una válvula de neumático instalada en la rueda 1.

En la anterior caja 17 de sensores se almacena un sensor de presión 18 destinado a supervisar la presión de un gas con el que se llena el neumático. El anterior sensor de aceleración 11 se monta sobre un sustrato 19 que monta el anterior sensor de presión 18, el cual tiene un circuito de detección de presión, batería, etc. El sustrato 19 es compartido por los sensores y monta los circuitos de excitación y de detección del sensor de aceleración 11, y la anterior batería es una fuente de suministro de energía compartida por el sensor de aceleración 11 y el sensor de presión 18.

El sensor de aceleración 11 o el sustrato en el que se monta el sensor de aceleración 11 puede estar instalado en una posición independiente del anterior sensor de presión 18 de la rueda 1, o bien el sustrato en que se montan los circuitos excitación y de detección para el sensor de aceleración 11 puede haberse instalado independientemente del sensor de aceleración 11. Para reducir las dimensiones del aparato, el sensor de aceleración 11 y su sustrato están, preferiblemente, instalados en la misma caja 17 de sensores que el sensor de presión 18, y al menos el sustrato se encuentra, preferiblemente, por encima del sustrato 19.

Se proporciona de forma subsiguiente una descripción del funcionamiento del anterior aparato 10 de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, a la hora de obtener el valor estimado del coeficiente de rozamiento  $\mu$  de una carretera.

Se detecta, primeramente, la vibración de la rueda 1 en el momento de la marcha por el sensor de aceleración 11, y la frecuencia de la señal de información detectada que es indicativa de la vibración de la rueda 1, es analizada por los medios de análisis de frecuencia 14 para detectar un grado de vibración en una banda de frecuencias predeterminada. Dicho más específicamente, el anterior grado de vibración que se ha de detectar por los medios de análisis de frecuencia 14 es un grado de vibración en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda predeterminada cuya frecuencia central está dentro de un intervalo en el que el grado de vibración cambia de forma característica de acuerdo con las condiciones de la carretera y con el estado de marcha del neumático, es decir, al menos de 10 Hz a 10.000 Hz, específicamente, un grado de vibración que tiene una anchura de banda que es entre el 1% y el 100% de la de la banda de frecuencias de detección (banda de frecuencias de la señal de información indicativa de la vibración de la rueda 1), dentro del intervalo de frecuencias de al menos entre 10 Hz y 10.000 Hz. Por ejemplo, cuando la anterior banda de frecuencias de detección es de 10 Hz a 5.000 Hz, el grado de vibración detectado por los medios de análisis de frecuencia 14 puede ser un grado de vibración situado en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda relativamente ancha, por ejemplo, de 800 Hz a 3.500 Hz, que es aproximadamente el 54% de la anterior banda de frecuencias de detección, o bien grados de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencias que tienen una anchura de banda relativamente estrecha, que son aproximadamente el 4%, el 8% y el 10% de la de la anterior banda de frecuencias de detección, por ejemplo, grados de vibración en entre 800 Hz y 1.000 Hz, entre 1.600 Hz y 2.000 Hz, y entre 3.000 Hz y 3.500 Hz. Cuando existen una pluralidad de bandas de frecuencias para la detección de los grados de vibración, la anchura de banda anterior es, preferiblemente, estrecha, por ejemplo, de 10 Hz a 500 Hz. En los medios de análisis de frecuencia 14, se ajustan una o más bandas de frecuencia por parte de los medios de ajuste de banda de frecuencias 12, y el (los) grado(s) de vibración en la(s) anterior(es) banda(s) de frecuencias es / son detectado(s) por los medios de detección de grado de vibración 13.

El (los) anterior(es) grado(s) de vibración detectado(s) es / son transmitido(s) a los medios 16 de estimación de las

condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, el cual compara entonces el (los) grado(s) de vibración anteriormente detectado(s) con la tabla de grados de vibración 15T, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento de la carretera,  $\mu$ , y el grado de vibración almacenado en los medios de almacenamiento de grados de vibración 15, a fin de obtener el valor estimado (valor estimado de  $\mu$ ) del coeficiente de rozamiento de la carretera, con lo que se hace posible estimar un coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera de forma precisa a partir de una señal de información indicativa de la vibración según la dirección circunferencial o la dirección de la anchura del neumático de la rueda, detectada por el sensor de aceleración 11.

La Figura 3 muestra espectros de vibraciones obtenidos montando en un coche un neumático que tiene una rueda provista de un sensor de aceleración destinado a detectar una vibración en la dirección circunferencial del neumático, y un sensor de aceleración destinado a detectar una vibración en la dirección de la anchura del neumático, haciendo que el coche marche sobre una carretera con asfalto ordinario a una velocidad constante de 60 km/h, midiendo la vibración en la dirección circunferencial del neumático de la rueda y la vibración en la dirección de la anchura del neumático, y analizando las frecuencias de las vibraciones. La frecuencia se representa gráficamente en el eje horizontal del gráfico, y la magnitud de un grado de vibración cuando 1G es 0 dB, se representa en el eje vertical. La línea continua del gráfico muestra el espectro de vibraciones en la dirección circunferencial del neumático de la rueda, y la línea discontinua muestra el espectro de vibraciones en la dirección de la anchura del neumático de la rueda.

Se lleva a cabo el mismo experimento que anteriormente en diversas carreteras que difieren unas de otras en el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, para obtener los espectros de vibraciones en las direcciones circunferencia y de la anchura de la rueda, a fin de ser comparados con un espectro de vibraciones obtenido haciendo que el coche marche sobre la carretera de asfalto seca anterior. Es posible confirmar, con ello, cómo difieren unos de otros los anteriores grados de vibración de acuerdo con las condiciones de la carretera en una pluralidad de bandas de frecuencias que están incluidas en el intervalo entre 10 Hz y 10.000 Hz.

En general, cuando el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de una carretera desciende, los grados de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencias se ven aumentados por el deslizamiento de la llanta de un neumático (deslizamiento en la dirección de la anchura).

La Figura 4 es un gráfico que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera medido por adelantado, y el valor estimado (valor estimado de  $\mu$ ) del coeficiente de rozamiento de la carretera obtenido a partir de la señal de información detectada, indicativa de la vibración de la rueda. Como es obvio de estos resultados, la correlación existente entre el valor estimado de  $\mu$  anterior y el coeficiente de rozamiento real  $\mu$  de la carretera es buena.

En consecuencia, puede confirmarse que el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera puede ser estimado con precisión detectando la vibración en la dirección longitudinal del neumático o en la dirección de la anchura por medio del sensor de aceleración 1, y comparando esta señal de información de vibración con la anterior tabla 15T de grados de vibración que muestra la relación existente entre los grados de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencias y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera.

De acuerdo con la realización 1, la frecuencia de una señal de información indicativa de la vibración de la rueda 1 detectada por el sensor de aceleración 11 montado en la llanta 2 de la rueda, es analizada por los medios de análisis de frecuencia 14 para detectar el grado de vibración del espectro de vibraciones obtenido, y este grado de vibración detectado se compara con la tabla 15T de grados de vibración, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y el grado de vibración almacenado en los medios de almacenamiento de grados de vibración 15, para estimar el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera. En consecuencia, el valor del coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera puede ser estimado con precisión y puede mejorarse la seguridad del coche.

En la anterior Realización 1, el sensor de aceleración 11 se monta en el lado del neumático de la llanta 2 de la rueda con el fin de detectar la vibración del neumático transmitida a la rueda 1. Como se muestra en la Figura 5(A), el sensor de aceleración 11 puede ser montado en el lado del disco de rueda de la llanta 2 de rueda. Alternativamente, como se muestra en la Figura 5(B), el sensor de aceleración 11 puede ser montado en el lado interior 5a de la banda de rodadura 5 del neumático 4 con el fin de detectar directamente la vibración del neumático 4.

En la anterior realización, se estima el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera. Sin embargo, pueden estimarse, no el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, sino las condiciones de un neumático tales como las condiciones ordinarias de una carretera (seca), las condiciones de una carretera que necesita atención (carretera mojada, carretera cubierta de nieve, etc.), o las condiciones peligrosas de una carretera (hidrodeslizamiento, carretera cubierta de nieve comprimida, carretera que tiene una superficie especular, o muy lisa, etc.).

O bien puede estimarse la propensión al deslizamiento, que es un estado de un neumático en marcha, a partir del anterior coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera.

En la anterior realización, la banda de frecuencias para detectar un grado de vibración para calcular un valor

5 estimado de  $\mu$  es una banda de frecuencias en la que el grado de vibración cambia de forma característica, seleccionada por la comparación del espectro de vibraciones obtenido al hacer que un coche marche sobre diferentes carreteras. Cuando esta banda de frecuencias es una banda de frecuencias alta que tiene una elevada correlación con el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, la precisión del valor estimado de  $\mu$  puede ser mejorada adicionalmente.

10 Dicho de forma más específica, el sensor de aceleración 11 se monta en un coche de pruebas, el coche se hace marchar sobre carreteras con diferentes condiciones (coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera) a una velocidad predeterminada  $V$  para obtener el espectro de vibraciones del neumático, y se detecta el valor de la banda de frecuencias (grado de vibración)  $x_i$  ( $i = 0$  a  $n$ ) de un grado de vibración en al menos una banda de frecuencias  $f_i$ , a fin de calcular el valor estimado de un coeficiente de rozamiento de la carretera (valor estimado de  $\mu$ ) a partir de la siguiente ecuación (1).

$$\text{Valor estimado de } \mu = 1 / [1 + \exp \{ - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n) \} ] \quad (1)$$

donde  $a_0$  es una constante, y  $a_1, a_2, \dots$  y  $a_n$  son coeficientes.

15 Se obtiene el coeficiente de correlación entre el valor estimado de  $\mu$  calculado a partir de la anterior ecuación (1) y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de una carretera medido por adelantado, para ajustar la anterior pluralidad de bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) de un modo tal, que el coeficiente de correlación se hace el más alto, y el valor estimado de  $\mu$  se calcula a partir de grados de vibración en las bandas de frecuencias ajustadas  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ), basándose en la anterior ecuación (1).

20 Cuando las bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) para detectar niveles de vibración a fin de calcular un valor estimado de  $\mu$ , son ajustadas en bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) que tienen una elevada correlación con el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, la precisión del valor estimado de  $\mu$  puede ser mejorada sin fallos, en comparación con un caso en el que el valor estimado de  $\mu$  se calcule ajustando una pluralidad de bandas de frecuencias  $f_i$  que se considera que tienen una gran valor  $x_i$  de banda de frecuencias, a partir de la comparación de espectros de vibración obtenidos simplemente haciendo que un coche marche sobre diferentes carreteras.

25 El número de bandas de frecuencias  $f_i$  para detectar el valor de banda de frecuencias (grado de vibración)  $x_i$  de una vibración utilizada para la detección del anterior coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, es, preferiblemente, 3 o más, pero puede ser 1 si se trata de una frecuencias  $f_i$  que refleja bien las condiciones de una carretera (coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera).

30 Mediante el uso del anterior método, los medios de almacenamiento de grados de vibración 15 pueden ser omitidos en el anterior aparato 10, y los medios de estimación 16 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático pueden obtener el valor estimado de  $\mu$  directamente a partir del valor de banda de frecuencias (grado de vibración)  $x_i$  de una vibración detectada por los medios de análisis de frecuencia 12 basándose en la anterior ecuación (1), y estimar las condiciones de la carretera utilizando el anterior valor estimado de  $\mu$ .

35 Es también posible estimar un problema del neumático a partir del anterior espectro de vibraciones. Más concretamente, cuando una parte de un neumático se desgasta, se produce una vibración especial cada vez que esa parte entra en contacto con la carretera, se detecta un grado de vibración en una banda de frecuencias de entre 10 Hz y 100 Hz del anterior espectro de vibraciones, y se compara con el grado de vibración en la misma banda de frecuencias de un neumático normal, de tal modo que puede estimarse si se produce algún problema en el neumático o no.

40 Mediante la detección de la frecuencia de la vibración natural del neumático a partir del grado de vibración en una banda de frecuencias de 200 Hz o menos de un espectro de vibraciones obtenido por el análisis de frecuencia de una señal de información de vibración obtenida del anterior sensor de aceleración 11, puede estimarse la presión interna del neumático. Es decir, puesto que existe una elevada correlación entre la frecuencia de la vibración natural del neumático y la presión interna real del neumático, se obtiene la frecuencia de la vibración natural del neumático a partir de datos del anterior espectro de vibraciones, se estima la presión interna del neumático a partir de la relación existente entre la frecuencia de la vibración natural del neumático y la presión interna del neumático, que se obtiene por adelantado, y esta presión interna estimada del neumático puede ser utilizada como la presión interna del neumático. Puede omitirse, por ello, el sensor de presión 18 instalado dentro de la caja 17 de sensores.

50 Cuando una carga aplicada a cada rueda de un coche es detectada mediante el montaje de un instrumento de medición de carga en cada rueda del coche, y se estiman las condiciones de una carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha de un neumático basándose en datos de la carga de cada rueda del coche, puede mejorarse adicionalmente la precisión de estimación de las condiciones de la carretera y el estado de marcha del vehículo.

55 Es decir, en un camión de gran tamaño en el que la carga aplicada a cada rueda cambia de forma importante de acuerdo con el peso de la carga transportada, como el coeficiente de rozamiento cambia de manera importante de acuerdo con la carga, el estado de vibración del neumático cambia de acuerdo con la carga (conforme la carga se

hace más grande, el coeficiente de rozamiento se reduce, pero el coche apenas patina). Para compensar esto, se prepara para cada carga, y se almacena, la tabla de grados de vibración 15T, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y el grado de vibración, y se estiman las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático basándose en datos sobre la carga de cada rueda detectados por el instrumento de medición de carga, el cual comprende una galga extensiométrica, con lo que se hace posible mejorar adicionalmente la precisión de la estimación.

Preferiblemente, se ha proporcionado en el aparato 10 un botón de restitución para inicializar el sistema, a fin de conocer el estado de rozamiento real entre el neumático y la carga tras recorrer una cierta distancia. No hay ningún problema cuando el espectro de vibraciones utilizado para estimar las condiciones de la carretera es el espectro de vibraciones del coche de pruebas real, que se ha introducido por adelantado. Puesto que el espectro de vibraciones difiere ligeramente de acuerdo con los tipos de coche, de rueda y de neumático, se hace al coche marchar sobre una de entre una carretera seca, una carretera mojada y una carretera cubierta de hielo y nieve, o sobre una pluralidad de carreteras, a fin de obtener los espectros de vibraciones en un cierto momento, y se estiman las condiciones de una carretera o un coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera basándose en los espectros de vibraciones obtenidos, con lo que se hace posible mejorar adicionalmente la precisión de la estimación.

Llegados a este punto, un pasajero aprieta el botón de restitución e introduce como entrada si la carretera está seca, mojada o cubierta de hielo y nieve. El aparato 10 compara el espectro de vibraciones para cada estado de una carretera almacenado por adelantado, con el espectro de vibraciones obtenido en el momento de la inicialización, a fin de introducir como entrada automáticamente si el estado de la carretera es seco, mojado o cubierto de hielo y nieve.

Alternativamente, un coche equipado con sensores para detectar la velocidad de una rueda, la aceleración del coche, la velocidad del ángulo de rotación del coche, etc., para el control del comportamiento de la carrocería del coche, puede dotarse de un sistema para la restitución adecuada por comparación entre un coeficiente de rozamiento de una carretera estimado de forma grosera a partir de estos datos, y un coeficiente de rozamiento de la carretera estimado por el aparato 10.

#### Realización 2

En la anterior realización 1, se detecta la vibración de la rueda 1. Como se muestra en la Figura 6, el sensor de aceleración 11 está montado en la suspensión 6 con el fin de detectar la vibración del neumático transmitida a la suspensión 6, al objeto de estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático.

Puesto que la suspensión 6 está provista de una pluralidad de miembros elásticos tales como unas calzas de caucho 7 como amortiguadores de la vibración, la vibración transmitida al neumático puede ser detectada de forma eficiente en esta realización. Por lo tanto, el sensor de aceleración 11 está montado en una porción no rotatoria integrada con un cubo 8 en el que está montada la rueda 1, y no en los brazos de suspensión 6a y 6b. Puesto que una vibración en la dirección de la anchura del neumático es transmitida a la suspensión 6 sin que haya sido atenuada, el anterior sensor de aceleración 11 se monta, preferiblemente, para detectar una vibración en la dirección de la anchura del cubo 8.

La Figura 7 muestra un espectro de vibraciones obtenido analizando la frecuencia de la vibración de la suspensión 6 cuando el sensor de aceleración 11 se monta en la suspensión de un coche de pasajeros y se hace marchar el coche sobre una carretera de asfalto ordinario y seco a una velocidad constante de entre 30 km/h y 90 km/h. El coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera puede ser estimado a partir de este espectro de vibraciones de la misma manera que en la anterior Realización 1.

La Figura 8 es un gráfico que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de una carretera medido por adelantado y el valor estimado de  $\mu$  obtenido a partir de la vibración detectada de la suspensión 6. Como resulta obvio de los resultados, el gráfico muestra una buena correlación entre el valor estimado de  $\mu$  obtenido a partir del grado de vibración detectado y el coeficiente de rozamiento real  $\mu$  de la carretera. Puede comprenderse por esto que el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera puede ser estimado con precisión a partir de la vibración de la suspensión 6.

#### Realización 3

La Figura 9 muestra la constitución de un aparato de control 20 de un coche, que comprende el aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha un neumático, que es de utilidad para comprender la presente invención pero que no forma parte de ella. El aparato 20 interconecta por radio un lado de rodadura (lado de rueda o de neumático) A en el que está montado el sensor de aceleración 11, y un lado B de la carrocería del coche, que no está rodando.

En el lado que rueda se han proporcionado el sensor de aceleración 11, una unidad 21 de tratamiento de datos destinada a convertir una señal de información de vibración detectada por el sensor de aceleración 11, en una señal digital, y comprimir la señal digital, y una unidad de RF (radiofrecuencia) 22 para transmitir por radio la señal

comprimida al lado B de la carrocería del coche y recibir señales de radio destinadas a accionar el sensor de aceleración 11 y la unidad 21 de tratamiento de datos, transmitidas desde el lado B de la carrocería del coche. En el lado BB de la carrocería del coche se han proporcionado una unidad de transmisión / recepción de radio (a la que se hará referencia en lo que sigue de esta memoria como “unidad de comunicación”), destinada a recibir la señal de información de vibración anteriormente comprimida y a transmitir las anteriores señales de radio al lado de rodadura A, una unidad de cálculo 24 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, destinada a restituir la anterior señal de información de vibración recibida a su estado inicial con el fin de analizar su frecuencia y estimar las condiciones de una carretera en el momento de la marcha, así como el estado de marcha de un neumático, a partir del espectro de vibraciones obtenido, y una unidad de control 25 de ABS (medios de control del coche), destinada a controlar la presión del aceite de un freno de ABS basándose en las condiciones de la carretera y en el estado de marcha del neumático, estimados por la anterior unidad de cálculo 24.

Con ello, la señal de información de vibración detectada en el lado del neumático o de la rueda, es tratada en el lado B de la carrocería del coche al objeto de estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático sin tener que proporcionar una línea de conexión de señal. Puesto que la presión del aceite del freno de ABS puede ser controlada de conformidad con las condiciones de la carretera y con el estado de marcha del neumático mediante la transmisión de datos sobre las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático estimados, a la unidad de control 25 de ABS, puede controlarse de forma estable el estado de marcha del coche. Puesto que el sensor de aceleración 11 y la unidad 21 de tratamiento de datos son accionados por radio desde el lado de la carrocería del coche, puede omitirse la provisión de una batería en el lado de rodadura A.

La anterior unidad de cálculo 24 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático tiene la misma constitución que la unidad de tratamiento de señal 10B del dispositivo 10 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, que se ha mostrado en la Figura 1 de la Realización 1.

Se ha proporcionado en el lado B de la carrocería del coche una antena para expandir tanto como sea posible el área de alcance de las ondas de radio en la circunferencia del neumático, y la unidad de RF 22 situada en el lado de rodadura A (lado del neumático o de la rueda) tiene un chip de IC [circuito integrado –“integrated circuit”–] sin contacto, en modo pasivo, el cual es activado por una fuerza electromotriz inducida generada por la recepción de una débil onda de radio procedente de la unidad de comunicación 23, a través de la antena, activa el sensor de aceleración 11 y la unidad 21 de tratamiento de datos, y convierte y comprime los datos de vibración detectados por el sensor de aceleración 11, a fin de transmitir los datos comprimidos al lado A de la carrocería del coche. La función de antena para transmitir los datos anteriores puede ser proporcionada a una válvula de neumático (véase la Figura 1) instalada en la rueda 1, o bien la antena puede proporcionarse en la periferia de la llanta 2 de la rueda.

Una vez que la vibración de una rueda en rodadura fue realmente detectada con el aparato 20 y su espectro de vibraciones se midió en el lado B de la carrocería del coche para ser comparado con los espectros de vibración mostrados en la Figura 3 de la anterior Realización 1, se confirmó que eran similares entre sí.

De esta forma, de acuerdo con esta Realización 3, la unidad 21 de tratamiento de datos se proporciona en el lado de rodadura A (lado del neumático o de la rueda), en el que se ha montado el sensor de aceleración 11, la señal de información de vibración detectada por el anterior sensor de aceleración 11 es convertida en una señal digital y comprimida para ser transmitida al lado B de la carrocería del coche, y la anterior señal de información de vibración es restituida a su estado inicial por la unidad de cálculo 24 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, proporcionada en el lado B de la carrocería del coche, a fin de analizar su frecuencia para estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático a partir de la vibración del neumático o de la rueda. Se hace posible, por lo tanto, la comunicación de datos continua entre el lado de rodadura A y el lado B de la carrocería del coche, con lo que se hace posible mejorar la precisión de la detección de la vibración y controlar el estado de marcha del coche de un modo estable.

Puesto que el sensor de aceleración 11 y la unidad 21 de tratamiento de datos son accionados por radio desde el lado B de la carrocería del coche, es posible omitir la batería y la unidad de detección de vibración puede ser reducida en tamaño y en peso. Cuando la comunicación de datos se lleva a cabo utilizando una batería, la vida útil de la batería se acorta y esta debe ser sustituida. Sin embargo, esta realización no conlleva este problema y posibilita estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático de forma estable y durante un largo tiempo.

El neumático o la rueda puede dotarse de una unidad de tratamiento de FFT [transformada de Fourier rápida –“Fast Fourier Transform”–] para analizar la frecuencia de la señal de información de vibración en el lado de rodadura A, a fin de obtener un valor estimado de  $\mu$  y transmitirlo al lado B de la carrocería del coche. Dicho más específicamente, tal como se muestra en la Figura 10, la unidad de cálculo 24 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del vehículo se proporciona en el lado de rodadura A (lado del neumático o de la rueda) para analizar la frecuencia de la señal de información indicativa de la vibración del neumático o de la rueda detectada por el sensor de aceleración 11, a fin de estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático, y se transmiten datos sobre las condiciones estimadas de la carretera y el estado de marcha estimado del neumático al lado B de la carrocería del coche, desde la unidad de RF 22. En el lado B de la carrocería del coche, los datos recibidos son transmitidos a la unidad de control 25 de ABS al objeto de controlar la presión del aceite del freno de

ABS.

Al construir el anterior aparato 20A de control del coche, se hace posible una comunicación de datos continua entre el lado de rodadura A y el lado B de la carrocería del coche, como en la anterior Realización 3, y puede, con ello, mejorarse la precisión en la estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, a fin de controlar el estado de marcha del coche de forma estable.

Cuando se obtuvo el valor estimado de  $\mu$  a partir de un espectro de vibraciones obtenido analizando realmente la frecuencia de la señal de información de vibración en el lado de la rueda y transmitida al lado B de la carrocería del coche, para que fuera comparado con el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, se observó la misma correlación que en la Figura 4 de la anterior Realización 1.

#### Realización 4

En las anteriores Realizaciones 1 y 2, la frecuencia de la señal de información indicativa de la vibración del neumático 4, de la rueda 1 o de la suspensión 6, detectada por el sensor de aceleración 11, es analizada para detectar el grado de vibración del espectro de vibraciones obtenido, a fin de estimar las condiciones de la carretera y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera. Las condiciones de la carretera y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera pueden ser estimados detectando un cambio en la presión de un gas con el que se llena el interior de cada neumático de un coche en marcha.

La Figura 11 es un diagrama de bloques de un aparato 30 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, de acuerdo con esta Realización 4. En la Figura 11, el número de referencia 31 denota un sensor de presión como medios de detección de cambios de presión proporcionados en el neumático, la referencia 32 denota medios de análisis de frecuencia, que tienen unos medios de ajuste de banda de frecuencias 33 y unos medios de detección de grado de cambio de presión 34, destinados a analizar la frecuencia de una componente de microvibración (componente de CA [alterna]) en el eje de tiempos de la salida del sensor de presión 31, que es una señal indicativa de un cambio en la presión del gas con el que se llena el neumático, detectado por el anterior sensor de presión 31 al objeto de detectar un grado de vibración en una banda de frecuencias incluida dentro de un intervalo de frecuencias en el que el grado de vibración es modificado de forma característica por las condiciones de la carretera y por el estado de marcha del neumático, perteneciente al espectro de frecuencias del anterior cambio de presión (al que se hará referencia, en lo que sigue de esta memoria, como "espectro de cambios de presión"), que es, al menos, de 10 Hz a 10.000 Hz, la referencia 35, medios de almacenamiento de grado de cambio de presión, destinados a almacenar una tabla de grados de cambio de presión 35T, la cual muestra la relación existente entre las condiciones de la carretera o el estado de marcha del neumático y un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias predeterminada (a la que se hará referencia en lo que sigue de esta memoria como "valor de banda de frecuencias de un cambio de presión") que se obtiene por adelantado, y la referencia 36, medios de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, destinados a estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático comparando el grado de cambio de presión detectado por los anteriores medios de análisis de frecuencia 32, con la anterior tabla de grados de cambio de presión 35T.

La anterior tabla de grados de cambio de presión 35T se prepara montando el sensor de presión 31 en un coche de pruebas, haciendo que el coche marche sobre diferentes carreteras que difieren en las condiciones (coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera) a una velocidad predeterminada V, o haciendo que marche un coche equipado con un neumático fabricado para pruebas, correspondiente a una parte de neumático con problemas, cuya banda de rodadura se haya desgastado, y midiendo de forma real un cambio en la presión de un gas contenido dentro del neumático.

En esta realización, como se muestra en las Figuras 12(A) y 12(B), el anterior sensor de presión 31 se ha montado sobre un sustrato 37 que monta partes de circuito que incluyen un circuito de detección, y se ha almacenado dentro de una caja 38 de sensores montada en la porción rebajada del lado del neumático de llanta 2 de rueda perteneciente a la rueda 1, y el lado de la rueda (lado de rodadura) A y el lado B de la carrocería del coche, que no rueda, están interconectados por radio, tal como se muestra en la Figura 13.

En el lado A de la rueda se han proporcionado el anterior sensor de presión 31, la unidad 41 de tratamiento de datos para convertir una señal indicativa de un cambio en la presión del gas que llena el interior del neumático, detectada por el sensor de presión 31, en una señal digital y comprimir la señal digital, y una unidad de RF (radiofrecuencia) 42, destinada a transmitir por radio esta señal comprimida al lado B de la carrocería del coche. En el lado B de la carrocería del coche se han proporcionado una unidad de recepción 43, destinada a recibir la anterior señal comprimida, y una unidad de cálculo 44 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, destinada a restituir la señal comprimida recibida a su estado inicial para analizar su frecuencia y estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático a partir del espectro de cambios de presión obtenido. La unidad de cálculo 44 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático está compuesta por los medios de análisis de frecuencia 32, los medios de almacenamiento de grados de cambio de presión 35, y los medios de estimación 36 de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, mostrados en la Figura 11. Por lo tanto, pueden estimarse las condiciones de la carretera y el estado de marcha del

neumático mediante el tratamiento, en el lado B de la carrocería del automóvil, de la señal de cambio de presión detectada en el lado de la rueda en rodadura, sin tener que proporcionar una línea de conexión de señal.

Se proporciona subsiguientemente una descripción del funcionamiento del anterior aparato 30 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, cuando se ha de obtener el valor estimado del coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera.

Se detecta, en primer lugar, un cambio en la presión del gas que llena el interior del neumático, en el momento de la marcha, por el sensor de presión 31, y la frecuencia de este cambio es analizada por los medios de análisis de frecuencia 32 para detectar un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias predeterminada. Dicho más específicamente, el anterior grado de cambio de presión detectado por los medios de análisis de frecuencia 32 es un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda predeterminada cuya frecuencia central se encuentra dentro de un intervalo de frecuencias en el que su grado de vibración se ve modificado de forma característica por las condiciones de la carretera y por el estado de marcha del neumático, es decir, al menos entre 10 Hz y 10.000 Hz. Puede ser, por ejemplo, un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda relativamente ancha, por ejemplo, de 800 Hz a 3.500 Hz, o bien grados de cambio de presión en una pluralidad de bandas de frecuencias que tienen una anchura de banda relativamente estrecha, por ejemplo, de 800 Hz a 1.000 Hz, de 1.600 Hz a 2.000 Hz y de 3.000 Hz a 3.500 Hz. En los medios de análisis de frecuencia 32, se ajustan la anterior o una pluralidad de bandas de frecuencias por los medios de ajuste de banda de frecuencias 33, y el (los) grado(s) de vibración en la(s) banda(s) de frecuencias es / son detectado(s) por los medios de detección de grado de vibración 34.

El (los) anterior(es) grado(s) de vibración detectado(s) es / son transmitido(s) a los medios 36 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático, el cual compara el (los) grado(s) de cambio de presión detectado(s) en una(s) banda(s) de frecuencias predeterminada(s) (valor de banda de frecuencias de un cambio de presión) con la tabla de grados de cambio de presión 35T, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento de la carretera,  $\mu$ , y el valor de banda de frecuencias de un cambio de presión almacenado en los medios de almacenamiento de grados de cambio de presión 35, a fin de obtener un valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera (valor estimado de  $\mu$ ), con lo que se hace posible estimar las condiciones de la carretera (coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera) de forma precisa.

Pueden ser estimados, no el valor estimado del coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, sino las condiciones de la carretera, por ejemplo, las condiciones normales de una carretera (en seco), las condiciones de una carretera que necesita atenciones (carretera mojada, carretera cubierta de nieve, etc.) o las condiciones peligrosas de una carretera (hidrodeslizamiento, carretera cubierta de nieve comprimida, carretera que tiene una superficie especular, o muy lisa, etc.).

Alternativamente, puede estimarse la propensión al deslizamiento, que es un estado del neumático en marcha, a partir del anterior coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera.

Es también posible estimar un problema del neumático a partir del anterior espectro de cambios de presión. Dicho más específicamente, cuando una parte de la banda de rodadura del neumático se desgasta, se produce una vibración especial cada vez que esa parte entra en contacto con la carretera. En consecuencia, puede estimarse la ocurrencia de algún problema en el neumático detectando un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias de entre 10 Hz y 100 Hz del anterior espectro de cambios de presión, y comparándolo con el grado de cambio de presión de un neumático normal. Es decir, puesto que el grado de cambio de presión en una banda de frecuencias de entre 10 Hz y 100 Hz es un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que es sincrónica con la velocidad de revolución del neumático, puede estimarse un problema del neumático detectando el grado de cambio de presión anterior y comparándolo con un grado de cambio de presión en el momento del funcionamiento normal. Más específicamente, cuando el anterior cambio de presión detectado es el 20% más alto, o más, que el grado de cambio de presión en el momento del funcionamiento normal, se estima se hay algún problema en el neumático.

El método de ajustar una banda de frecuencias para detectar un grado de cambio de presión utilizado para estimar el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera o las condiciones de la carretera por medio de los anteriores medios de ajuste de banda de frecuencias 33, es el mismo que en la anterior Realización 1. El valor estimado de  $\mu$  se calcula tomando el valor de banda de frecuencias  $x_i$  de una vibración como el valor de banda de frecuencias  $x_i$  de un cambio de presión (grado de cambio de presión) en la ecuación (1), a fin de calcular el valor estimado de  $\mu$ , que se da de nuevo en lo que sigue, se obtiene el coeficiente de correlación entre el valor estimado de  $\mu$  calculado y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera medido por adelantado, y se ajustan las bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) para detectar un grado de cambio de presión, a fin de asegurarse de que este coeficiente de correlación se hace el más alto. El número de las anteriores bandas de frecuencias  $f_i$  es, preferiblemente, 3 o más.

$$\text{Valor estimado de } \mu = 1 / [1 + \exp \{ - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n ) \}] \quad (1)$$

donde  $a_0$  es una constante, y  $a_1, a_2, \dots$  y  $a_n$  son coeficientes. Cuando únicamente se han estimado las condiciones de la carretera o el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera, no es necesario almacenar la relación entre las

condiciones de la carretera o el estado de marcha del neumático y un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias predeterminada. Por lo tanto, pueden omitirse del anterior aparato 30 los medios de almacenamiento de grado de cambio de presión 35, y los medios 36 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático pueden obtener el valor estimado  $\mu$  directamente del valor de banda de frecuencias  $x_i$  de un cambio de presión detectado por los medios de análisis de frecuencia 32, basándose en la anterior ecuación (1), o estimar las condiciones de la carretera a partir del anterior valor estimado de  $\mu$ .

Así, pues, de acuerdo con la Realización 4, el sensor de presión 31 está montado en la llanta 2 de rueda perteneciente a la rueda 1, con el fin de detectar la presión del gas que llena el interior del neumático del coche que marcha, se analiza, por parte de los medios de análisis de frecuencia 32, la frecuencia de la componente de microvibración (componente de CA) en el eje de tiempos de la señal de presión detectada, a fin de detectar el grado de cambio de presión del espectro de cambios de presión obtenido, y el grado de cambio de presión detectado se compara con la tabla de grados de cambio de presión 35T, que muestra la relación existente con las condiciones de la carretera y con el estado de marcha del neumático, almacenados en los medios de almacenamiento de grado de cambio de presión 35, al objeto de estimar el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y un problema con el neumático. En consecuencia, pueden estimarse con precisión las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático.

Como la presión interna del neumático puede ser detectada a partir del valor absoluto (componente de CC [continua]) de la salida del sensor de presión 31, puede utilizarse en el aparato 30, como el anterior sensor de presión 31, un sensor de presión para uso en un sistema supervisor de la presión interna del neumático que es, en efecto, muy popular en la actualidad. Puede reducirse, de conformidad con esto, el coste al suprimir un incremento de coste como consecuencia de la adición de hardware.

Puesto que la presión interna del neumático es detectada por el anterior sensor de presión 31, es posible estimar la presión interna anormal del neumático, que es uno de los estados de marcha del neumático.

Cuando el anterior aparato 30 de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático se dota de medios para detectar la velocidad del coche y de la tabla de grados de cambio de presión 35T, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y el valor de banda de frecuencias de un cambio de presión para cada velocidad del coche, a fin de estimar las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático basándose en datos sobre la velocidad del coche, además de datos sobre el espectro de cambios de presión, puede mejorarse adicionalmente la precisión de la estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático.

Por otra parte, es también posible estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático basándose en datos sobre la carga de cada rueda, al montar un instrumento de medición de carga en cada rueda del coche para detectar la carga aplicada a cada rueda.

Es decir, en un camión de gran tamaño en el que la carga aplicada a cada rueda cambia de forma importante de acuerdo con el peso de la carga transportada, como el coeficiente de rozamiento cambia de manera importante de acuerdo con la carga, el estado de vibración del neumático cambia de acuerdo con la carga (conforme la carga se hace más grande, el coeficiente de rozamiento se reduce, pero el coche apenas patina). Para compensar esto, se prepara para cada carga, y se almacena, la tabla de grados de vibración 15T, que muestra la relación existente entre el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera y el grado de vibración, y se estiman las condiciones de la carretera y el estado de marcha de un neumático basándose en datos sobre la carga de cada rueda detectados por el instrumento de medición de carga, con lo que se hace posible mejorar adicionalmente la precisión de la estimación.

<Ejemplo 1>

La Figura 14 muestra espectros de cambios de presión obtenidos montando el sensor de presión 11 en un coche de pruebas, haciendo que el coche marche sobre una carretera de asfalto ordinario (carretera de asfalto seca) y una carretera deslizante, cubierta de nieve, a  $V = 20$  km/h, a fin de medir cambios en la presión interna del neumático, y analizando las frecuencias de los cambios. La frecuencia se representa gráficamente en el eje horizontal del gráfico, y la magnitud de un grado de cambio de presión cuando  $2 \times 10^{-2}$  Pa es 0 dB, se representa gráficamente en el eje vertical. La línea continua y delgada del gráfico muestra datos referidos a la carretera de asfalto seca, y la línea continua y gruesa muestra datos referidos a la carretera con nieve.

Se comprende por la Figura 14 que el grado de cambio de presión es alto para un intervalo de frecuencias alto de 1.000 Hz o más, sobre una carretera deslizante con nieve. Se considera que esto es debido a que la restricción de la superficie de la banda de rodadura del neumático en contacto con la carretera se hace pequeña sobre la carretera deslizante con nieve, y la superficie de la banda de rodadura genera una vibración de deslizamiento que hace oscilar el gas dentro del neumático.

Se confirma, por lo tanto, que, cuando la relación existente entre el grado de cambio de presión y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera se investiga por adelantado, es posible estimar por adelantado las condiciones de la carretera (coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera) mediante la supervisión, en todo momento, de un cambio en

la presión interna del neumático.

Este método puede ser aplicado a la vibración de un neumático, a la vibración de una rueda y a la vibración de una suspensión.

<Ejemplo 2>

5 La Figura 15 y al Figura 16 muestran los resultados de correlaciones entre los valores estimados de  $\mu$  calculados de la anterior ecuación (1) midiendo un cambio en la presión interna de un neumático y la vibración de una rueda bajo las diversas condiciones de carreteras por el mismo método que en el Ejemplo 1, y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera realmente medido, respectivamente. El grado de vibración y el grado de cambio de presión utilizados en el cálculo del valor estimado de  $\mu$  son un grado de vibración y un grado de cambio de presión en una banda de  
10 frecuencias ajustada por el método de la anterior Realización 1, respectivamente.

En todos los casos de un cambio en la presión interna del neumático y de la vibración de la rueda, se confirma que el valor del coeficiente de rozamiento de la carretera puede ser obtenido con precisión debido a que el valor estimado de  $\mu$  muestra una alta correlación con el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera. Los mismos resultados se obtuvieron para la vibración de un neumático y la vibración de una suspensión.

15 Realización 5

En las anteriores Realizaciones 1 a 4, se detecta la vibración de un neumático, la vibración de una rueda, la vibración de una suspensión o un cambio en la presión interna de un neumático a fin de estimar las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático. Con el método anterior, no pueden distinguirse claramente entre sí una carretera deslizante cubierta de hielo y nieve y el hidrodeshlizamiento.

20 Los inventores de la presente invención han estudiado el anterior espectro de vibraciones o el espectro de cambios de presión en detalle y han encontrado que, cuando se produce el hidrodeshlizamiento, el grado de vibración o el grado de cambio de presión cerca de la frecuencia fundamental del paso de configuración del neumático se hace grande de forma característica.

25 En esta realización, tal como se muestra en la Figura 17, un aparato 30H de estimación de las condiciones de la carretera y del estado de marcha del neumático se construye añadiendo unos medios de detección de hidrodeshlizamiento 50 al aparato 30 de la anterior realización 4 para detectar un grado de vibración o un grado de cambio de presión cerca de la frecuencia fundamental del paso de configuración del neumático, al objeto de estimar la ocurrencia de hidrodeshlizamiento al mismo tiempo.

30 En la Figura 17, el número de referencia 51 denota unos medios de detección de la velocidad del coche destinados a detectar la velocidad del coche, el número de referencia 52, unos medios de cálculo de frecuencia de paso de configuración, destinados a calcular una frecuencia de paso de configuración a partir de datos sobre la velocidad del coche obtenidos de los anteriores medios 51 de detección de la velocidad del coche, y el número de referencia 53, segundos medios de análisis de frecuencia destinados a analizar la frecuencia de la salida del sensor de presión 31, los cuales están provistos de unos segundos medios de ajuste de banda de frecuencias 54, destinados a ajustar la  
35 banda de frecuencias para detectar un grado de cambio de presión, en una banda de frecuencias que incluye la anterior frecuencia de paso de configuración, y de unos medios 55 de detección de grado de vibración de hidrodeshlizamiento, destinados a detectar un grado de cambio de presión en la anterior banda de frecuencias ajustada.

40 El número de referencia 56 denota unos medios de estimación de hidrodeshlizamiento, destinados a estimar la ocurrencia de hidrodeshlizamiento comparando el anterior grado de cambio de presión detectado con un valor de umbral predeterminado.

45 En los anteriores medios de detección de hidrodeshlizamiento 50, los medios de cálculo de frecuencia de paso de configuración 52 calculan una frecuencia de paso de configuración  $F_p$  a partir de los datos  $V$  de velocidad del coche detectados por los medios 51 de detección de la velocidad del coche, de la longitud circunferencial  $L$  del neumático y del número  $n$  de bloques de configuración de banda de rodadura, basándose en la siguiente ecuación (2).

$$F_p \text{ ( Hz )} = V \text{ ( km / h )} \times 1.000 \text{ ( m / km )} \div 3.600 \text{ ( s / h )} \div L \text{ ( m )} \times n \quad (2)$$

50 Una vez que se detecta un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias correspondiente a la anterior frecuencia de paso de configuración  $F_p$  del espectro de cambios de presión, por parte de los medios de detección del grado de vibración de hidrodeshlizamiento 55 de los segundos medios de análisis de frecuencias 53, el grado de cambio de presión detectado y un valor de umbral predeterminado son comparados uno con otro por los medios de estimación de hidrodeshlizamiento 56. Cuando el anterior grado de cambio de presión excede el anterior valor de umbral, se estima que se está produciendo el hidrodeshlizamiento.

Con ello, pueden distinguirse claramente una de otra una carretera deslizante que está cubierta de hielo y nieve y el hidrodeshlizamiento.

En el caso de que el anterior valor de umbral pueda ser adecuadamente cambiado, por ejemplo, por una carga aplicada a cada rueda, es posible mejorar adicionalmente la precisión de la estimación del hidrodeshlizamiento.

5 En la anterior Realización 5, el hidrodeshlizamiento se estima detectando un cambio en la presión del gas contenido en el neumático por medio del sensor de presión 31. El hidrodeshlizamiento puede también ser estimado a partir de un espectro de vibraciones obtenido detectando la vibración de un neumático, de una banda de rodadura o de una suspensión con el sensor de aceleración, y analizando la frecuencia de la vibración.

10 En la anterior realización, cuando el grado de cambio de presión en la banda de frecuencias de paso de configuración excede un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está haciendo *aquaplaning*, o hidrodeshlizándose. Cuando se obtiene un grado de vibración o un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que no se ve afectada por la anterior frecuencia de paso de configuración, y la relación entre el grado de vibración o el grado de cambio de presión en la banda de frecuencias de paso de configuración, y el anterior grado de vibración o grado de cambio de presión supera un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está en hidrodeshlizamiento. Puede mejorarse, con ello, la precisión en la estimación del hidrodeshlizamiento.

15 La función de los anteriores segundos medios de análisis de frecuencia 53 puede ser encomendada, también, a los anteriores medios de análisis de frecuencia 32.

<Ejemplo 3>

20 Se montó un sensor de presión en un coche de pruebas, y el coche de pruebas se hizo marchar sobre una carretera que tenía una profundidad de agua de 10 mm, a  $V = 90$  km/h. Se produjo el hidrodeshlizamiento y el coche entró en unas condiciones de peligro tales, que el control de la carrocería del coche por el accionamiento del volante de dirección o de los frenos fue imposible.

Cuando se midió el cambio en la presión interna del neumático bajo las anteriores condiciones y se analizó la frecuencia del cambio para obtener un espectro de cambios de presión, tal como se muestra en la Figura 18, se encontró que el grado de vibración en una banda de frecuencias de entre 900 Hz y 1.000 Hz era característicamente alto.

25 Cuando se llevó a cabo un experimento similar montando un sensor de aceleración en el coche de pruebas para obtener un espectro de vibraciones, tal como se muestra en la Figura 19, el pico del grado de vibración se observó en la misma banda de frecuencias que la de la Figura 18.

El neumático utilizado en el anterior coche de pruebas era un neumático para coches de pasajeros que tenía el tamaño 195/60R15, y su frecuencia de paso puede calcularse con la ecuación anterior (2), como sigue.

30 
$$90 \text{ (km / h)} \times 1.000 \text{ (m / km)} \div 3.600 \text{ (s / h)} \div 1.885 \text{ (m)} \times 70 = 943 \text{ Hz}$$

35 Es decir, se entiende que el grado de cambio de presión y el grado de vibración son altos en una banda de frecuencias de entre 900 Hz y 1.000 Hz del espectro de cambios de presión mostrado en la Figura 18 y del espectro de vibraciones mostrado en la Figura 19, debido a que una película de agua situada entre la banda de rodadura del neumático y la carretera choca con el bloque de la banda de rodadura para incrementar el cambio de presión y la vibración a la frecuencia fundamental del paso del bloque. Se confirma, con ello, que el hidrodeshlizamiento puede ser estimado detectando un cambio en la presión interna del neumático en la vibración del neumático, de la rueda o de la suspensión, que muestra el anterior comportamiento.

<Ejemplo 4>

40 La Figura 20 muestra la relación de grados de vibración en las dos bandas de frecuencias siguientes, que se calculan haciendo que un coche de pruebas equipado con un sensor de aceleración en cada rueda circule sobre una carretera que tiene una profundidad de agua de 10 mm y sobre una carretera de asfalto seca a diferentes velocidades, a fin de obtener espectros de vibraciones (grado de vibración en una banda de frecuencias de entre 900 Hz y 1.000 Hz) / (grado de vibración en una banda de frecuencias de entre 100 Hz y 200 Hz).

45 En el caso de marcha sobre la carretera que tiene una profundidad de agua de 10 mm, se encontró que, cuando la velocidad del coche supera 75 km/h, la relación de grados de vibración se incrementa abruptamente. Entonces, ajustando el valor de umbral en 0,3, puede estimarse el hidrodeshlizamiento sin errores.

Realización 6

50 En las anteriores Realizaciones 1 a 5 se describe el método para estimar el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de una carretera en el momento de la marcha recta a una velocidad constante, una aceleración o una deceleración suaves, o un movimiento del volante. Cuando un deslizador del neumático sobre la carretera es extremadamente grande, por ejemplo, la relación de deslizador, que es la relación entre la velocidad del neumático y la velocidad de la carrocería del coche, se hace alta cuando se acelera la velocidad o se pisa el freno, el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera tiende a hacerse más pequeño que el valor real. En consecuencia, cuando el

deslizamiento es grande, las condiciones de la carretera y el grado de peligro pueden ser juzgados erróneamente. Para hacer frente a esto, en esta realización, como se muestra en la Figura 21, que no forma parte de la presente invención, se construye, como aparato 10 de la anterior Realización 1, un aparato 60 de estimación de las condiciones de una carretera provisto de unos medios de salida del valor estimado de  $\mu$  62 destinados a actualizar el valor estimado de  $\mu$  basándose en una señal de control procedente de unos medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEJÓN del conmutador de freno, y a suministrar como salida la señal actualizada a unos medios 70 de control del coche destinados a controlar las condiciones de la marcha del coche, de tal manera que el valor estimado de  $\mu$  es detectado justo antes de la aceleración o deceleración drástica para llevar a cabo el control apropiado del coche desde el principio utilizando este valor estimado de  $\mu$ , al objeto de evitar que el sistema funcione mal por causa del anterior deslizamiento.

En la Figura 21, el número de referencia 11 denota un sensor de aceleración para detectar la vibración de un neumático, el número de referencia 12, medios de análisis de frecuencia para analizar la frecuencia de una señal de información de vibración indicativa de la vibración de una rueda detectada por el anterior sensor de aceleración 11, a fin de detectar un grado de vibración en una banda de frecuencias incluida en un intervalo de frecuencias en el que el grado de vibración se ve modificado de forma característica por las condiciones de la carretera o por el estado de marcha del neumático, esto es, al menos de 10 Hz a 10.000 Hz, del espectro de frecuencias de la anterior vibración (al que se hará referencia como "espectro de vibraciones" en lo que sigue de esta memoria), la referencia 16Z, medios de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera, destinados a calcular el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera (valor estimado de  $\mu$ ) a partir de los datos sobre el anterior grado de vibración, basándose en la ecuación (1) para calcular el valor estimado de  $\mu$ , el número de referencia 61, medios de detección de CONEXIÓN / DESCONEJÓN del conmutador de freno, destinados a detectar el estado de CONEXIÓN / DESCONEJÓN de un conmutador de freno, y el número de referencia 62, medios de salida de valor estimado de  $\mu$ , destinados a actualizar el valor estimado de  $\mu$  calculado, basándose en una señal de control procedente de los anteriores medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEJÓN del conmutador de freno, y a suministrarlo como salida a los medios 70 de control del coche para controlar las condiciones de marcha del coche.

En esta Realización, el anterior sensor de aceleración 11 está montado en la porción rebajada del lado del neumático de la llanta 2 de rueda perteneciente a la rueda 1, como en la anterior Realización 1, con el fin de detectar la vibración de la rueda 1 transmitida desde el neumático 4.

Se proporciona subsiguientemente una descripción del funcionamiento del anterior aparato 60 de estimación de las condiciones de la carretera.

Una vibración transmitida a la rueda 1 desde el neumático es detectada por el sensor de aceleración 11, y la frecuencia de la señal de información de vibración detectada es analizada por los medios de análisis de frecuencia 12 para detectar un grado de vibración en una banda de frecuencias predeterminada. Dicho más específicamente, el anterior grado de vibración detectado por los medios de análisis de frecuencia 12 es un grado de vibración en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda predeterminada cuya frecuencia central está comprendida en un intervalo en el que el grado de vibración se ve modificado de forma característica por las condiciones de la carretera y por el estado de marcha del neumático, esto es, al menos de 10 Hz a 10.000 Hz. Puede tratarse de un grado de vibración en una banda de frecuencias que tiene una anchura de banda relativamente ancha, por ejemplo, entre 800 Hz y 3.500 Hz, o de grados de vibración en una pluralidad de bandas de frecuencias que tienen una anchura de banda relativamente estrecha, por ejemplo, entre 800 Hz y 1.000 Hz, entre 1.600 Hz y 2.000 Hz, y entre 3.000 Hz y 3.500 Hz. En los medios de análisis de frecuencia 12, los medios de ajuste de banda de frecuencias 13 ajustan las anteriores banda de frecuencias o pluralidad de bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ), y los medios de detección de grado de vibración 14 detectan el (los) grado(s) de vibración en la(s) banda(s) de frecuencias, es decir, el (los) valor(es) de banda de frecuencias  $x_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) de la vibración.

La detección del (de los) anterior(es) valor(es) de banda de frecuencias  $x_i$  de la vibración por parte de los medios de análisis de frecuencia 12, que tienen los medios de ajuste de banda de frecuencias 13 y los medios de detección de grado de vibración 14, puede ser generalmente realizada por un analizador de FFT, que es un analizador de frecuencia que hace uso de la transformada de Fourier de alta velocidad (FFT).

Los medios 16Z de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera calculan un valor estimado de  $\mu$  a partir del (de los) anterior(es) valor(es)  $x_i$  de banda de frecuencias de vibración detectado(s), basándose en la ecuación (1) para calcular el valor estimado de  $\mu$ , que se proporciona de nuevo en lo que sigue.

$$\text{Valor estimado de } \mu = 1 / [1 + \exp \{ - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n ) \}] \quad (1)$$

donde  $a_0$  es una constante, y  $a_1, a_2, \dots$  y  $a_n$  son coeficientes.

Se obtiene el coeficiente de correlación entre el valor estimado de  $\mu$  calculado por la anterior ecuación (1) y el coeficiente de rozamiento  $\mu$  de la carretera obtenido por adelantado, y se ajustan la pluralidad de bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) para calcular el anterior valor estimado de  $\mu$ , a fin de asegurarse de que este coeficiente de correlación se hace el más alto.

Los anteriores medios 16Z de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera calculan el valor estimado de  $\mu$  a partir del (de los) grado(s) de vibración  $x_i$  en la(s) banda(s) de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) ajustada(s) por el anterior método y detectada(s) por los medios de detección de grado de vibración 14, pertenecientes a los medios de análisis de frecuencia 12, basándose en la anterior ecuación (1).

5 El valor estimado de  $\mu$  calculado por los anteriores medios 16Z de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera, es suministrado a los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62. Los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62 actualizan el valor estimado de  $\mu$  con un valor estimado de  $\mu$  transmitido desde los anteriores medios 16Z de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera cuando no se suministra como entrada una señal de suspensión de actualización procedente de los medios 16 de detección de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, y suministran como salida el valor estimado de  $\mu$  actualizado a los medios 70 de control del coche. Cuando se suministra como entrada la anterior señal de suspensión de actualización, el valor estimado de  $\mu$  no es actualizado y se suministra como salida a los medios 70 de control del coche el valor estimado de  $\mu$  antes de pisar el freno.

15 Se describirá con mayor detalle el método para actualizar el anterior valor estimado de  $\mu$  con referencia al diagrama de flujo de la Figura 22.

En la etapa S10, se calcula el valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_n$ , y, en la etapa S11, se actualiza el valor estimado de  $\mu$  en el anterior  $\mu_n$ . En la etapa S12, el estado del conmutador de freno es detectado por los medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno. Cuando el conmutador de freno se encuentra en DESCONEXIÓN, la rutina se remite a la etapa S13, en la que el anterior  $\mu_n$  es suministrado como salida a los medios 70 de control del coche como valor estimado de  $\mu$  por parte de los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62. En la etapa S14, se calcula el siguiente valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_{n+1}$ , la rutina retorna a la anterior etapa S11 con este  $\mu_{n+1}$  como el  $\mu_0$ , a fin de actualizar el valor estimado de  $\mu$  en  $\mu_n$  (el  $\mu_{n+1}$  calculado en la etapa S14), y la rutina se remite a la etapa S12 para detectar de nuevo el estado de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno.

25 Por otra parte, cuando el conmutador del freno se encuentra en CONEXIÓN, la rutina se remite a la etapa S15 para suministrar como salida una señal de suspensión de actualización a los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62 desde los medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, con el fin de suspender la actualización del valor estimado de  $\mu$ , y, a continuación, el valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_n$ , antes de que se suspendiese la actualización es suministrado como salida a los medios 70 de control del coche como valor estimado de  $\mu$ .

30 Cuando se detecta, tras ello, el estado de DESCONEXION del conmutador de freno, la rutina retorna a la etapa S11 tras el paso de un tiempo predeterminado, a fin de reanudar la actualización del valor estimado de  $\mu$ .

De esta forma, puesto que el neumático se desliza con facilidad cuando se produce una deceleración brusca al pisar el freno, el control una vez que se ha pisado el freno se lleva a cabo utilizando el valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_n$ , justo antes de que se pise el freno, y no el nuevo valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_{n+1}$ , por lo que se hace posible evitar un funcionamiento defectuoso del sistema.

40 De acuerdo con la anterior Realización 6, la vibración de la rueda 1 es detectada por el sensor de aceleración 1, se detecta el grado de vibración de un espectro de vibraciones obtenido mediante el análisis de la frecuencia de la vibración detectada, a fin de estimar el coeficiente de rozamiento de una carretera, se detecta el estado de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno por parte de los medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, y, cuando se juzga que se ha pisado el freno, se suspende la actualización del valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera, con lo que se hace posible evitar un funcionamiento defectuoso del sistema.

45 En la anterior Realización 6, el sensor de aceleración 11 está montado en el lado del neumático de la llanta 2 de rueda para detectar la vibración del neumático transmitida a la rueda 1. Como se ha descrito anteriormente, el sensor de aceleración 11 puede estar montado en el lado del disco de rueda de la llanta 2 de la rueda, en el lado interior 5a de la banda de rodadura 5 del neumático o en la suspensión 6 al objeto de detectar la vibración del neumático con el fin de estimar las condiciones de la carretera.

50 Alternativamente, al igual que en la anterior Realización 4, el sensor de presión 31 puede haberse instalado dentro del neumático, en lugar del sensor de aceleración 11, a fin de extraer una componente de microvibración (componente CA) en el eje de tiempos de la salida del sensor de presión 31, para, así, detectar un cambio en la presión del gas que llena el neumático, y puede detectarse el grado de cambio de presión de un espectro de cambios de presión obtenido mediante el análisis de la frecuencia del cambio de presión detectado, a fin de calcular el valor estimado de  $\mu$  a partir de este grado de cambio de presión, basándose en la anterior ecuación (1) para calcular un valor estimado de  $\mu$ .

55 En la anterior Realización 6, la actualización del valor estimado de  $\mu$  por parte de los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62 es controlada mediante la detección del estado de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno. Como se muestra en la Figura 23, puede construirse un aparato 60S de estimación de las condiciones de

una carretera, el cual comprende medios 63a y 63b de detección de velocidad de rueda destinados a detectar la velocidad de revolución de una rueda motriz y la de una rueda motriz acoplada, así como medios de evaluación de relación de deslizamiento 64 para calcular la relación de deslizamiento S a partir de las revoluciones detectadas de la rueda motriz y la rueda motriz acoplada, y evaluar la magnitud de la relación de deslizamiento S comparándola con un valor de umbral predeterminado K, en lugar de, o además de, los anteriores medios 61 de detección de la CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, al objeto de controlar la actualización del valor estimado de  $\mu$  basándose en la magnitud de la relación de deslizamiento S.

El método de actualización del valor estimado de  $\mu$  basándose en la anterior relación de deslizamiento S se describirá con detalle con referencia al diagrama de flujo de la Figura 24.

En la etapa S20, se calcula el valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_n$ , y, en la etapa S21, se actualiza el valor estimado de  $\mu$  en el nuevo valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_n$ . En la etapa S22, se detectan la velocidad de revolución F1 de la rueda motriz y la velocidad de revolución F2 de la rueda motriz acoplada, y, en la etapa S23, se calcula la relación de deslizamiento S a partir de la siguiente ecuación (2).

$$S = \left| (a \cdot F1 - b \cdot F2) / (a \cdot F2) \right| \quad (2)$$

F1 y F2 son los valores promedio de las dos ruedas respectivas, y "a" y "b" son coeficientes para convertir una velocidad de revolución en velocidad lineal.

En la etapa S24, se juzga si la anterior relación de deslizamiento S supera el valor de umbral preestablecido K (K = 0,2).

Cuando  $S \leq K$ , la rutina se remite a la etapa S25, en la que los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62 suministran como salida el anterior  $\mu_n$  como valor estimado de  $\mu$ , a los medios 70 de control del coche. En la etapa S26, se calcula el siguiente valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_{n+1}$ , la rutina retorna a la anterior etapa S21 con este  $\mu_{n+1}$  como  $\mu_n$ , a fin de actualizar el valor estimado de  $\mu$  en el anterior  $\mu_n$  ( $\mu_{n+1}$  calculado en la etapa S26), y, a continuación, a la etapa S22.

Cuando  $S > K$ , la rutina se remite a la etapa S27 para suministrar como salida una señal de suspensión de actualización procedente de los medios de evaluación de relación de deslizamiento 64, a los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62, a fin de suspender la actualización del valor estimado de  $\mu$ . Tras ello,  $\mu_n$ , que es el valor estimado de  $\mu$  antes de que se suspendiera la actualización, es suministrado como salida como el valor estimado de  $\mu$  a los medios 70 de control del coche.

Cuando la relación de deslizamiento S llega a ser el valor de umbral K o menos, la rutina retorna a la anterior etapa S21 una vez transcurrido un tiempo predeterminado, a fin de reanudar la actualización del valor estimado de  $\mu$ .

El control una vez que la relación de deslizamiento S del neumático supera el valor de umbral preestablecido K debido a una brusca aceleración o deceleración, se lleva a cabo, no con el nuevo valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_{n+1}$ , sino con el valor estimado de  $\mu$   $\mu_n$ , que se ha estimado justo antes de que  $S > K$ , con lo que se hace posible evitar un funcionamiento defectuoso del sistema.

En el caso de un coche con tracción a las cuatro ruedas, no puede emplearse el método para calcular la relación de deslizamiento S a partir de las revoluciones de la rueda motriz y de la rueda motriz acoplada. En consecuencia, se detecta la velocidad R del motor y, cuando la velocidad del motor llega a ser más alta que un valor de umbral predeterminado  $R_z$ , se juzga que el par se hace extremadamente elevado y que el neumático se hace deslizante, y, de acuerdo con ello, se suspende la actualización del valor estimado de  $\mu$ .

El método para actualizar el valor estimado de  $\mu$  con la anterior velocidad del motor se describirá en detalle con referencia al diagrama de flujo de la Figura 25.

En primer lugar, en la etapa S30, se calcula el valor estimado de  $\mu$   $\mu_n$ , y, en la etapa S31, el valor estimado de  $\mu$  es actualizado en el anterior  $\mu_n$ . En la etapa S32, se detecta la velocidad R del motor y se juzga si la velocidad R del motor detectada supera un valor de umbral predeterminado  $R_z = 4.500$  rpm).

Cuando  $R \leq R_z$ , la rutina se remite a la etapa S33, en la que los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62 suministran como salida el anterior  $\mu_n$  como valor estimado de  $\mu$  a los medios 70 de control del coche. En la etapa S34, se calcula el siguiente valor estimado de  $\mu$ ,  $\mu_{n+1}$ , la rutina retorna a la anterior etapa S31 con este  $\mu_{n+1}$  como  $\mu_n$  a fin de actualizar el valor estimado de  $\mu$  en el anterior  $\mu_n$  ( $\mu_{n+1}$  calculado en la anterior etapa S34), y la rutina se remite a la etapa S32 para detectar de nuevo la velocidad R del motor.

Cuando  $R > R_z$ , la rutina se remite a la etapa S35 para suspender la actualización del valor estimado de  $\mu$ . Tras ello,  $\mu_n$ , que es el valor estimado de  $\mu$  antes de la suspensión de la actualización, es suministrado como salida como valor estimado de  $\mu$  a los medios 70 de control del coche.

Tras ello, cuando la velocidad del motor llega a ser  $R_z$  o menos, la rutina retorna a la anterior etapa S31 una vez

transcurrido un tiempo predeterminado, para reanudar la actualización del valor estimado de  $\mu$ .

Con ello, incluso en el caso de un coche con tracción a las cuatro ruedas, el estado deslizante del neumático se evalúa detectando la velocidad R del motor con el fin de controlar la actualización del valor estimado de  $\mu$ , con lo que se hace posible evitar un funcionamiento defectuoso del sistema.

5 La Figura 26 muestra los resultados del cálculo de los valores estimados de  $\mu$  que se obtienen utilizando los grados de vibración en las anteriores bandas óptimas de frecuencias cuando el anterior coche de pruebas se hizo marchar sobre una carretera de asfalto seca, una carretera de asfalto mojada (profundidad de agua de aproximadamente 10 mm), una piscina para llevar a cabo un ensayo de hidrod deslizamiento (hormigón; profundidad de agua de aproximadamente 10 mm), una carretera cubierta de nieve comprimida y una carretera helada, a una velocidad constante. En la piscina para llevar a cabo el ensayo de hidrod deslizamiento, a medida que aumenta la velocidad del coche, se produce un fenómeno de flotación del neumático y el área de contacto con el suelo se reduce, con el resultado de un  $\mu$  reducido. Se confirma que este valor estimado de  $\mu$  refleja una reducción en  $\mu$  y es casi el mismo que el coeficiente de rozamiento de la carretera que se obtiene a partir de la distancia de detención normal.

10 Cuando el anterior coche de pruebas fue suavemente acelerado sobre una carretera de asfalto seca, como se muestra por la línea de puntos en cadena de la Figura 27, el valor estimado de  $\mu$  fue casi el mismo que el valor estimado de  $\mu$  cuando el coche se hizo marchar a una velocidad constante mostrada en la Figura 26. Se confirma, por lo tanto, que no se produce una decisión errónea sobre el valor estimado de  $\mu$ .

15 Sin embargo, cuando el anterior coche de pruebas se hizo acelerar al máximo sobre una carretera de asfalto seca, como se muestra por la línea discontinua de la Figura 27, existen zonas en las que el valor estimado de  $\mu$  cae. Estas zonas aparecen justo antes de que la velocidad del motor llegue a ser alta y se realice el cambio de marcha. Es decir, existen zonas en las que el par del motor es alto y la relación de deslizamiento del neumático es elevada. En verdad, la relación de deslizamiento del neumático superó, de hecho, el 20%.

20 Cuando se montó en el coche de pruebas un sistema que incorporaba la lógica de un flujo de control por la relación de deslizamiento S mostrada en la Figura 24, y de un flujo de control por la velocidad del motor mostrada en la Figura 25, y el coche de pruebas se hizo acelerar hasta el máximo sobre una carretera de asfalto seca para obtener un valor estimado de  $\mu$ , tal como se muestra en la Figura 28, se confirmó que mientras la relación de deslizamiento S del coche fuese alta, la actualización de  $\mu$  se suspendía y se retenía el valor de  $\mu$  previo.

25 Se utilizó como el anterior coche de pruebas un coche impulsado con 1.800 cc FF, el valor de umbral K de la relación de deslizamiento se estableció en 0,2, y el valor de umbral  $R_z$  de la velocidad R del motor se ajustó en 4.500 rpm.

#### Realización 7

30 La Figura 29 muestra la constitución de un aparato 80 de control de freno de ABS para controlar un freno de ABS mediante el uso del valor estimado de  $\mu$  calculado, que tiene los medios 11 a 14 y 16Z del aparato 60 de estimación de las condiciones de una carretera perteneciente a la anterior Realización 6. En el aparato 80, el lado A de la rueda (lado de rodadura) en el que se ha montado el sensor de aceleración 11, y el lado B de la carrocería del coche, que no rueda, están interconectados por radio, y una señal de información indicativa de la vibración de la rueda 1 detectada por el sensor de aceleración 11, es transmitida por radio al lado B de la carrocería del coche, donde la frecuencia de la señal de información es analizada para obtener un valor estimado de  $\mu$  con el fin de controlar, con ello, el freno de ABS.

35 En el lado A de la rueda se han proporcionado el sensor de aceleración 11, un circuito 81 para excitar y detectar el sensor de aceleración 11, una batería 82, un circuito de transmisión 83 que comprende un convertidor de A/C [de alterna a continua] 83a destinado a convertir la anterior señal de información indicativa de la vibración de la rueda 1 detectada por el sensor de aceleración 11, en una señal digital, un circuito de compresión de información 83b para comprimir la señal digital, y un transmisor 83c para transmitir por radio la señal comprimida anterior al lado B de la carrocería del coche, así como una antena de transmisión 83p.

40 En el lado B de la carrocería del coche se han proporcionado un receptor 84 para recibir la anterior señal comprimida, una antena 84p, un analizador de FFT 85 para restituir la señal comprimida recibida a su estado original y detectar el grado de vibración en una banda de frecuencias predeterminada de un espectro de vibraciones obtenido mediante el análisis de la frecuencia de la señal, un circuito aritmético 86 destinado a calcular un valor estimado de  $\mu$  utilizando el anterior grado de vibración, un detector 87 de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, destinado a detectar el estado de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, un circuito de actualización de  $\mu$  88, destinado a actualizar el anterior valor estimado de  $\mu$  basándose en la salida del detector 87 de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno, y a suministrar como salida el valor actualizado, y un controlador 89 de freno de ABS, destinado a controlar el freno de ABS.

45 El anterior analizador de FFT 85 corresponde a los medios de análisis de frecuencia 12, que comprenden los medios de ajuste de banda de frecuencias 13 y los medios de detección de grado de vibración 14 de la anterior Realización 6, el circuito aritmético 86 corresponde a los medios 16Z de estimación del coeficiente de rozamiento de la carretera,

el circuito de actualización de  $\mu$  88 corresponde a los medios de salida de valor estimado de  $\mu$  62, y el detector 87 de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno corresponde a los medios 61 de detección de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno.

5 Con ello, una señal de información de vibración detectada en el lado A de la rueda, que es el lado de rodadura, es tratada en el lado B de la carrocería del coche para estimar un coeficiente de rozamiento de una carretera, a fin de controlar el freno de ABS, sin tener que proporcionar una línea de conexión de señal.

Se proporciona subsiguientemente una descripción del funcionamiento del anterior aparato 80 de control de freno de ABS.

10 La señal de información indicativa de la vibración de la rueda 1, detectada por el sensor de aceleración 11 y suministrada como salida desde el circuito 81 del sensor de aceleración, es convertida en una señal digital por el convertidor de A/C 83a, la señal digital es comprimida por el circuito de compresión de información 83b, y la señal comprimida es transmitida por radio desde el transmisor 83 hasta el lado B de la carrocería del coche a través de la antena 83p.

15 La señal comprimida transmitida es recibida por el receptor 84 a través de la antena 84p, y transmitida al analizador de FFT 85. El analizador de FFT 85 restituye la señal de recepción anteriormente comprimida a su estado original, a fin de detectar los valores de banda de frecuencias de vibración  $x_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) en una pluralidad de bandas de frecuencias  $f_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) de un espectro de vibraciones obtenido mediante el análisis de la frecuencia de la señal. El circuito aritmético 86 calcula un valor estimado de  $\mu$  a partir de los anteriores valores de banda de frecuencias de vibración  $x_i$  ( $i = 1$  a  $n$ ) de la misma manera que en la anterior Realización 6, y lo envía al circuito de actualización de  $\mu$  88, el cual actualiza el anterior valor estimado de  $\mu$  y suministra como salida el valor actualizado al controlador 89 de freno de ABS. El controlador 89 de freno de ABS controla el freno de ABS basándose en el valor estimado de  $\mu$  actualizado.

20 También en esta realización, la actualización del valor estimado de  $\mu$  por parte del anterior circuito de actualización de  $\mu$  88 es controlada por el detector 87 de CONEXIÓN / DESCONEXIÓN del conmutador de freno de la misma manera que en la anterior Realización 6, con el fin de hacer posible el cambio del valor estimado de  $\mu$  para el control del freno de ABS.

Por lo tanto, cuando el freno no se ha pisado, se aplica el anterior valor estimado de  $\mu$  al controlador 89 de freno de ABS, y, cuando se ha pisado el freno, se aplica el valor estimado de  $\mu$  obtenido justo antes de que se haya pisado el freno.

30 En general, cuando se acciona el freno en una carretera de bajo  $\mu$ , como la fuerza de rozamiento procedente de la carretera es pequeña, la velocidad de la rueda cae de forma brusca y la relación de deslizamiento se incrementa, como se describirá más adelante en esta memoria. Cuando la relación de deslizamiento crece demasiado, ello provoca una reducción en la fuerza de frenado y una reducción brusca en la fuerza del guiado con el volante, lo que es peligroso.

35 Para hacer frente a esta situación, cuando el valor estimado de  $\mu$  es pequeño, el controlador 89 de freno de ABS reduce el valor de umbral al que el modo de freno de ABS es conectado al objeto de activar el freno de ABS más pronto, con el fin de evitar un aumento de la relación de deslizamiento. Cuando se pisa el freno en este momento, el valor estimado de  $\mu$  que se obtiene justo antes de pisar el freno se utiliza para impedir un funcionamiento defectuoso del sistema.

40 En una carretera de bajo  $\mu$ , incluso cuando se conecta más pronto el modo de ABS, si la presión de aceite se aplica rápidamente, la relación de deslizamiento aumenta demasiado. Por lo tanto, para evitar este riesgo, el modo de ABS se conecta más pronto en una carretera de bajo  $\mu$ , y la presión de aceite del freno es lentamente incrementada por el controlador 89 de freno de ABS. Por el contrario, para reducir la presión de aceite, como la fuerza de rozamiento es pequeña sobre una carretera de bajo  $\mu$ , la relación de deslizamiento no aumenta rápidamente (la aceleración del neumático es lenta). Es mejor reducir la relación de deslizamiento tan rápido como sea posible.

45 La Figura 30 es un diagrama que muestra las fuerzas que se aplican al neumático. La fuerza de rozamiento originada en la carretera se aplica en la dirección opuesta a la de la fuerza de frenado, tal como se muestra en la Figura 30. Por lo tanto, cuando el  $\mu$  de la carretera es bajo, la fuerza de frenado llega a ser relativamente grande, la velocidad de revolución del neumático cae bruscamente y la relación de deslizamiento asciende bruscamente. En un caso extremo, el neumático se bloquea. Cuando el neumático está bloqueado, tal como se muestra en la curva S- $\mu$ , que muestra la relación existente entre la relación de deslizamiento y la fuerza de rozamiento, ilustrada en la Figura 31,  $\mu$  disminuye y la fuerza de guiado con el volante se reduce, con lo que se hace imposible que el coche gire.

50 De esta forma, cuando la velocidad de revolución del neumático cae, puesto que la fuerza de rozamiento es baja sobre una carretera de  $\mu$  bajo, incluso cuando la presión de aceite del freno se ha reducido por el control de ABS, lleva tiempo devolver la relación de deslizamiento a un valor apropiado. Es decir, la distancia de detención se hace larga.

La Figura 32 y la Figura 33 son gráficos que muestran la relación existente entre la velocidad del chasis del coche y la velocidad de la rueda obtenida al hacer que el coche de pruebas marche sobre una carretera mojada y una carretera helada. La relación de deslizamiento se obtiene dividiendo la diferencia de velocidades entre ellas por la velocidad del chasis del coche.

5 Se observa que, al comienzo del frenado, la velocidad de revolución del neumático tiende a caer y la relación de deslizamiento es alta sobre una carretera helada, en comparación con una carretera seca. Por lo tanto, sobre una carretera de bajo  $\mu$ , se prefiere que el valor de umbral de la presión de aceite para el paso a ABS se reduzca para evitar un aumento excesivo de la presión de aceite del freno.

10 Se prefiere, también, controlar el aumento y la reducción de la presión durante el frenado con ABS de forma adecuada, de acuerdo con el  $\mu$  de la carretera.

En el control de ABS normal. La presión de aceite del freno de ABS se controla basándose en información procedente del sensor del cambio de marchas. Sin embargo, el  $\mu$  de la carretera se estima por adelantado y la anterior presión de aceite se controla basándose en el valor estimado de  $\mu$  con el fin de evitar un error en el control.

15 La Figura 33 es un gráfico que muestra los resultados de medición de la velocidad del chasis del coche y la velocidad de la rueda obtenidas llevando a cabo un ensayo de freno de ABS en el que un coche de pruebas equipado con el aparato 80 de control de freno de ABS de la presente invención se hace marchar sobre una carretera helada. Se confirma, por comparación entre la Figura 33 y la Figura 32, que, cuando el coche se frena con el freno de ABS del aparato 80 de control de freno de ABS de la presente invención, la velocidad de la rueda no cae en comparación con la velocidad del chasis del coche, y la relación de deslizamiento es adecuadamente controlada.

20 Aplicabilidad industrial

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente invención, la vibración del neumático, de la rueda o de la suspensión de un coche en marcha es detectada por unos medios de detección de vibración, y se detecta el grado de vibración en una banda de frecuencias incluida en el intervalo de al menos entre 10 Hz y 10.000 Hz del espectro de frecuencias de la anterior vibración, obtenido analizando la frecuencia de la vibración, a fin de estimar las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático a partir del anterior grado de vibración detectado. Pueden estimarse, por lo tanto, con precisión las condiciones de la carretera y el estado de marcha del neumático, y es posible mejorar en gran medida la seguridad del coche.

25 Puesto que los medios de detección de vibración están montados en el mismo sustrato o dentro del mismo alojamiento que un sensor de presión para supervisar la presión de un gas con el que se llena el neumático, el sustrato puede ser compartido por los medios de detección de vibración y el sensor de presión, con lo que se hace posible reducir el tamaño y el coste del aparato.

30 Por otra parte, se han proporcionado unos medios de tratamiento de señal en el lado del neumático o de la rueda para convertir una señal de información de vibración detectada por los anteriores medios de detección de vibración, en una señal digital, y comprimir la señal a fin de transmitirla al lado del chasis del coche, de tal manera que la frecuencia de la señal comprimida que es recibida en el lado del chasis del coche es analizada. Se hace posible, por lo tanto, una comunicación continua de datos por radio y puede mejorarse la precisión de detección de la vibración.

35 Cuando se detecta un ligero cambio en el eje temporal de la presión de un gas (generalmente aire) con el que se llena el neumático, y se detecta el grado de cambio de presión de un espectro de frecuencias obtenido analizando la frecuencia del cambio de presión, a fin de estimar las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático a partir del grado de cambio de presión detectado, puede obtenerse el mismo efecto que anteriormente.

40 La frecuencia de paso de configuración del neumático es detectada a partir de datos sobre el anterior espectro de cambios de presión y datos sobre la velocidad del coche, y, cuando el grado de cambio de presión en esta banda de frecuencias de paso de configuración supera un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está hidrodeshlizándose. De esta forma, puede estimarse el hidrodeshlizamiento sin errores. Se obtiene un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que no es afectada por la anterior frecuencia de paso de configuración, y, cuando la relación entre el grado de cambio de presión en la banda de frecuencias de paso de configuración y el anterior grado de cambio de presión obtenido, supera un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está hidrodeshlizándose. Puede mejorarse, de esta forma, la precisión de la estimación.

45 Se detecta al menos uno de entre una vibración del neumático, una vibración de la rueda, una vibración de la suspensión y un cambio en la presión interna del neumático, y se estima el grado de vibración de un espectro de vibraciones obtenido analizando la frecuencia del grado de cambio de presión de un espectro de cambios de presión obtenido analizando la frecuencia del cambio de presión, a fin de estimar un coeficiente de rozamiento de la carretera, se detecta el estado de CONEXIÓN / DESCONEJÓN del conmutador de freno, y, cuando se juzga que se ha pisado el freno, se suspende la actualización del valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera. Por lo tanto, la estimación del coeficiente de rozamiento de una carretera no se lleva a cabo después de que se haya pisado el freno, con lo que se hace posible evitar un funcionamiento defectuoso del sistema por un deslizamiento del

neumático.

5 Cuando la relación de deslizamiento se calcula detectando las velocidades de la rueda motriz y de la rueda motriz acoplada en lugar de detectar el anterior estado de CONEXIÓN / DESCONEJIÓN del conmutador de freno, y esta relación de deslizamiento detectada excede un valor de umbral predeterminado, o cuando se detecta la velocidad del motor y esta velocidad del motor detectada excede un valor de umbral predeterminado, y se suspende la actualización del valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera, puede obtenerse el mismo efecto.

10 Puesto que el coeficiente de rozamiento de la carretera se estima de forma continua y el valor de umbral de la presión de aceite del freno para pasar al control de ABS se modifica de acuerdo con el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera justo antes de que el conductor pise el freno, el freno de ABS es activado antes y puede suprimirse un aumento de la relación de deslizamiento.

Como la presión de aceite del freno de ABS se controla de acuerdo con el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera justo antes de que el conductor pise el freno, puede suprimirse sin errores un incremento en la relación de deslizamiento.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático (4), que comprende las etapas de:

detectar un cambio en la presión de un gas que llena el neumático de un coche en marcha; y

5 detectar el grado de cambio de presión dentro de una banda de frecuencias incluida en el intervalo de 10 Hz a 10.000 Hz del espectro de cambios de presión obtenido analizando la frecuencia del anterior cambio de presión, a fin de estimar las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático.

10 2.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se detecta la presión interna del neumático a partir del valor absoluto de la salida de un sensor de presión (18) instalado dentro del neumático, y se detecta una componente de microvibración en el eje de tiempos de la salida y se toma como un cambio en la presión del gas.

15 3.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual se detecta un grado de cambio de presión en una banda sincrónica con la velocidad de revolución del neumático, de entre una banda de frecuencias de 10 Hz a 100 kHz, a partir del espectro de cambios de presión, y se compara con un grado de cambio de presión en el momento de un funcionamiento normal, y, cuando el cambio de presión es el 20% más alto, o más, que el del momento de un funcionamiento normal, se estima que existe algún problema en el neumático.

20 4.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el grado de cambio de presión es detectado en tres o más bandas de frecuencias.

25 5.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual la anchura de banda de una banda de frecuencias para detectar el grado de cambio de presión es entre el 1% y el 100% de la de la banda de frecuencias detectada, y el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera se calcula a partir de los datos con la siguiente ecuación:

$$\text{valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera} = 1/[1 + \exp \{ - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n) \}]$$

donde  $a_0$  es una constante,  $a_1, a_2, \dots$  y  $a_n$  son coeficientes, y  $x_i$  es un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias ( $f_i$ ).

30 6.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual se obtiene el coeficiente de correlación entre el valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera de la reivindicación 5 y el coeficiente de rozamiento de la carretera medido por adelantado, y se ajusta una banda de frecuencias para detectar un grado de cambio de presión utilizado para estimar un coeficiente de rozamiento de la carretera, a fin de asegurarse de que el coeficiente de correlación se hace el más alto.

35 7.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático se estiman a partir de datos sobre la velocidad del coche, además de datos sobre el espectro de cambios de presión.

40 8.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual se detectan la velocidad de las ruedas delanteras y la velocidad de las ruedas traseras, y las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático se estiman a partir de una relación de deslizamiento calculada a partir de la velocidad detectada de las ruedas delanteras y de la velocidad detectada de las ruedas traseras.

45 9.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual se detecta la frecuencia de paso de configuración del neumático a partir de datos sobre la velocidad del coche, se detecta un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que incluye la frecuencia de paso de configuración del espectro de cambios de presión, y, cuando el grado de cambio de presión detectado excede un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está haciendo *aquaplaning*, o hidrodeshlizándose.

50 10.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual se detecta la frecuencia de paso de configuración del neumático a partir de datos sobre la velocidad del coche, se detecta un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias que incluye la frecuencia de paso de configuración del espectro de cambios de presión, se obtiene un grado de cambio de presión

en una banda de frecuencias que no se ve afectada por la frecuencia de paso de configuración, y, cuando la relación entre el grado de cambio de presión en la banda de frecuencias de paso de configuración y el grado de cambio de presión obtenido, supera un valor de umbral predeterminado, se estima que el neumático está hidrodeslizándose.

5 11.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el cual el valor de umbral puede ser modificado.

12.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el cual las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático se estiman a partir de datos sobre la presión interna del neumático, además de datos sobre el espectro de cambios de presión.

10 13.- El método para estimar las condiciones de una carretera y el estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el cual las condiciones de la carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático se estiman a partir de datos sobre la carga aplicada a cada rueda de un coche, además de datos sobre el espectro de cambios de presión.

15 14.- Un aparato (10) de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, **caracterizado por que** comprende:

medios de detección de cambio de presión (18, 31), para detectar un cambio en la presión de un gas que llena el neumático de un coche en marcha;

20 medios (32) para detectar un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias incluida en el intervalo de al menos entre 10 Hz y 10.000 Hz de un espectro de cambios de presión obtenido analizando la frecuencia del cambio de presión detectado; y

medios (36) para estimar las condiciones de una carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha del neumático a partir del grado de cambio de presión detectado.

25 15.- El aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 14, en el cual la presión interna de un neumático es detectada a partir del valor absoluto de la salida de un sensor de presión instalado dentro del neumático, y se detecta una componente de microvibración en el eje temporal de la salida, y se toma como un cambio en la presión del gas.

30 16.- El aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15, en el cual la anchura de banda de una banda de frecuencias para detectar el grado de cambio de presión es del 1% al 100% de la de la banda de frecuencias de detección, por parte de los medios de detección de grado de cambio de presión, y el valor estimado del coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ) de la carretera se calcula a partir de datos sobre el grado de cambio de presión detectado en una o en una pluralidad de bandas de frecuencias, basándose en la siguiente ecuación:

$$\text{valor estimado del coeficiente de rozamiento de la carretera} = 1 / [1 + \exp \{ - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n ) \}]$$

35 donde  $a_0$  es una constante,  $a_1, a_2, \dots$  y  $a_n$  son coeficientes, y  $x_i$  es un grado de cambio de presión en una banda de frecuencias ( $f_i$ ).

40 17.- El aparato de estimación de las condiciones de una carretera y del estado de marcha de un neumático, de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual cada rueda de un coche está dotada de un instrumento de medición de carga para estimar las condiciones de una carretera en el momento de la marcha y el estado de marcha de un neumático a partir de datos sobre la carga de cada rueda.

FIG. 1

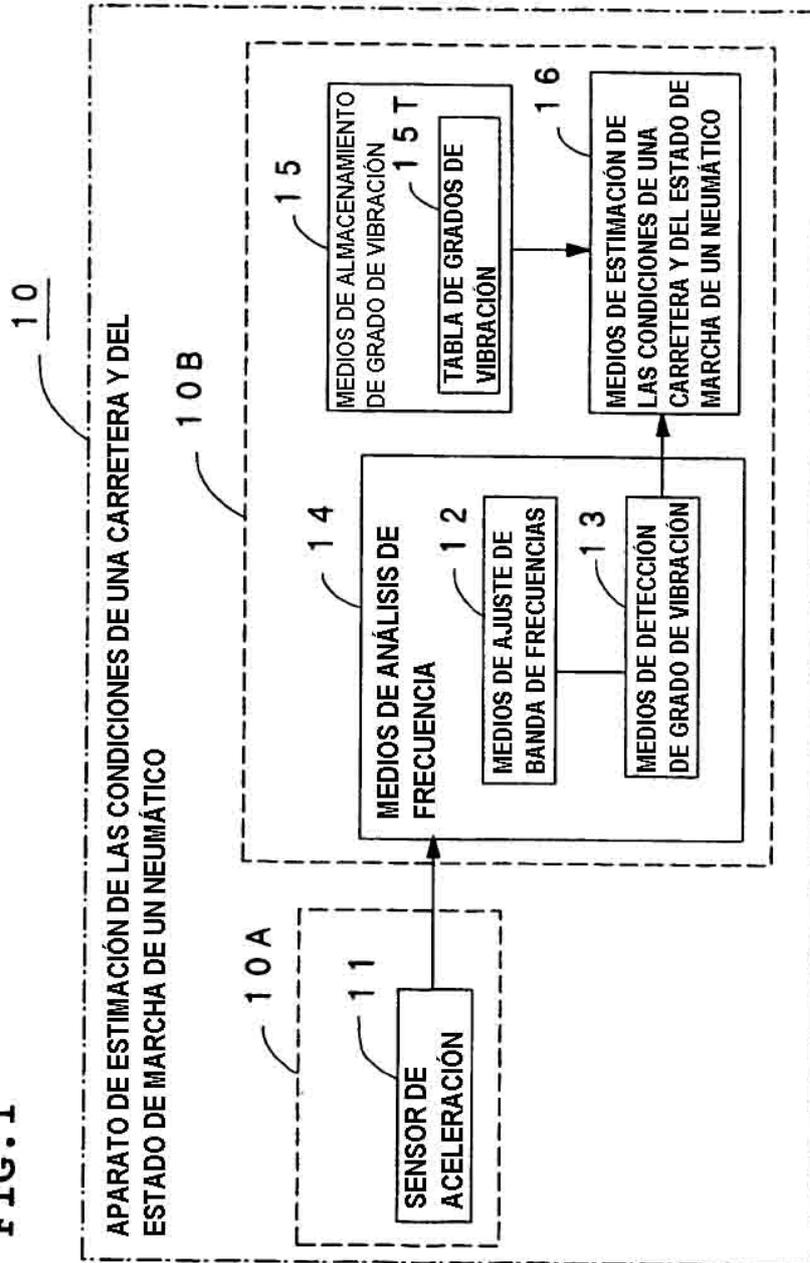


FIG. 2(a)

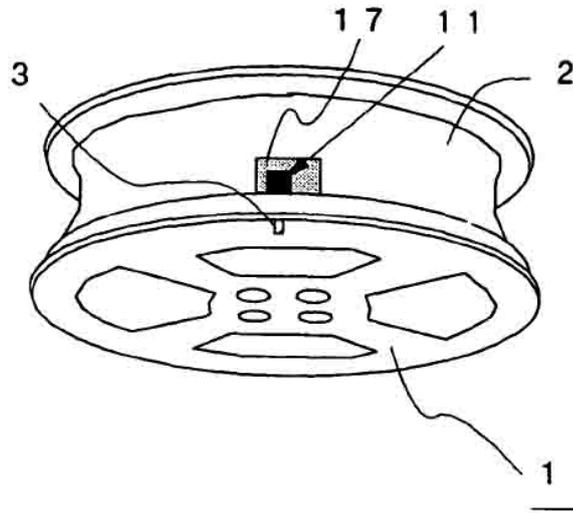


FIG. 2(b)

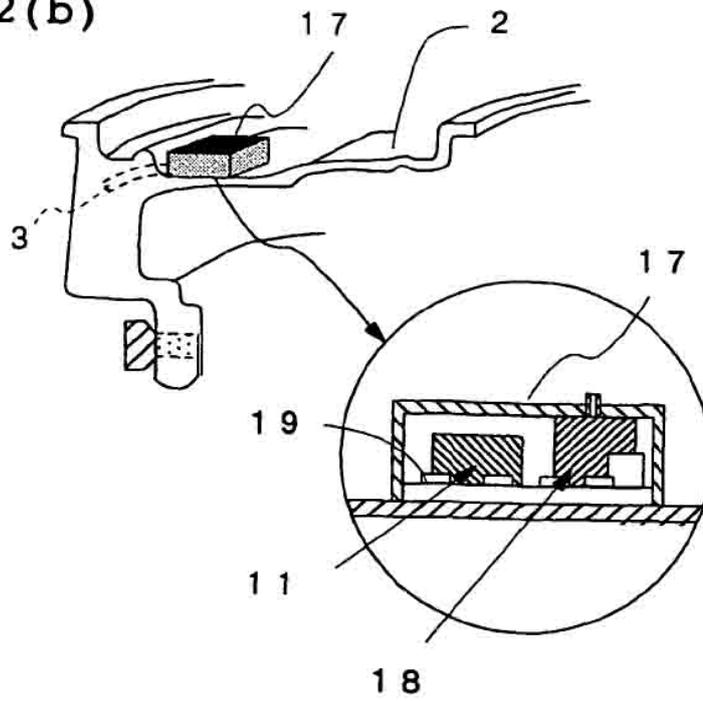


FIG. 3

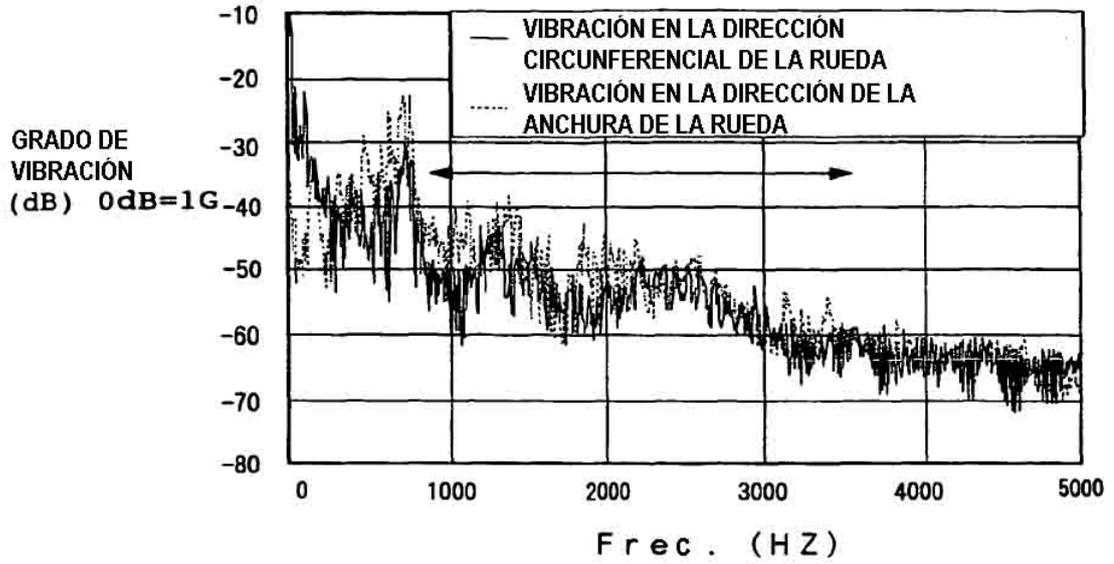


FIG. 4

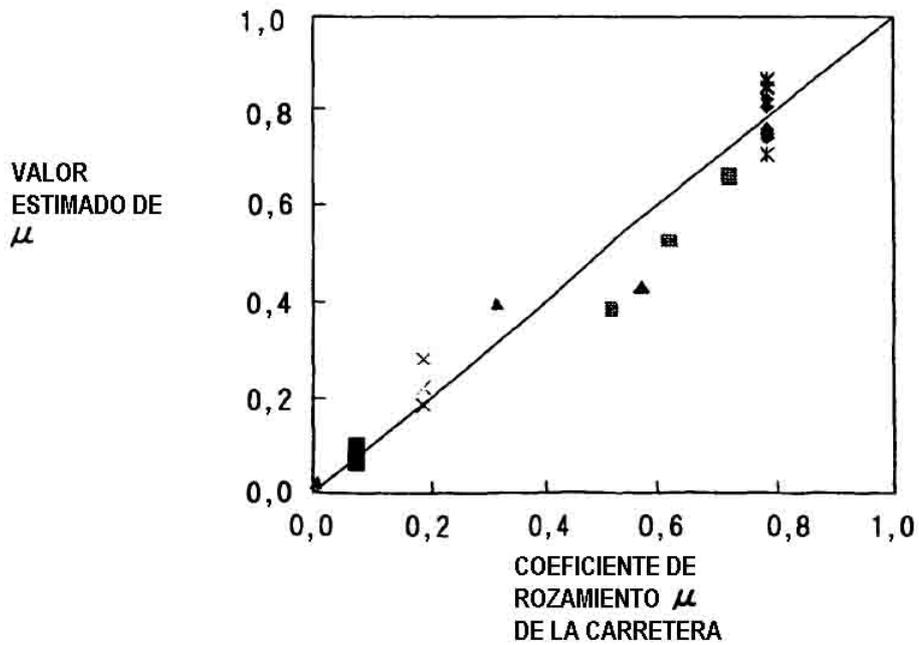


FIG. 5(a)

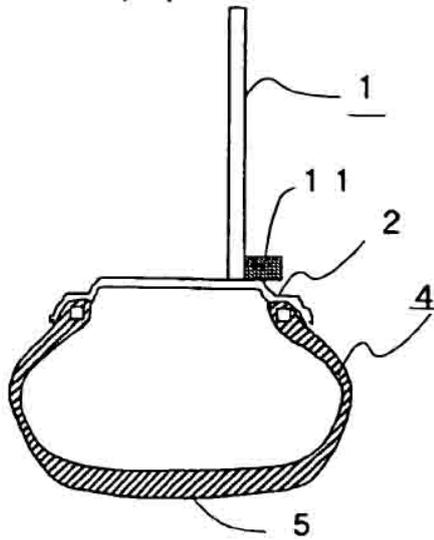


FIG. 5(b)

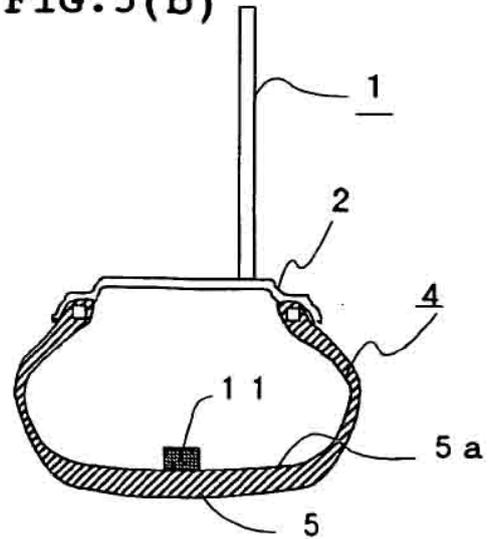


FIG. 6

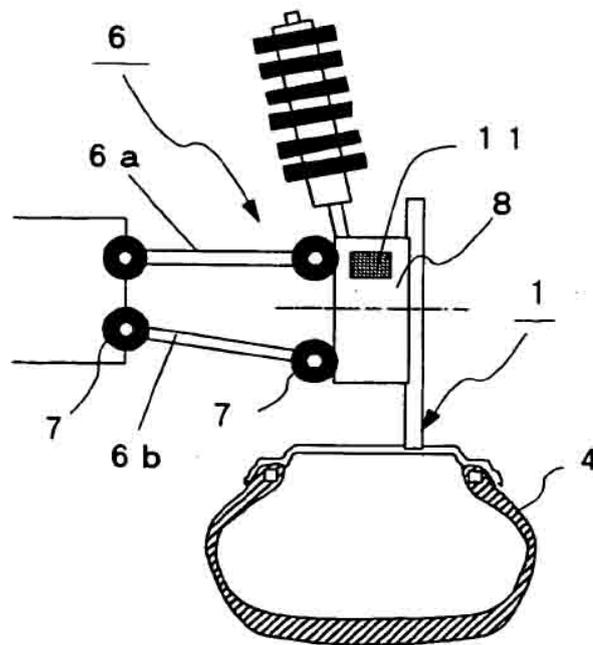


FIG. 7

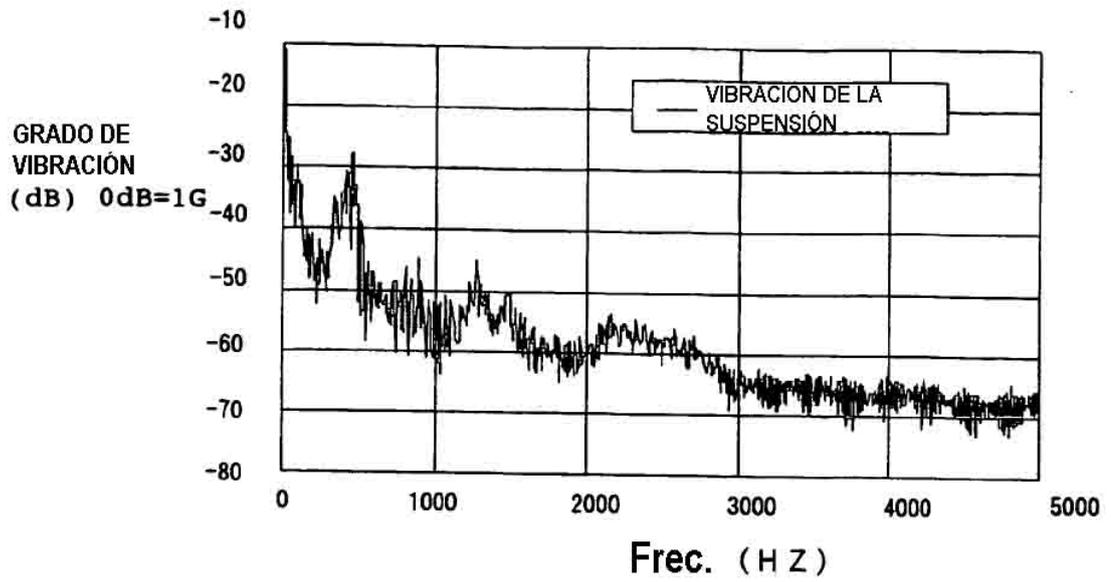


FIG. 8

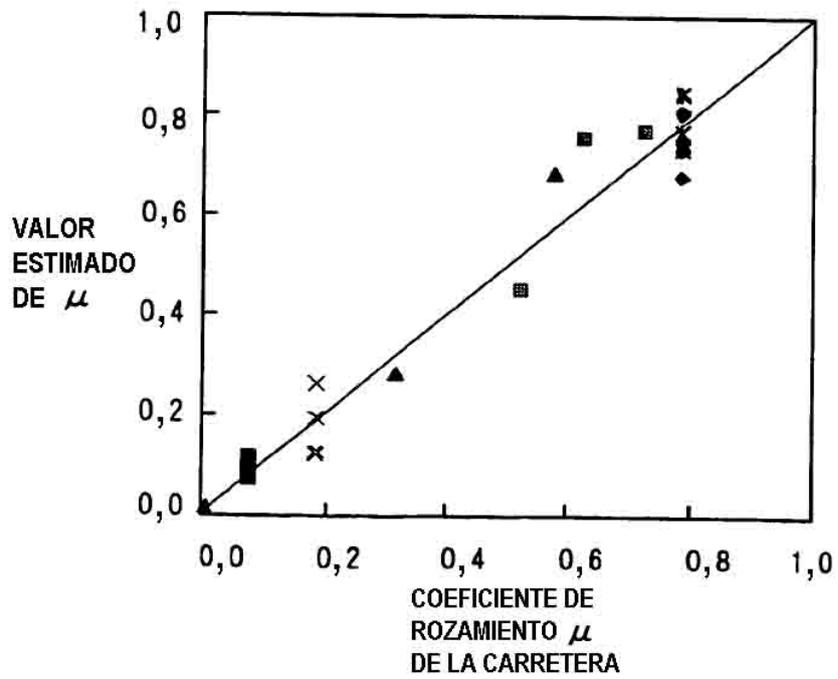


FIG. 9

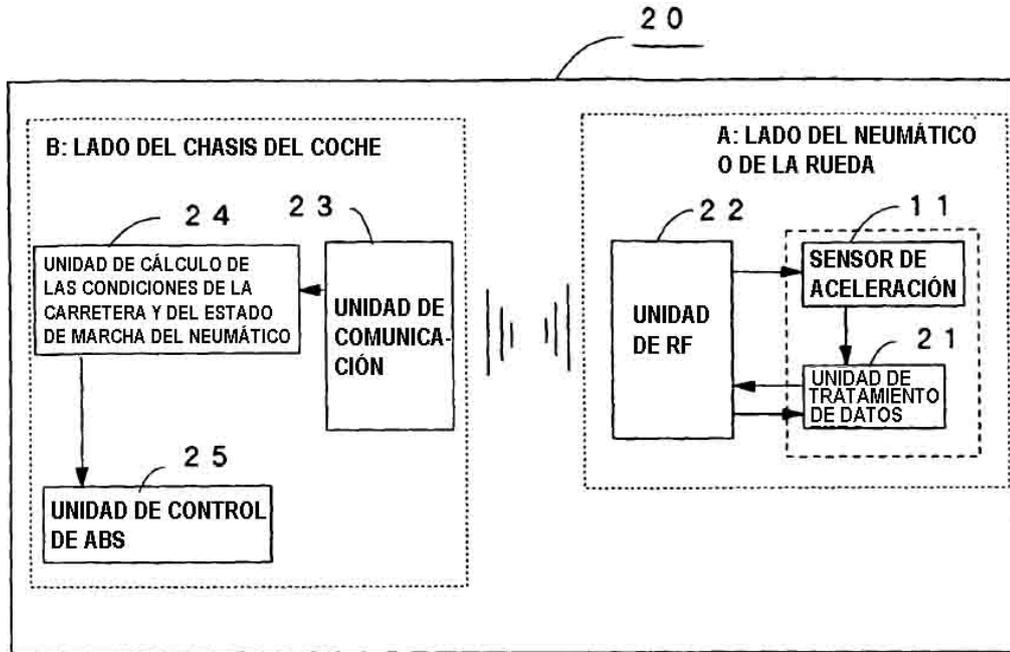


FIG. 10

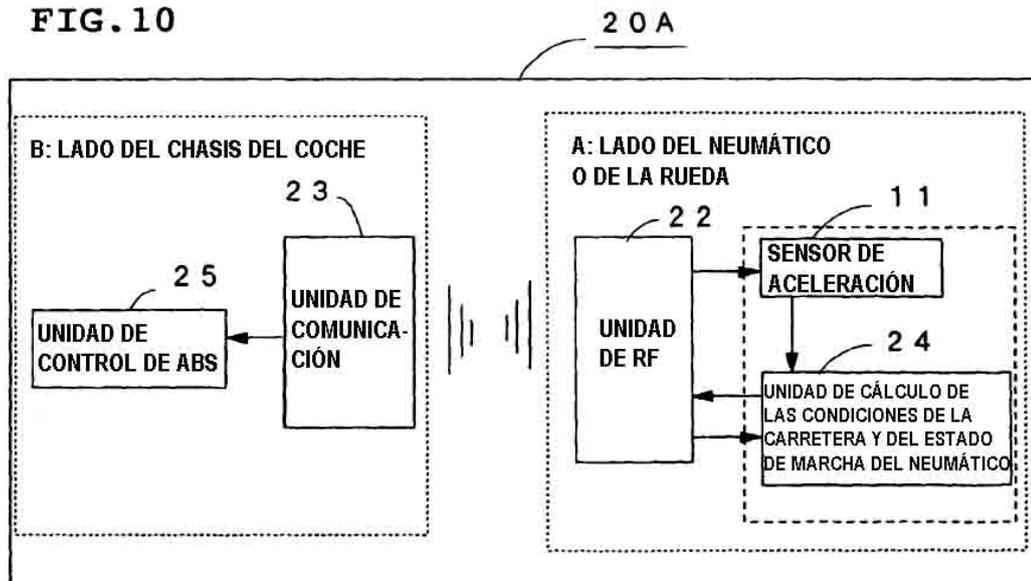


FIG. 11

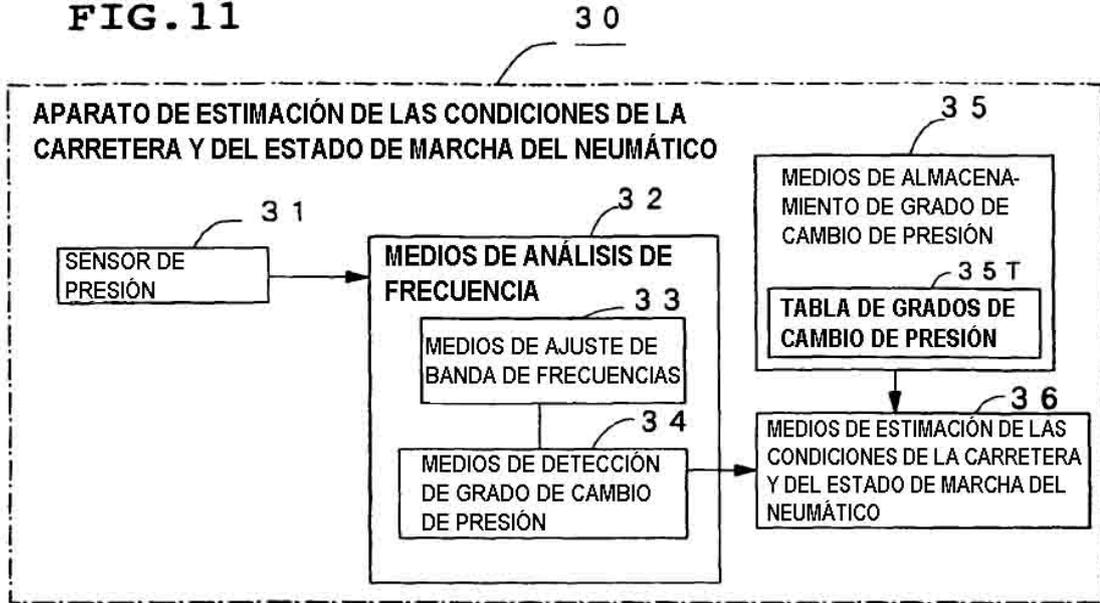


FIG. 12 (a)

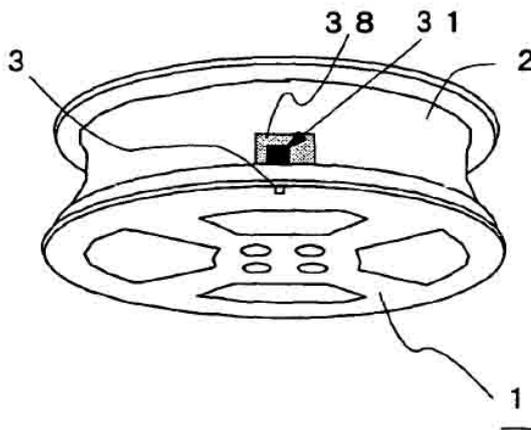


FIG. 12 (b)

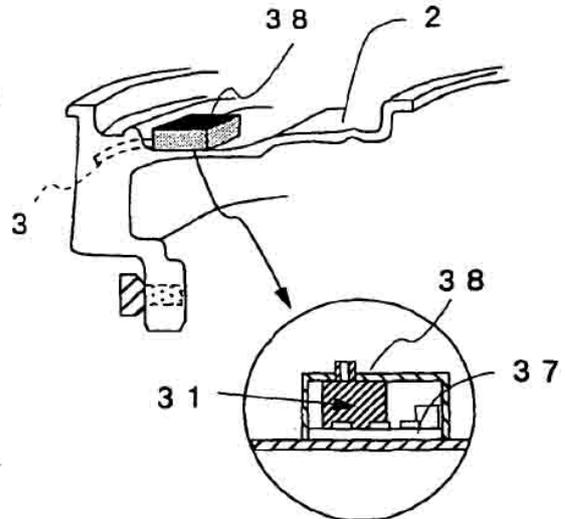


FIG. 13

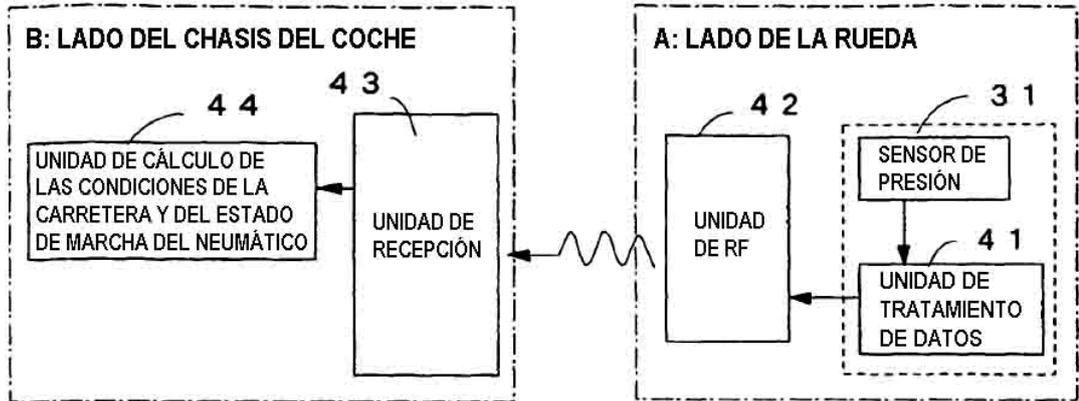


FIG. 14

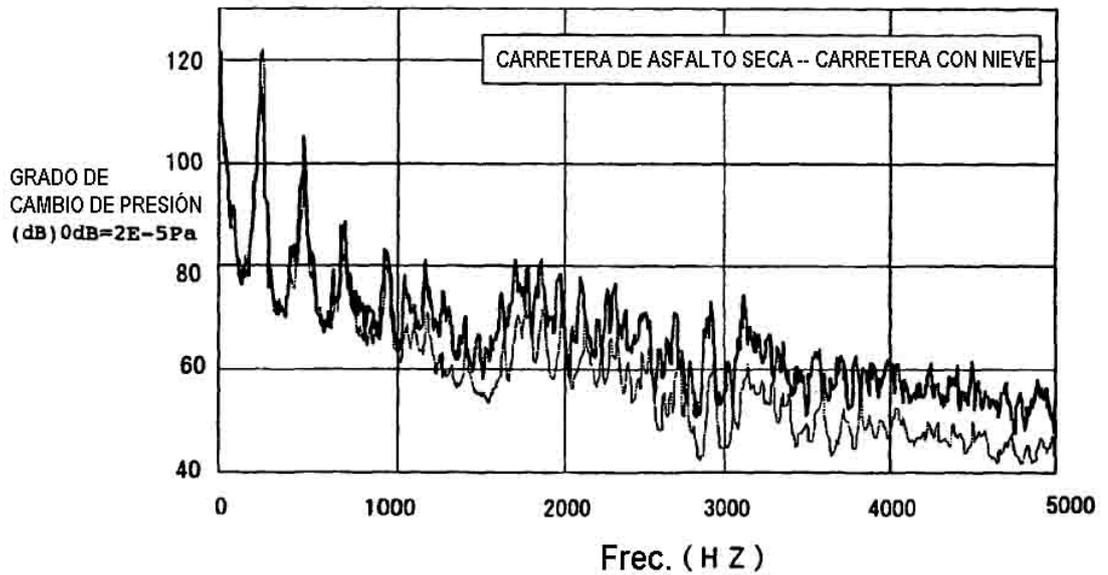


FIG. 15

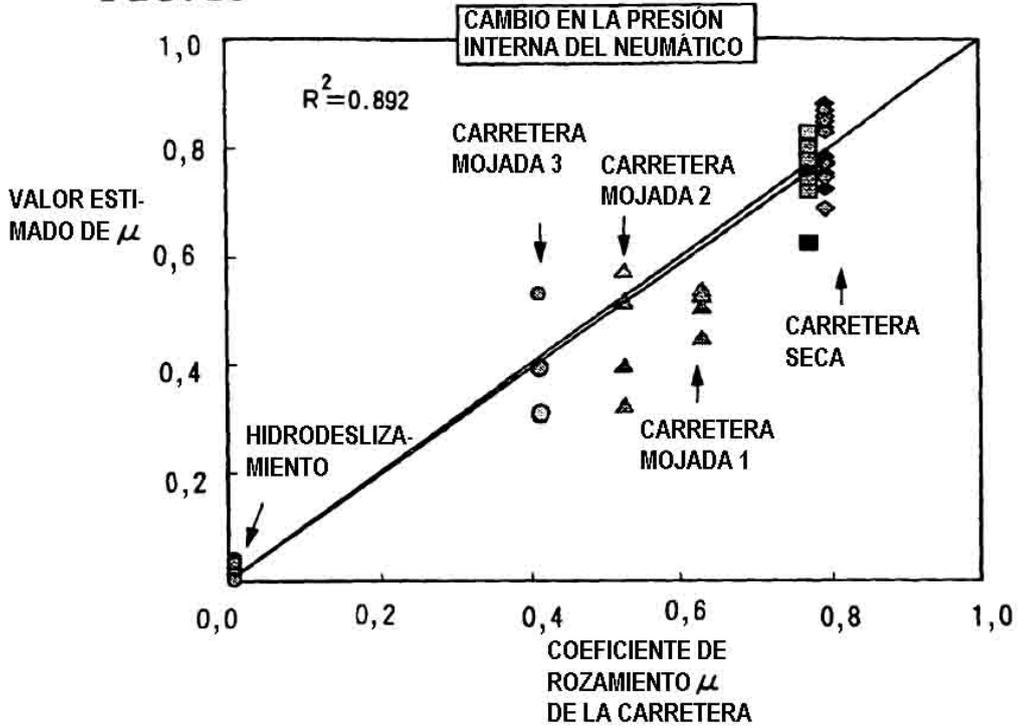
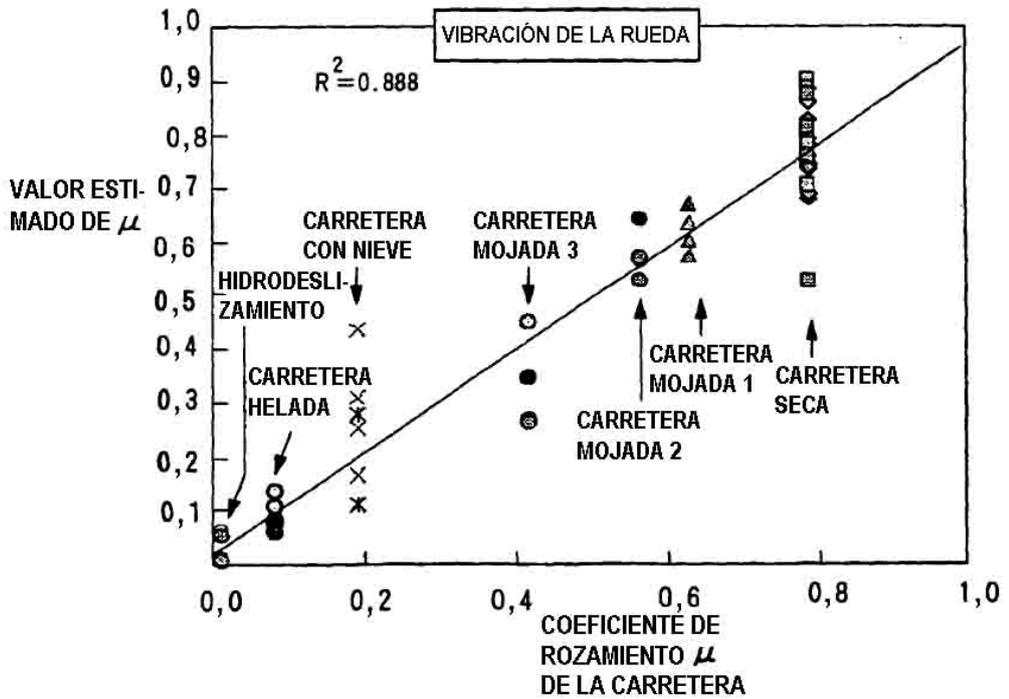


FIG. 16



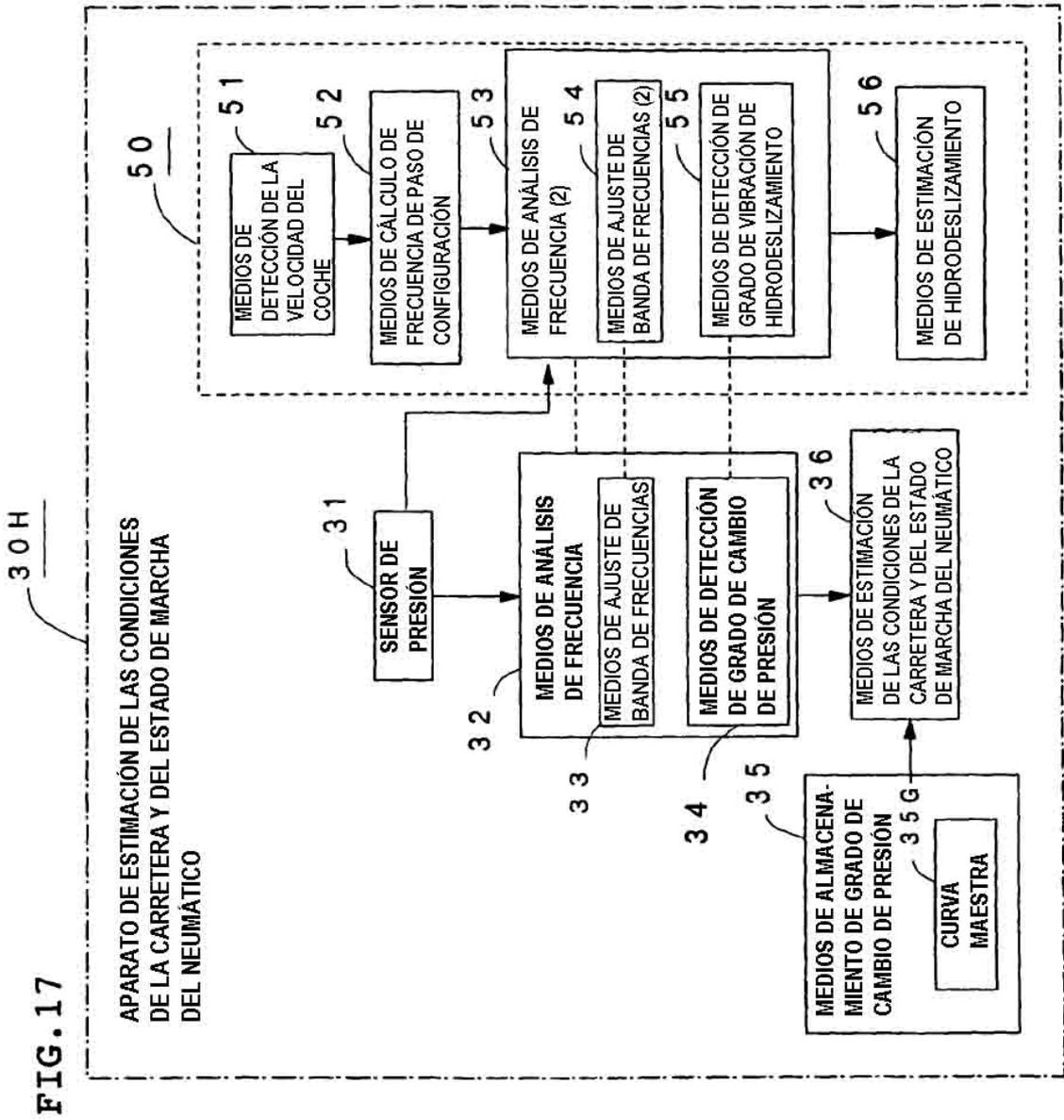


FIG. 18

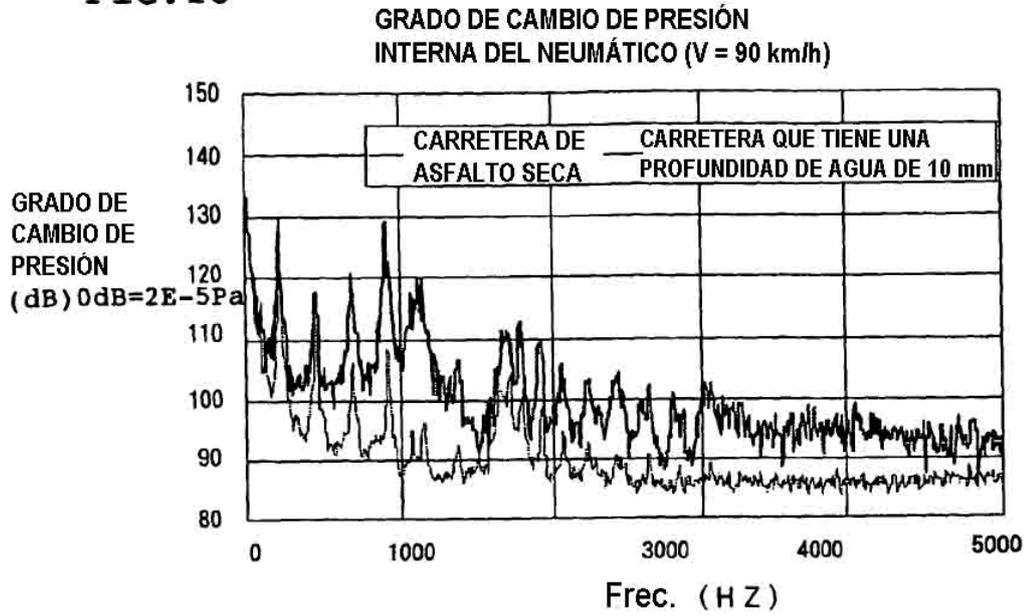


FIG. 19

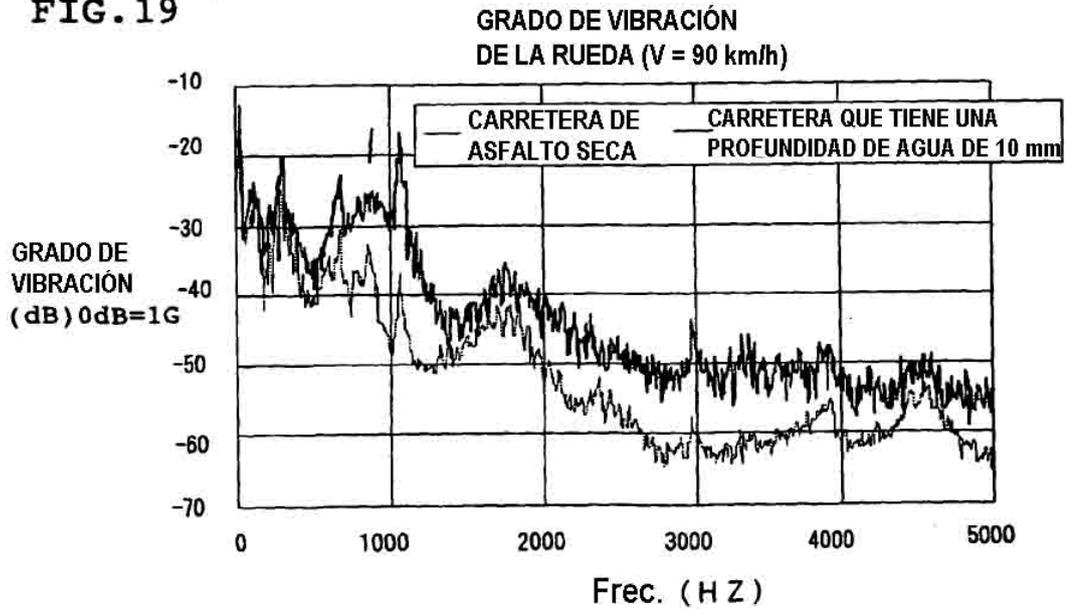


FIG. 20

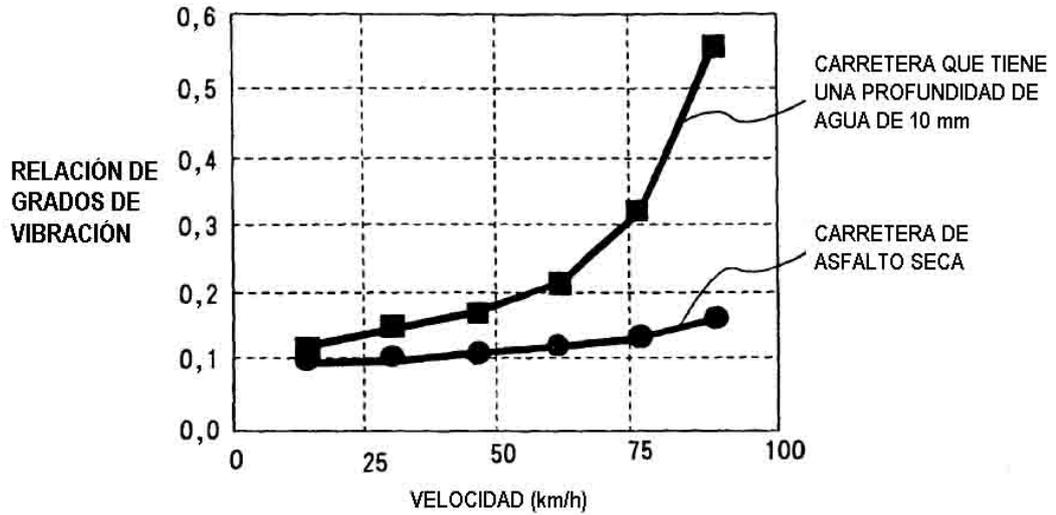


FIG. 21

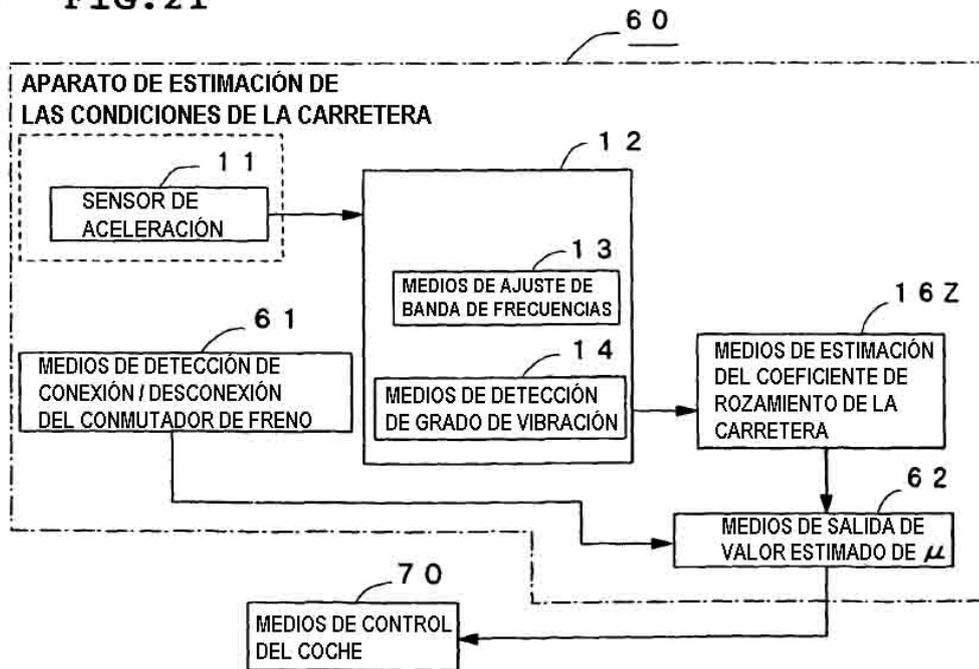


FIG. 22

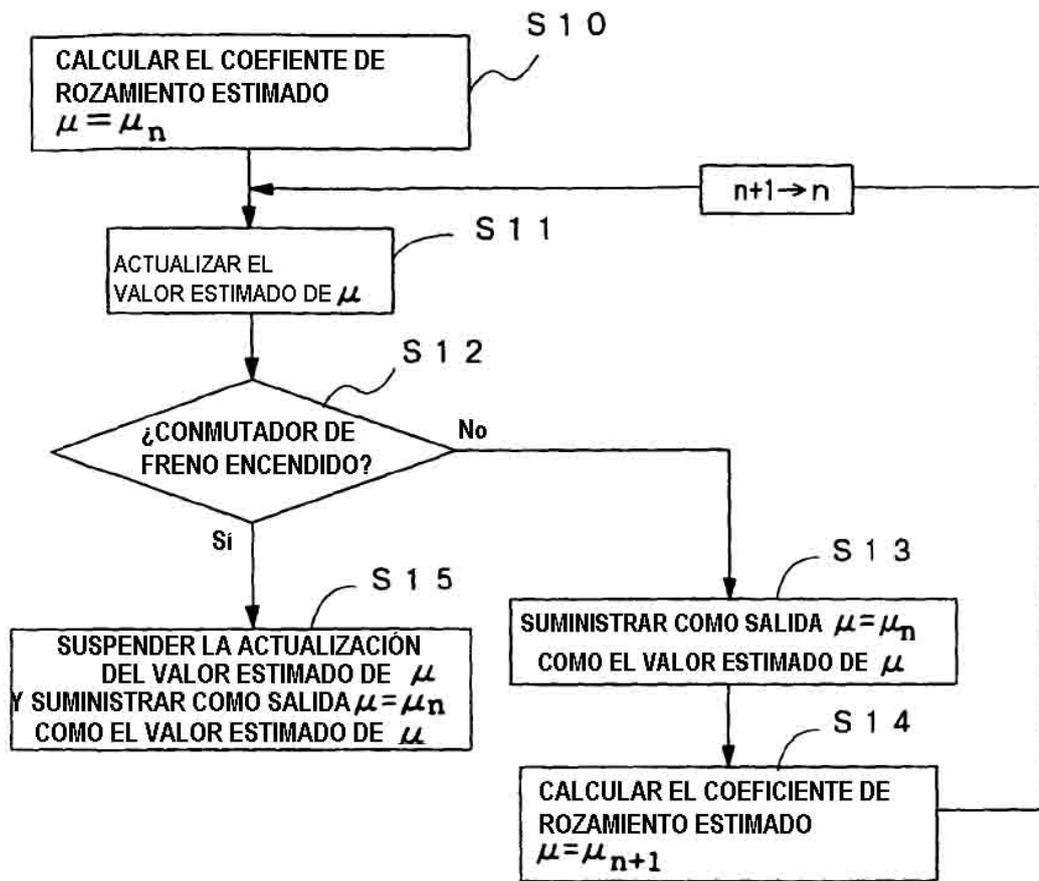


FIG. 23

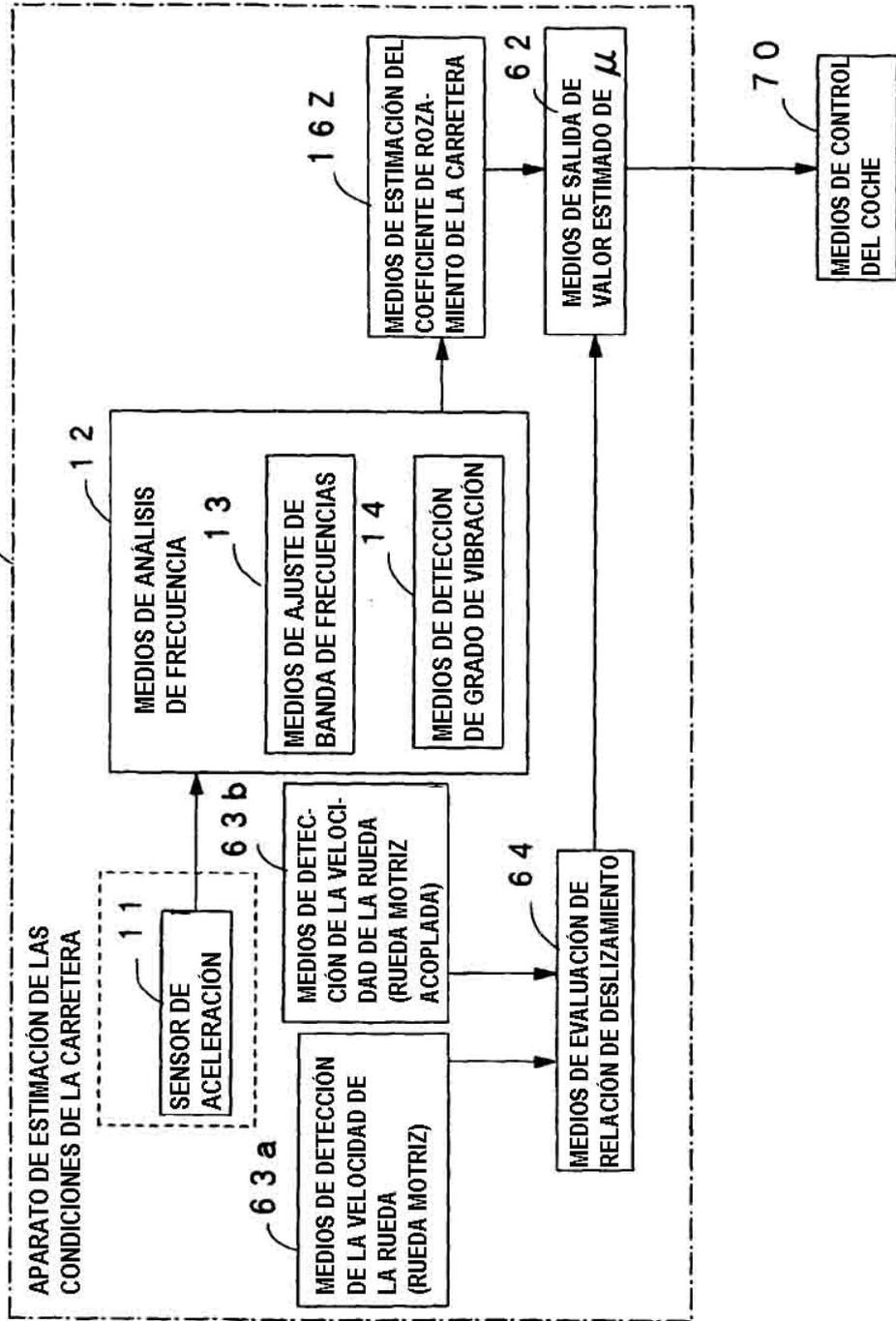


FIG. 24

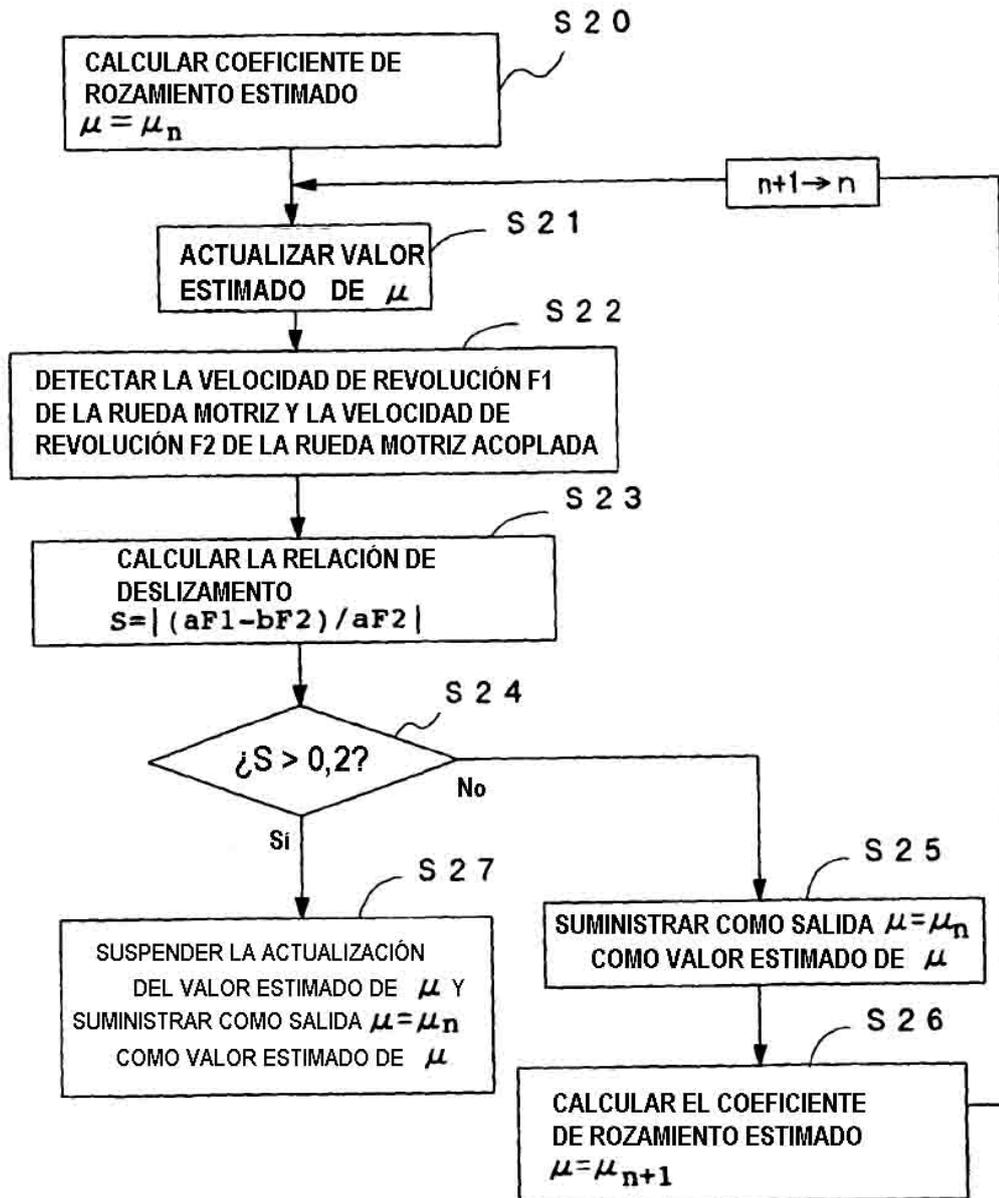


FIG. 25

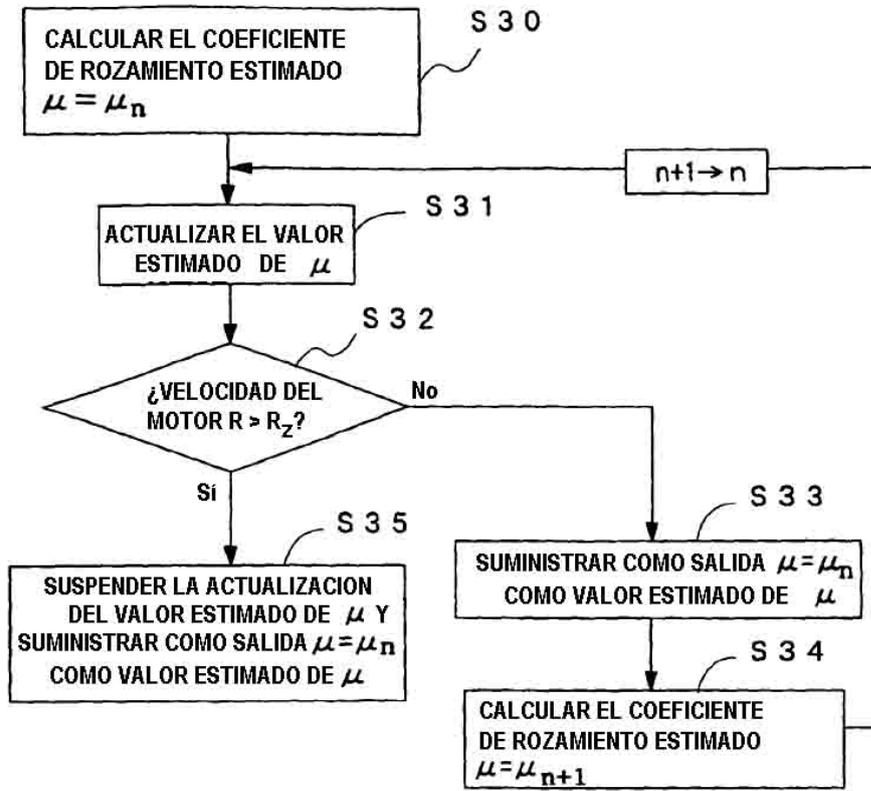


FIG. 26

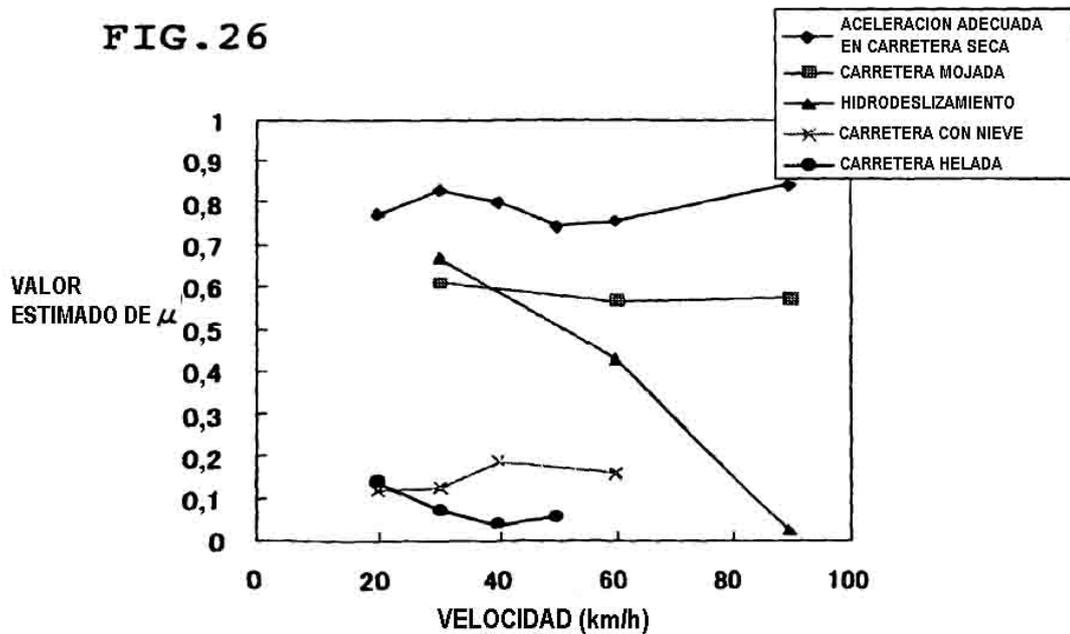


FIG. 27

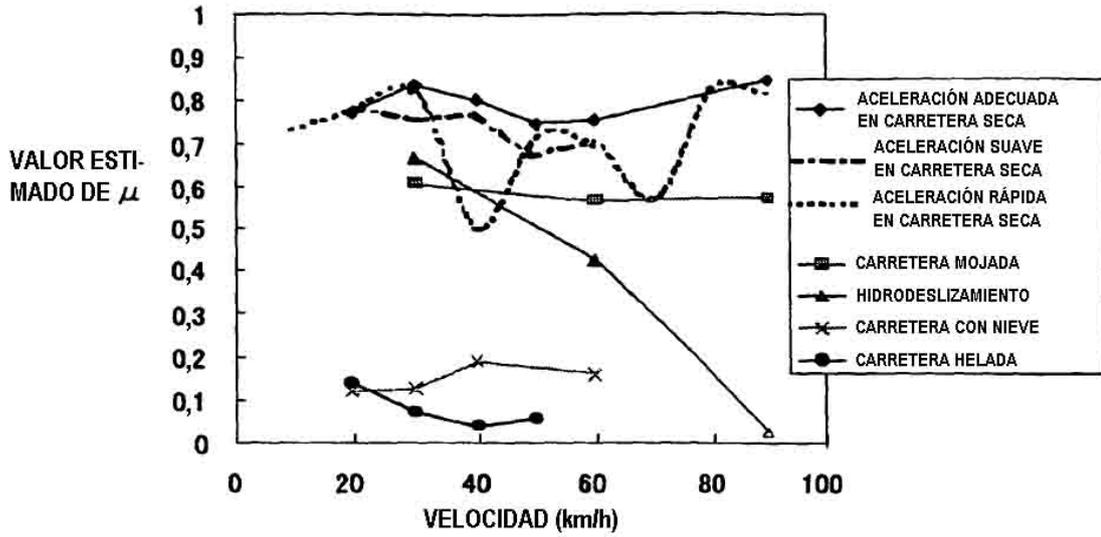


FIG. 28

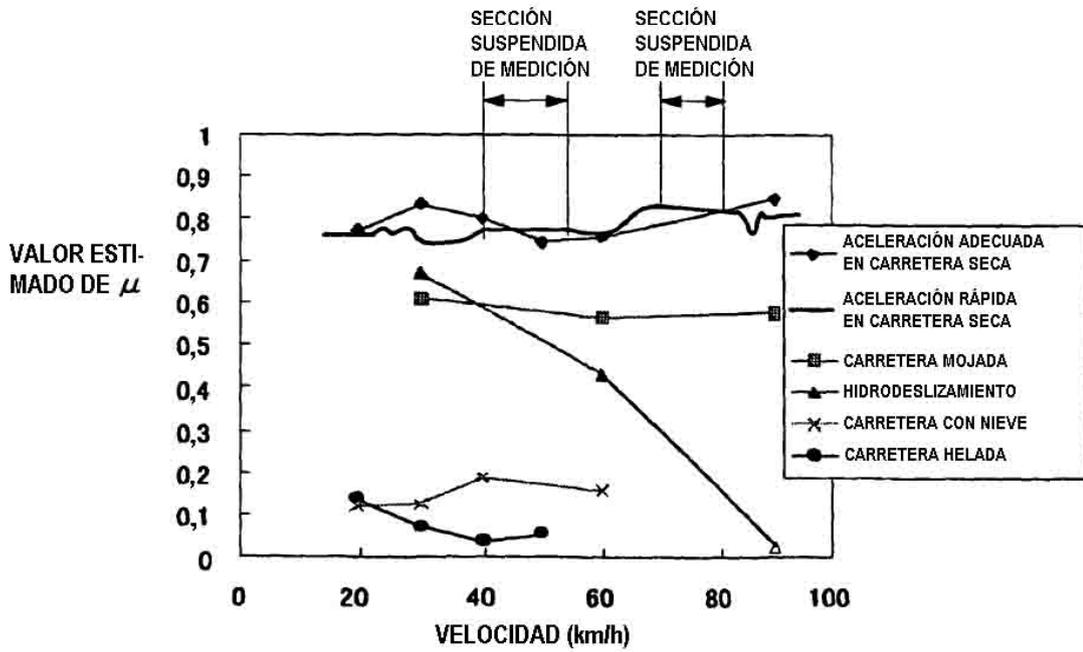


FIG. 29

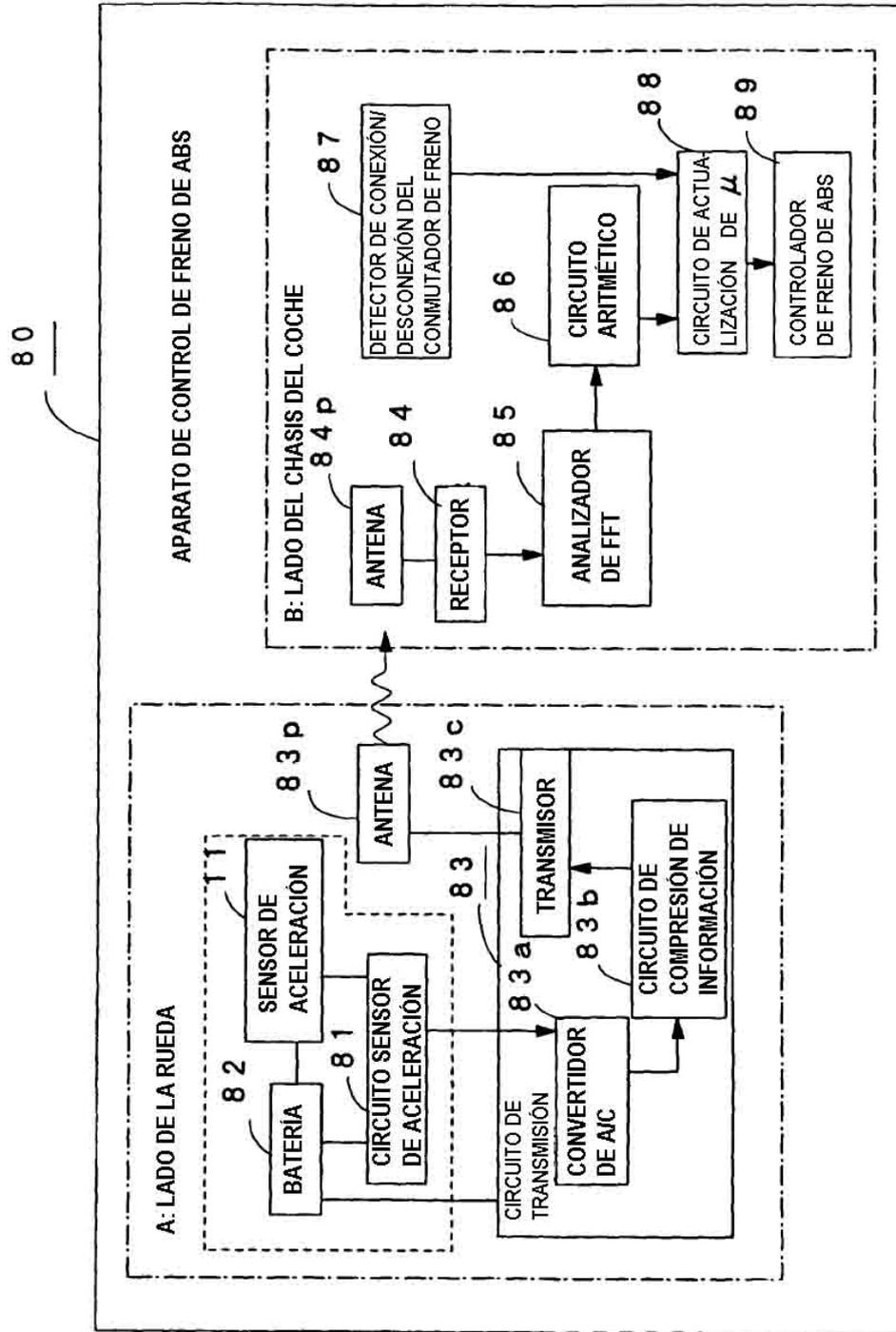


FIG. 30



FIG. 31

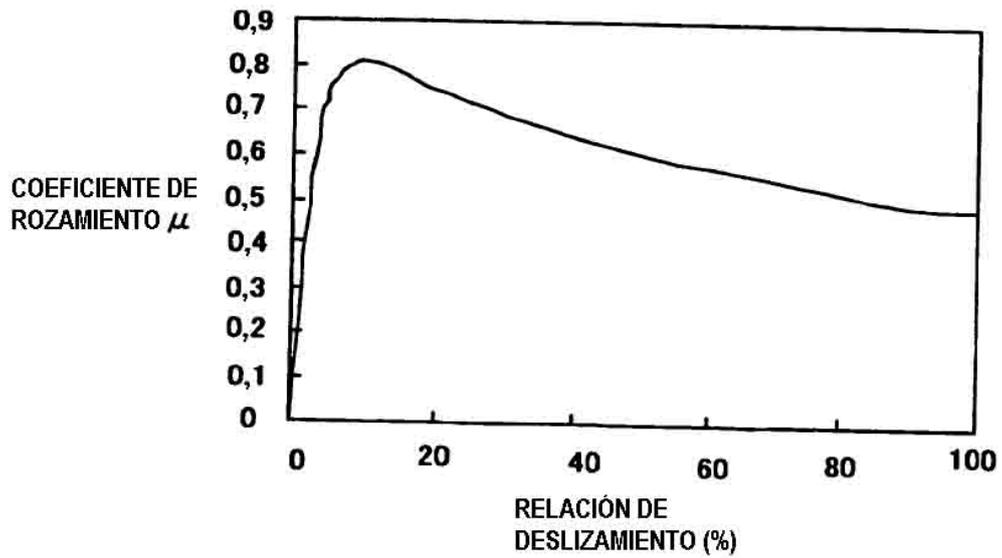


FIG. 32

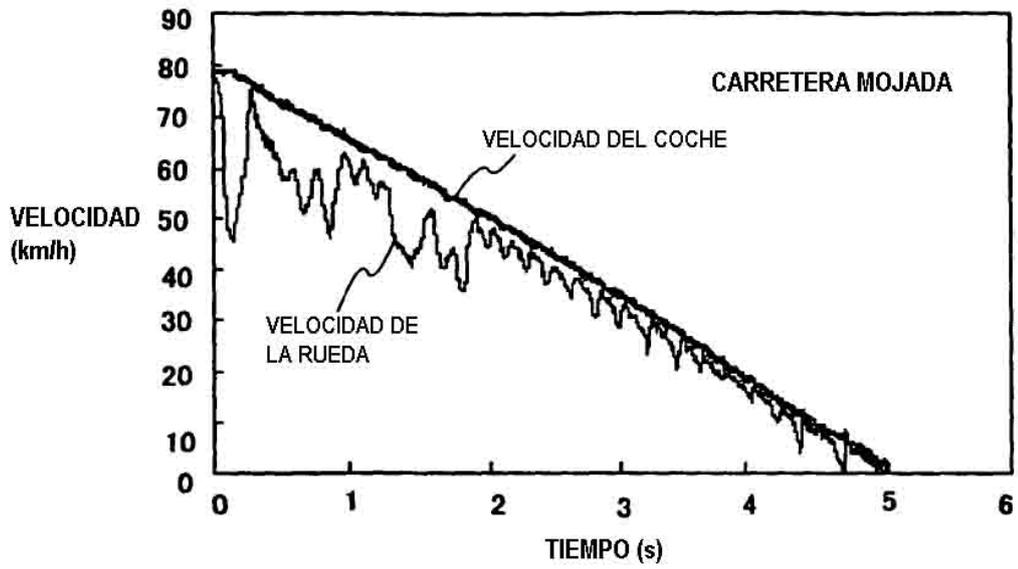


FIG. 33

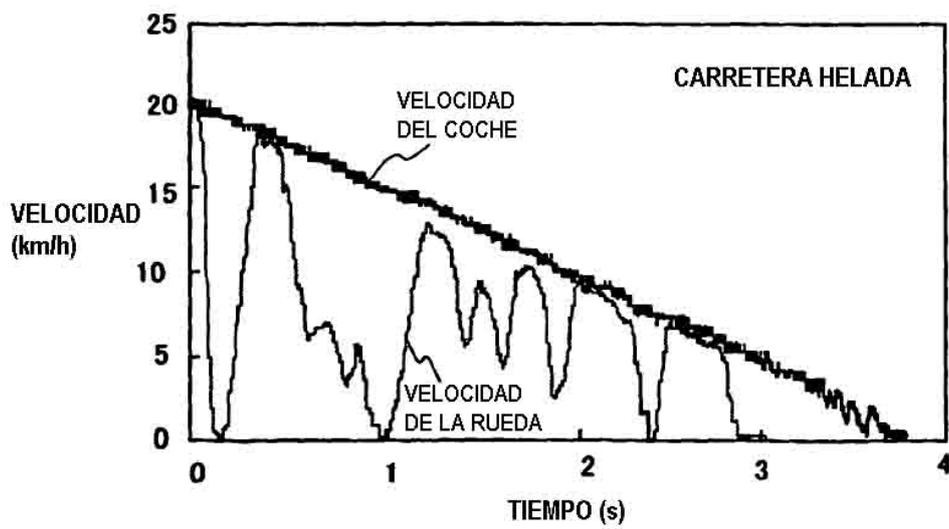


FIG. 34

