

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 534**

51 Int. Cl.:

G01M 17/02 (2006.01)

G01M 1/16 (2006.01)

G01L 5/16 (2006.01)

B60C 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2002 E 02775334 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 1435516**

54 Título: **Método de predicción de variación de fuerza radial**

30 Prioridad:

11.10.2001 JP 2001314341

09.05.2002 JP 2002133793

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

02.07.2013

73 Titular/es:

BRIDGESTONE CORPORATION (100.0%)

10-1, KYOBASHI 1-CHOME

CHUO-KU, TOKYO 104-8340, JP

72 Inventor/es:

OBUNAI, KATSUO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 410 534 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 de predicción de variación de fuerza radial

Campo Técnico

5 El presente invento se refiere a un método de predicción de variación de fuerza radial en el que una variación de fuerza radial puede ser predicha exactamente tomando en consideración un crecimiento de la deformación de la redondez radial (RRO) con respecto a un círculo perfecto a alta velocidad.

Técnica Relacionada

10 El número de casos en los que los componentes de orden más elevado de uniformidad de alta velocidad de un neumático generan ruido debido a la vibración causando por ello un problema ha aumentado recientemente. Por esta razón, la Solicitud de Patente Japonesa Abierta (JP-A) N° 11-352024 describe un método para predecir un componente de orden más elevado de uniformidad de alta velocidad de un neumático, en el que basándose en una uniformidad a velocidad baja en el momento en que un neumático rueda a velocidad baja, se predice un componente de orden más elevado (por ejemplo, un componente de segundo orden o mayor) de uniformidad de alta velocidad en el momento en que un neumático rueda a una velocidad elevada. En este método, midiendo la característica de transferencia vertical y la característica de transferencia hacia delante y hacia atrás de un neumático utilizando un tambor que tiene una cuña a modo de montículo, se predicen una variación de fuerza radial (RFV) a una velocidad elevada, y una variación de fuerza tangencial (TFV) a una velocidad elevada.

Problemas que han de ser Resueltos por el Invento

20 Sin embargo, el método antes descrito tiene un inconveniente porque un error de predicción de la RFV a velocidad elevada puede resultar grande ya que un crecimiento de RRO a una velocidad elevada no es tomado en consideración.

Además, el método antes descrito tiene también un inconveniente porque un error de predicción puede resultar mayor ya que se utilizan los datos de medición a una velocidad baja en la que la TFV es pequeña para predecir la RFV a velocidad elevada.

25 Además, con el fin de comprender la característica de transferencia vertical y la característica de transferencia hacia delante y hacia atrás de un neumático, una cuña a modo de montículo debe ser montada en un tambor.

30 Un aparato de medición de la RRO convencional incluye una sección de irradiación de luz que está prevista de modo que la luz emitida es hecha contactar con una periferia exterior de un neumático dispuesto de manera que pueda girar, y una sección de recepción de luz que recibe luz irradiada desde la sección 30 de irradiación de luz. Sin embargo, si la sección de irradiación de luz y la sección de recepción de luz se agitan junto con la rotación del neumático, un valor medido de RRO que ha de ser obtenido, resulta afectado por ello.

35 Además, cuando la deformación de redondez radial es medida en el aparato de medición de RRO antes descrito, la falta de uniformidad de masa (desequilibrio) de un neumático causada por la presencia de una parte que tiene una masa relativamente grande en el neumático, o la fluctuación de rigidez de un neumático causada por ejemplo por, la presencia de una parte que tiene una rigidez relativamente elevada no es tomada en consideración. Estos factores afectan al valor de la RRO medido.

40 Aún más, la información necesaria tal como la RRO o una velocidad rotacional de un neumático es medida mientras el neumático está girando. Cuando un neumático es hecho girar con una fuerza de accionamiento procedente de un motor de accionamiento que está aplicado constantemente a un eje del neumático y la fuerza giratoria procedente del motor de accionamiento del neumático al eje del neumático resulta no uniforme, se provoca una falta de uniformidad en la velocidad rotacional del neumático. El valor obtenido es afectado por la falta de uniformidad rotacional.

45 Adicionalmente, una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es muestreada de acuerdo con un impulso de un codificador giratorio dispuesto en un eje del neumático. Como el muestreo es así efectuado de acuerdo con el impulso del codificador giratorio, si la velocidad del neumático cambia, el ajuste de frecuencia de un filtro pasa bajos para reducir el ruido debe ser cambiado secuencialmente. El documento US 6.065.331, el documento WO 98/08070, y el documento US 4.479.381 describen métodos conocidos para comprobar el equilibrio de un neumático.

Descripción del invento

50 El presente invento ha sido conseguido para resolver los problemas antes descritos, y un objeto del mismo es proporcionar un método de predicción de variación de la fuerza radial en el que un error de predicción de RFV de

ES 2 410 534 T3

velocidad elevada en un neumático, que tiene una gran cantidad de crecimiento de RRO a una velocidad elevada, puede ser reducido significativamente.

El presente invento proporciona un método de predicción de variación de fuerza radial para ensayos de uniformidad de un neumático que comprende las operaciones de:

5 medir, en cada tipo de neumático provisto de llanta, los siguientes coeficientes:

una constante elástica en una dirección vertical de un neumático (K_{st}), una frecuencia natural en una dirección vertical de un neumático (ω), y una relación de amortiguación (ξx); en el que la dirección vertical es una dirección de desplazamiento del eje del neumático, del neumático provisto de llanta con respecto a una superficie en contacto con la banda de rodadura del neumático provisto de llanta;

10 medir la variación de fuerza radial (RFV) a una velocidad baja de un neumático provisto de llanta y la deformación de redondez radial (RimRRO_L) de una parte de círculo concéntrico de un llanta al mismo tiempo, y también medir cada deformación de redondez radial (TreRRO_L, TreRRO_H, RimRRO_L, RimRRO_H) de una banda de rodadura de neumático y de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja y a una velocidad elevada, caracterizado porque incluye las operaciones de predecir la variación de fuerza radial (RFV_O) de un neumático sin llanta a una velocidad objetivo basándose en la variación de fuerza radial medida (RFV) a una velocidad baja, la deformación de redondez radial (RRO_O) del neumático sin llanta a la velocidad objetivo, la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el momento de medición de la variación de fuerza radial, y correspondiendo dichos coeficientes al tipo de neumático provisto de llanta, en el que la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo es calculada a partir de las deformaciones de redondez radiales respectivas de la banda de rodadura del neumático y de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja y a una velocidad elevada, y la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta en el momento de medir la variación de fuerza radial es calculada a partir de la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a una velocidad baja y la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta en el momento de medir la variación de la fuerza radial.

25 Preferiblemente, la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el instante de medir la variación de fuerza radial es un valor dado añadiendo la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta medida en el instante de medir la variación de fuerza radial a la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a una velocidad baja, que es calculada sustrayendo la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja de la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático a una velocidad baja.

30 Preferiblemente, la deformación de redondez radial de un tambor que es puesto en contacto con el neumático en el momento de medir la variación de fuerza radial es además medida y añadida a la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el instante de medir la variación de fuerza radial.

35 Preferiblemente, las velocidades angulares del neumático ω_H , ω_L , a velocidad elevada y a velocidad baja, en el momento de giro en vacío o de giro a una carga predeterminada o menor, la deformación de redondez radial TreRRO_H, TreRRO_L de la banda de rodadura cada una a velocidades angulares, y la deformación de redondez radial RimRRO_H, RimRRO_L de la parte de círculo concéntrico de la llanta a las velocidades angulares son medidas, y basándose en la siguiente expresión, se predice la deformación de redondez radial RRO_O del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo ω .

$$40 \quad RRO_O = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) x \left(\frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2} \right)$$

en la que: $RRO_L = TreRRO_L - RimRRO_L$;

$RRO_H = TreRRO_H - RimRRO_H$; y

$\omega = V/Re$,

en la que V es una velocidad y Re es un radio de rodadura del neumático.

45 Preferiblemente, la deformación de redondez radial de una parte de desplazamiento cero de la llanta, o la deformación de redondez radial de regiones de la llanta, cuyas regiones están situadas simétricas una con relación a la otra con la parte de desplazamiento cero interpuesta entre ellas es medida como la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta.

En la operación antes descrita en la que la variación de fuerza radial y la deformación de redondez radial de la parte

de círculo concéntrico de una llanta a una velocidad baja de un neumático provisto de llanta son medidas al mismo tiempo, y la deformación de redondez radial respectiva de la banda de rodadura y de la parte de círculo concéntrico de la llanta son medidas, cada una a una velocidad baja y a una velocidad alta, la velocidad baja cuando la variación de fuerza radial y la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja de un neumático provisto de llanta son medidas al mismo tiempo, y la velocidad baja cuando la deformación de redondez radial respectiva de la banda de rodadura y de la parte de círculo concéntrico de la llanta cada una a una velocidad baja y a una velocidad alta son medidas, pueden ser las mismas o pueden ser diferentes entre sí. La variación de fuerza radial RFV_0 antes descrita puede ser representada por la siguiente expresión:

$$RFV_O = \left\{ K_{st}(RRO_0 - RRO_M) + \frac{RFV_L}{T_{LZ}} \right\} T_{OZ} \quad \dots(9)$$

10 La deformación de redondez radial RRO_O de un neumático sin la llanta a la velocidad objetivo en la expresión (9) antes descrita puede ser calculada midiendo las velocidades angulares del neumático ω_H , ω_L cada una a una velocidad elevada y a una velocidad baja en el momento de giro en vacío o de giro a una carga predeterminada o menor, la deformación de redondez radial $TreRRO_H$, $TreRRO_L$ de una banda de rodadura cada una a estas velocidades angulares, y la deformación de redondez radial $RimRRO_H$, $RimRRO_L$ de la llanta y basándose también en la siguiente expresión:

$$RRO_O = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) x \left(\frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2} \right) \quad \dots(10)$$

en la que

$$\begin{aligned} RRO_L &= TreRRO_L - RimRRO_L \\ RRO_H &= TreRRO_H - RimRRO_H \end{aligned} \quad \dots(11)$$

20 La deformación de redondez radial RRO_M de la banda de rodadura en el momento de la medición de la variación de fuerza radial en la expresión (9) antes descrita puede ser un valor dado por la siguiente expresión en que la deformación de redondez radial $RimRRO_M$ de la parte de círculo concéntrico de la llanta medida en el momento de la medición de la variación de la fuerza radial es añadida a la deformación de redondez radial RRO_L de un neumático sin la llanta a una velocidad baja, que es obtenida sustrayendo la deformación de redondez radial $RimRRO_L$ de la parte de círculo concéntrico de la llanta medida en el mismo momento de la deformación de redondez radial $TreRRO_L$ de la banda de rodadura a una velocidad baja.

$$RRO_M = RRO_L + RimRRO_M \quad \dots(12)$$

en la que

$$RRO_L = TreRRO_L - RimRRO_L \quad \dots(13)$$

30 Además, se mide la deformación de redondez radial $DramRRO_M$ de un tambor que es hecho contactar con el neumático en el momento de la medición de la deformación de redondez radial, y cuando es sumada a la deformación de redondez radial RRO_M de la banda de rodadura en el momento de la medición de la variación de la fuerza radial, cuya deformación de redondez radial está representada por la expresión (12) antes descrita, la variación de la fuerza radial puede ser predicha de forma más precisa.

35 Además, la relación de transferencia vertical T_{LZ} a una velocidad baja y la relación de transferencia vertical T_{OZ} a una velocidad objetivo en la expresión (9) antes descrita pueden ser calculadas por las siguientes expresiones, respectivamente.

$$T_{LZ} = \sqrt{\frac{1 + \left\{ 2\zeta_z \left(\frac{nV_L}{R_e \omega_{nz}} \right) \right\}^2}{\left\{ 1 - \left(\frac{nV_L}{R_e \omega_{nz}} \right) \right\}^2 + \left\{ 2\zeta_z \left(\frac{nV_L}{R_e \omega_{nz}} \right) \right\}^2}} \quad \dots(14)$$

$$T_{OZ} = \sqrt{\frac{1 + \left\{ 2\zeta_z \left(\frac{nV_0}{R_e \omega_{nz}} \right) \right\}^2}{\left\{ 1 - \left(\frac{nV_0}{R_e \omega_{nz}} \right)^2 \right\}^2 + \left\{ 2\zeta_z \left(\frac{nV_0}{R_e \omega_{nz}} \right) \right\}^2}} \quad \dots(15)$$

En la que V es una velocidad (una velocidad de la superficie de la carretera con respecto a ω), n es un orden, ω_{nz} es una frecuencia angular natural, R_e es un radio de rodadura, K_{st} es una constante elástica vertical, y ζ_z es una relación de amortiguación (también llamada una relación de atenuación).

5 Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 es un diagrama esquemático de un aparato de medición de RRO.

La fig. 2 es un diagrama esquemático de un aparato de medición de AAV.

La fig. 3 es un diagrama de flujo de un método de producción de neumático, que no está de acuerdo con el presente invento.

10 La fig. 4 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de RFV.

La fig. 5 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de AAV.

La fig. 6 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos de TFV y los valores predichos de TFV, predichos a partir de AAV.

La fig. 7 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de RRO.

15 La fig. 8 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de AAV.

La fig. 9 es un diagrama que muestra los valores predichos y los valores realmente medidos de los componentes de primer orden, de segundo orden y de tercer orden de la RFV elevada predicha a partir de los valores realmente medidos de RFV.

20 La fig. 10 es un diagrama que muestra los valores predichos y los valores realmente medidos de los componentes de primer orden, de segundo orden y de tercer orden de la TFV de velocidad elevada predicha.

La fig. 11 son diagramas, cada uno de los cuales muestra una correlación entre los valores realmente medidos y los valores predichos para cada uno de los componentes de primer orden, de segundo orden y de tercer orden de la RFV.

25 La fig. 12 son diagramas, cada uno de los cuales muestra una correlación entre los valores realmente medidos y los valores predichos para cada uno de los componentes de primer orden, de segundo orden y de tercer orden de la TFV.

La fig. 13 es un diagrama esquemático de una máquina de ensayo de pasada de un neumático sobre protuberancias o salientes.

30 La fig. 14 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos en el momento del paso de una cuña en la máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias, y la relación de vibración y atenuación natural que son calculadas a partir de los valores realmente medidos.

La fig. 15 es un diagrama que muestra la relación de vibración natural y amortiguación calculada a partir de otra expresión.

35 La fig. 16 es un diagrama que muestra, por comparación, resultados estimados de los componentes de RRO de primer orden, de segundo orden y de tercer orden, y los resultados realmente medidos de los componentes de RRO de primer orden, de segundo orden y de tercer orden.

La fig. 17 es un diagrama que muestra un modelo de neumático macizo que tiene un grado de libertad.

La fig. 18 es un diagrama esquemático de un aparato de medición para medir la RRO de una parte de círculo concéntrico de una llanta.

ES 2 410 534 T3

La fig. 19 es un diagrama esquemático de un aparato de medición para medir tanto la RRO de una parte de círculo concéntrico de una llanta como la RRO de un tambor.

5 La fig. 20 es un diagrama de flujo que muestra un método de producción de neumático en el cual basándose en los valores predichos de RFV a velocidad elevada y de TFV a velocidad elevada, los neumáticos fabricados son seleccionados y separados, y la RRO de estos neumáticos es corregida, si se requiere, antes del envío de los neumáticos.

10 Las figs. 21(A), 21(B) y 21(C) son diagramas: la fig. 21(A) muestra la deformación de redondez radial primaria o principal de una banda de rodadura; la fig. 21(B) muestra la deformación de redondez radial primaria de una parte de círculo concéntrico de una llanta; y la fig. 21(C) muestra la deformación de redondez radial primaria de un neumático sin la llanta, que es obtenida sustrayendo la deformación de redondez radial primaria de una parte de círculo concéntrico de una llanta de la deformación de redondez radial primaria de una banda de rodadura.

15 Las figs. 22(A), 22(B) y 22(C) son diagramas cada uno de los cuales muestra una correlación entre valores realmente medidos de cada uno de los componentes de RFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden a una velocidad elevada (120 km/h), y valores predichos de cada uno de los componentes de RFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden a una velocidad elevada.

Las figs. 23(A), 23(B) y 23(C) son diagramas que muestran cada uno una correlación entre los valores realmente medidos de cada uno de los componentes de TFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden a una velocidad elevada (120 km/h), y los valores predichos de cada uno de los componentes de TFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden a una velocidad elevada.

20 La fig. 24 es un diagrama que muestra los valores predichos de la deformación de redondez radial (RRO_o) de un neumático sin la llanta a una velocidad elevada, cuyos valores son predichos utilizando un valor realmente medido a la velocidad de 15 km/h y un valor medido a la velocidad de 80 km/h, y valores realmente medidos de la deformación de redondez radial (RRO) de una sola unidad de neumático.

La fig. 25 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de RFV.

25 La fig. 26 es un diagrama que muestra los valores realmente medidos y los valores predichos de TFV.

La fig. 27 es un diagrama esquemático que muestra un aparato de medición de RRO de acuerdo con un primer ejemplo modificado.

La fig. 28 es un diagrama esquemático que muestra un aparato de medición de RRO de acuerdo con un segundo ejemplo modificado.

30 La fig. 29 es un diagrama esquemático que muestra un aparato de medición de RRO de acuerdo con un tercer ejemplo modificado.

La fig. 30 es un diagrama esquemático que muestra un aparato de medición de RRO de acuerdo con un cuarto ejemplo modificado.

La fig. 31 es un diagrama conceptual que muestra el desequilibrio de masa de un neumático.

35 La fig. 32 es un diagrama conceptual que muestra la variación de rigidez de un neumático.

La fig. 33(A) es un gráfico que muestra una relación entre la RRO obtenida utilizando un índice fijo, y los valores realmente medidos de RRO; y la fig. 33(B) es un gráfico que muestra una relación entre la RRO obtenida utilizando un índice identificado, y los valores realmente medidos de RRO.

40 Las figs. 34(A), 34(B) y 34(C) son gráficos que muestran cada uno una relación entre cada una de las RFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden dados a partir de la RRO obtenida utilizando un índice fijo, y los valores realmente medidos de RFV; y las figs. 34(D), 34(E) y 34(F) son gráficos que muestran cada uno una relación entre cada uno de los RFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden dados a partir de la RRO obtenida utilizando un índice identificado, y los valores realmente medidos de RFV.

45 Las figs. 35(A), 35(B) y 35(C) son gráficos que muestran cada uno una relación entre cada una de las TFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden dadas a partir de la RRO obtenida utilizando un índice fijo fijado, y los valores realmente medidos de TFV; y las figs. 35(D), 35(E) y 35(F) son gráficos que muestran cada uno una relación entre cada una de las TFV de primer orden, de segundo orden y de tercer orden dadas a partir de la RRO obtenida utilizando un índice identificado, y los valores realmente medidos de TFV.

La fig. 36 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de accionamiento de neumático que incluye un

embrague electromagnético que conecta y desconecta la fuerza de rotación del neumático a y desde un eje del neumático.

La fig. 37 es un diagrama esquemático de un aparato de medición de acuerdo con un noveno ejemplo modificado, para medir una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático.

5 La fig. 38 es un diagrama de flujo que muestra una rutina de tratamiento para medir una cantidad de falta de uniformidad de una dimensión circunferencial de un neumático, cuya rutina es llevada a cabo por el aparato de medición de acuerdo con el noveno ejemplo modificado, para medir una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático.

10 La fig. 39(A) es un gráfico de tiempos en el cual es medida una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático a una velocidad baja; y la fig. 39(B) es un gráfico de tiempos en el cual es medida una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático a una velocidad baja.

Mejor Modo para Realizar el Invento

A continuación se describirá una realización del presente invento en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. En primer lugar, se describirá un aparato de medición utilizado en la presente realización.

15 En la fig. 1 se ha mostrado un aparato de medición de RRO en el cual la deformación de redondez radial (RRO) puede ser medida reduciendo la influencia de las gargantas de los tacos. Este aparato de medición de RRO está comprendido de una sección 30 de irradiación de luz formada por un diodo emisor de luz (LED) que irradia luz, y una
20 sección 32 de recepción de luz formada por un dispositivo de carga acoplada (CCD) que recibe luz irradiada desde la sección 30 de irradiación de luz. La sección 30 de irradiación de luz, la sección 32 de recepción de luz, y un neumático están dispuestos de manera que los rayos de luz irradiados son llevados a contacto con una periferia exterior de un neumático que ha de ser medido, y la RRO es medida a partir de una variación en la cantidad de luz recibida por la sección 32 de recepción de luz. Como el aparato de medición de RRO, se puede utilizar un calibrador LS-7030 (nombre comercial, fabricado por Keyence Corporation).

25 En la fig. 2 se ha mostrado un aparato de medición de fluctuación de aceleración angular (AAV) de un neumático. Este aparato de medición de AAV está comprendido de un codificador giratorio 34 montado sobre un eje de neumático para generar una señal de impulso de acuerdo con un ángulo de rotación de un neumático, y un modulador de FM 36 que extrae, a partir de la señal de impulso, un índice de variación de frecuencia FVR_R en el momento del giro en vacío de un neumático, y un índice de variación de frecuencia FVR_N en el momento de la carga. Como codificador giratorio, se puede utilizar un codificador MEH-85-1024 (nombre registrado, fabricado por
30 Microtech Laboratory). Como modulador de FM, se puede utilizar un analizador de frecuencias Modelo 6110A (nombre registrado, fabricado por ACT Electronics Corporation).

A continuación, se dará una descripción, con referencia al diagrama de flujo de la fig. 3 de un método de producción de neumáticos que no está de acuerdo con el invento, pero está incluido como referencia en el que la RFV a
35 velocidad elevada es predicha, la TFV a velocidad elevada es predicha, y los neumáticos fabricados son seleccionados y separados basándose en los valores predichos de la RFV a velocidad elevada y de la TFV a velocidad elevada, y la RRO es corregida, si se requiere, antes de que los neumáticos sean enviados.

Una frecuencia angular natural y una relación de amortiguación de un neumático no varían cada una dependiendo de cada neumático, y cada una depende del tipo de un neumático (tamaño o especificación). Por ello, con el fin de predecir la RFV a velocidad elevada, la frecuencia angular natural y la relación de amortiguación son predichas a
40 partir de valores característicos de una pluralidad de neumáticos en el mismo lote y almacenados en una base de datos. Es decir, en la operación 100, tres o más neumáticos de muestra son extraídos de cada lote. La RRO y la RFV son medidas al nivel de velocidad de tres o mayor (1 a M), y se utiliza el método de mínimos cuadrados para predecir la frecuencia de ángulo natural vertical y frontal y posterior, relación de atenuación, constante elástica vertical, y coeficiente de radio de rodadura de manera que una suma de cuadrados de los componentes del primer orden al orden eNésimo, RFV_1 a RFV_N , de RFV obtenida a partir de la transformación Fourier, y los componentes del primer orden al orden eNésimo, RFV_1 a RFV_N , de RFV calculado a partir de la siguiente expresión resulta ser un
45 mínimo.

$$RFV_M = \{FRV_1/T_{1Z} + Kst(RRO_M - RRO_1)\}T_{MZ}$$

en la que $M=1, 2, 3, \dots, N$, y T_{1Z} , T_{MZ} están cada uno representado por las siguientes expresiones.

$$T_{1Z} = \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_Z (nV_1 / R_e \omega_{nz})\}^2}{\{1 - (nV_1 / R_e \omega_{n2})\}^2 + \{2\zeta_Z (nV_1 / R_e \omega_{nz})\}^2}}$$

$$T_{MZ} = \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_z (nV_M / R_e \omega_{nz})\}^2}{\{1 - (nV_M / R_e \omega_{nz})^2\}^2 + \{2\zeta_z (nV_M / R_e \omega_{nz})\}^2}}$$

en las que V es la velocidad, n es el orden de transformación de Fourier, ω_{nz} es la frecuencia angular natural, R_e es el radio de rodadura de un neumático, K_{st} es la constante elástica superior e inferior, y ζ_z es la relación de amortiguación.

- 5 La fig. 4 muestra valores realmente medidos y valores predichos (valores estimados) de RFV en el momento en que un neumático de PSR205/65R15 es utilizado en el método de los mínimos cuadrados antes descrito. La fig. 5 muestra valores realmente medidos y valores predichos (valores estimados) de AAV utilizados en el método de los mínimos cuadrados antes descrito en el momento en que es utilizado el mismo neumático que el anterior.

- 10 Además, con el fin de predecir la TFV a velocidad elevada, un producto de coeficiente C_{TFV} y un momento de inercia de TFV, y similares son almacenados en la base de datos. Un producto de coeficiente C_{TFV} y un momento de inercia de variación de fuerza tangencial es predicho de tal manera que: tres o más neumáticos de muestra son extraídos de cada lote; se miden una fluctuación de aceleración angular y la TFV a una velocidad elevada; y se utiliza el método de los mínimos cuadrados de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre los componentes de TFV de primer orden a orden enésimo obtenidos por transformación de Fourier, y los componentes de TFV de primer orden a orden enésimo calculados a partir de la siguiente expresión resulta ser un mínimo.

$$TFV = C_{TFV} \frac{I_V \cdot AAC}{R_e}$$

La fig. 6 muestra los valores realmente medidos de TFV utilizados en el método de mínimos cuadrados antes descrito, y los valores predichos (valores estimados) de TFV predichos a partir de AAV basándose en la expresión antes descrita.

- 20 En la operación 102, la deformación de redondez radial RRO_H , la RRO_L a una velocidad angular de neumático ω_H , ω_L de dos niveles de velocidad (velocidad elevada H y velocidad baja L) en el momento que un neumático está girando en vacío es medida utilizando el aparato de medición de RRO mostrado en la fig. 1, y un valor AAV_L realmente medido de la fluctuación de aceleración angular a una velocidad baja es medido utilizando el aparato de medición de AAV mostrado en la fig. 2.
- 25 En la operación 104, basándose en los valores realmente medidos RRO_H , RRO_L a una velocidad elevada y a una velocidad baja, la deformación de redondez radial RRO_0 a la velocidad objetivo es predicha de acuerdo con la siguiente expresión. La deformación de redondez radial RRO_0 a la velocidad objetivo puede ser medida también utilizando el aparato de medición de RRO mostrado en la fig. 2.

$$RRO_0 = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) \cdot \frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2}$$

- 30 en que $\omega = V/R_e$.

La deformación de redondez radial a la velocidad objetivo puede ser predicha también midiendo la deformación de redondez radial a una velocidad angular de neumático de nivel N+1 o superior en el momento en que el neumático está girando en vacío o en el momento en que el neumático está rodando a una carga predeterminada (por ejemplo, 500 N) o menos y utilizando una ecuación de regresión de orden N.

- 35 En la operación 104, basándose en los valores realmente medidos RRO_L , AAV_L de deformación de redondez radial y de fluctuación de aceleración angular a una velocidad baja, la deformación de redondez radial RRO_0 a la velocidad objetivo V_0 calculada como se ha descrito antes, la frecuencia angular natural ω_{nx} medida como se ha descrito antes o transformada y calculada a partir de un resultado de medición, la relación de amortiguación ζ_x , y el coeficiente de deformación de redondez radial, la fluctuación de aceleración angular a la velocidad objetivo es predicha de acuerdo con la siguiente expresión.

40

$$AAV_0 = \frac{nV_0^2}{R_e^2} \left[\frac{AAV_L / T_{Lx}}{nV_L^2 / R_e^2} - \frac{C_{RRO} \cdot (RRO_0 - RRO_L)}{R_e} \right] T_{OX}$$

en la que T_{OX} , T_{Lx} son índices de trasmisión de desplazamiento de un sistema de atenuación primario a una

ES 2 410 534 T3

velocidad objetivo y a una velocidad baja, respectivamente.

La fig. 7 muestra valores RRO_L realmente medidos y valores predichos (valores estimados) de RRO a una velocidad baja (15 km/h) y a una velocidad elevada (100 km/h). La fig. 8 muestra un valor realmente medido y un valor predicho (valor estimado) de AAV a una velocidad baja (15 km/h).

- 5 De la misma manera que en el sexto invento descrito antes, la fluctuación de velocidad angular a una velocidad objetivo puede ser predicha también utilizando la expresión (8).

Un valor de uniformidad de un neumático varía dependiendo de cada neumático, incluso cuando el tipo de cada neumático es el mismo. Por lo tanto, en la operación 106, la RFV a velocidad elevada y la RFV a velocidad baja son predichas para cada neumático.

- 10 En la presente realización, RFV_O a la velocidad objetivo es predicha de acuerdo con la siguiente expresión basándose en un resultado de transformación de Fourier de la deformación de redondez radial RRO_O a velocidad objetivo V_O predicha como se ha descrito antes, la constante elástica vertical Kst medida o calculada por transformación a partir de un resultado de medición, y el índice de transformación T_{Oz} de desplazamiento de un sistema de atenuación primario.

15
$$RFV_O = Kst \cdot RRO_O \cdot T_{Oz}$$

RFV_O a la velocidad objetivo puede ser también predicha basándose en la expresión (5).

Además, cuando se ha de predecir la TFV a velocidad elevada, basándose en la fluctuación de aceleración angular AAV_O a la velocidad objetivo V_O predicha como se ha descrito antes, y el producto de coeficiente C_{TFV} almacenado en la base de datos y el momento de inercia I_y de TFV, la TFV a la velocidad objetivo y un valor de TFV_O predicho son predichos de acuerdo con la siguiente expresión.

20

$$TFCV_0 = C_{TFV} \cdot \frac{I_y \cdot AAV_0}{R_e}$$

- 25 La fig. 9 muestra valores predichos y valores realmente medidos de cada uno de los componentes de primer orden a tercer orden de la RFV a velocidad elevada predicha a partir de los valores realmente medidos de RFV a una velocidad baja (15 km/h). La fig. 10 muestra valores predichos y valores realmente medidos de cada uno de los componentes del primer orden al tercer orden del TFV a velocidad elevada. Además, la fig. 11 muestra una correlación entre los valores realmente medidos y los valores predichos de cada uno de los componentes de primer orden a tercer orden de RFV. La fig. 12 muestra una correlación entre los valores realmente medidos y los valores predichos de cada uno de los componentes de primer orden a tercer orden de TFV.

El valor de TFV_O predicho puede ser predicho también de acuerdo con la expresión (6).

- 30 En la operación 108, la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo predichas son comparadas cada una con un valor de referencia, y es seleccionado un neumático en el que la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son cada una mayor que el valor de referencia. En el neumático en el que la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son cada una mayor que el valor de referencia, por ejemplo, la deformación de redondez radial (RRO) del mismo es corregida antes del envío. Un neumático en el cual los componentes de orden más elevado de la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son cada una menores que el valor de referencia es determinado como que se ha fabricado adecuadamente, y enviado sin ser corregido.

35

En la operación 110, se determina si la selección de neumáticos ha sido completada o no. Si la selección ha sido completada, este método ha terminado.

- 40 La frecuencia angular natural vertical ω_{nz} y la relación de amortiguación ζ_z pueden ser obtenidas a partir de valores de medición procedentes de la máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias mostrada en la fig. 13. La máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias, como se ha mostrado en la fig. 13, está comprendida de un tambor 10 que tiene una cuña 12 hecha de fibra de plástico reforzada (FRP) montada sobre la superficie del mismo, y un sensor 16 montado en un extremo de un pie derecho 14 diseñado para ello.

- 45 El sensor 16 incluye un sensor de fuerza axial (un sensor de fuerza axial de tres vías) 16A formado por una celda de carga que detecta la fuerza axial vertical F_z de un neumático, y un sensor de desplazamiento 16B formado por un medidor de desplazamiento de láser que detecta el desplazamiento de un eje de neumático con respecto a una superficie de tambor.

El sensor 16A de fuerza axial y el sensor 16B de desplazamiento están cada uno conectados a un ordenador

personal 20 que sirve como un aparato de predicción al que está conectado un CRT 18 previsto como un dispositivo de presentación para presentar datos medidos y similares.

5 Cuando se ha de medir la característica de transferencia vertical de un neumático en el momento de rodadura, el neumático es puesto en contacto con el tambor 10 con una carga que es aplicada al mismo, y la entrada es aplicada al eje del neumático en la dirección vertical haciendo girar el tambor. En este momento, la fuerza axial vertical Fz del neumático es medida por el sensor 16A de fuerza axial y el desplazamiento vertical X del eje del neumático con respecto a la superficie del tambor es medido por el sensor 16B de desplazamiento.

En el ordenador personal 20, es calculada la característica de transferencia Fz/X de la fuerza axial vertical Fz del neumático con respecto al desplazamiento vertical X del eje del neumático.

10 Cuando se ha de medir la característica de transferencia frontal y posterior del neumático en el momento de rodar, el neumático es puesto en contacto con el tambor con una carga que es aplicada al mismo en la máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias mostrada en la fig. 13, y la entrada es aplicada al neumático en la dirección longitudinal haciendo girar el tambor. En este momento, la fuerza axial Fx de delante hacia atrás del neumático es medida por el sensor 16A de fuerza axial.

15 Además, en este momento, el desplazamiento vertical X de la superficie del tambor es medido por el sensor 16B de desplazamiento. Así, es predicha la característica de transferencia Fx/X.

20 La frecuencia angular natural vertical y la relación de atenuación son predichos de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre el resultado predicho de la característica de transferencia vertical obtenida como se ha descrito antes, y la $k_z(\omega)$ característica de transferencia obtenida por la siguiente expresión resulta ser un mínimo.

$$k_{z(\omega)} = K_{st} \cdot \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_z(\omega/\omega_{nz})\}^2}{\{1 - (\omega/\omega_{nz})^2\}^2 + \{2\zeta_z(\omega/\omega_{nz})\}^2}}$$

25 La fig. 14 muestra valores realmente medidos en el momento de la pasada de una cuña en la máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias, y la frecuencia natural y la relación de atenuación que son calculadas siendo transformadas a partir de los valores realmente medidos basándose en la expresión antes descrita. La fig. 15 muestra la frecuencia natural y la relación de atenuación que son calculadas siendo transformadas por la siguiente expresión.

$$k_{z(\omega)} = a + b(\omega/\omega_{nx})^2 \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_z(\omega/\omega_{nx})\}^2}{\{1 - (\omega/\omega_{nx})^2\}^2 + \{2\zeta_z(\omega/\omega_{nx})\}^2}}$$

en la que a y b son coeficientes.

30 Aunque la exactitud de la predicción resulte peor, la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo pueden ser predichas también solo a partir de la RRO en el momento de giro en vacío del neumático.

35 Como se ha descrito antes, midiendo la RRO y la AAV a velocidad baja, y la RRO en el momento del giro en vacío (dos niveles de velocidad) utilizando un método simple para predecir la TFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo, la selección de neumáticos de acuerdo con la RFV a velocidad elevada y la TFV a velocidad elevada resulta posible con menores inversiones en equipamiento comparado con un caso en el que es introducida una máquina de ensayo de uniformidad a velocidad elevada.

40 En lo anterior, se ha descrito el caso en que se ha medido la RRO a velocidad elevada. Sin embargo, como se ha descrito antes, la RRO a velocidad elevada puede ser predicha a partir de la RRO a velocidad baja. La fig. 16 muestra, por comparación, resultados estimados de los componentes de RRO de primer orden a tercer orden en el rango de velocidad de hasta 140 km/h y los resultados realmente medidos de los componentes de RRO de primer orden a tercer orden, utilizando datos a las velocidades de 30 km/h, 50 km/h, y 70 km/h. Como puede verse a partir de este diagrama, la RRO a la velocidad de 120 km/h puede ser obtenida, con el máximo error de 0,02 mm o aproximadamente, a partir de los datos obtenidos en un rango de velocidad baja a la velocidad de 30 km/h.

45 A continuación se describirá en detalle una realización del presente invento. Como se ha descrito en las expresiones (9) y (16) anteriores, cuando la variación de fuerza radial (RFV) a una velocidad objetivo y la variación de fuerza tangencial (TFV) a una velocidad objetivo son predichas, se requieren la deformación de redondez radial (RRO) de una parte de banda de rodadura a la velocidad objetivo, y la RRO de la parte de banda de rodadura en el momento

de la medición de RFV a una velocidad baja y AAV a una velocidad baja.

En esta realización, con el fin de impedir el efecto de reacción de un soporte de neumático, y el efecto de ligera vibración del plano de referencia de la llanta a un soporte de neumático sobre la exactitud de predicción de la RFV y la TFV, se utiliza un valor predicho de RRO de un neumático sin la llanta a la velocidad objetivo como la RRO de una parte de banda de rodadura a la velocidad objetivo. Este valor predicho viene dado por la expresión (2) antes descrita.

Además, como RRO de la parte de banda de rodadura en el momento de medir la RFV a velocidad baja y de medir la AAV a velocidad baja, es utilizado un valor que es obtenido sumando la deformación de redondez radial de una parte de cubo, es decir, la parte de círculo concéntrico de la llanta, que es medido en el momento de la medición de la RFV y la medición de la AAV a RRO del neumático sin la llanta a una velocidad baja.

En primer lugar, el aparato de medición utilizado es el mismo que los utilizados en la realización antes descrita (véanse figs. 1 y 2), y por ello, será omitida una descripción del mismo. En el aparato de medición de AAV mostrado en la fig. 2, la AAV es medida a partir del índice de variación de frecuencia FVR_R y del índice de variación de frecuencia FVR_N .

La fig. 18 muestra un aparato de medición para medir la RRO de una parte de círculo concéntrico de la llanta. Un sensor de desplazamiento 46 es montado en una parte 40 de fijación de soporte del neumático mediante un apoyo 42 de montaje del sensor. El sensor de desplazamiento 46 mide el desplazamiento de una parte de desplazamiento cero a una superficie periférica exterior de un cubo (es decir, una superficie en la que está montado un neumático provisto de llanta) 44. El número de referencia 48 designa un neumático.

Este aparato de medición es utilizado para medir el desplazamiento de la parte de desplazamiento cero del cubo que es la parte de círculo concéntrico de la llanta, haciendo posible por ello medir la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta.

La fig. 19 muestra un aparato de medición que mide tanto la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta como la RRO del tambor. Este aparato de medición está equipado con un par de sensores de desplazamiento 50A y 50B para una llanta, que mide el desplazamiento de la parte de círculo concéntrico de la llanta desde la posición de referencia, y un par de sensores de desplazamiento 52A y 52B para un tambor, que mide el desplazamiento de la parte de círculo concéntrico del tambor desde la posición de referencia. Estos sensores de desplazamiento 50A, 50B, 52A y 52B están cada uno fijados mediante el apoyo 42 de montaje a una parte estacionaria del aparato de medición.

Además, este aparato de medición está provisto con un tambor 54 que es puesto en contacto con el neumático para medir la RRO y similar.

Los sensores de desplazamiento 50A y 50B para una llanta son fijados así de modo que midan el desplazamiento respectivo de posiciones simétricas de una pestaña de la llanta con la parte de desplazamiento cero interpuesta entre ellas. Los sensores de desplazamiento 52A y 52B para un tambor son fijados de modo que midan posiciones, respectivamente, opuestas a las que son medidas por los sensores de desplazamiento para una llanta con la parte de desplazamiento cero interpuesta entre ellas.

De acuerdo con este aparato de medición, el desplazamiento de la parte de desplazamiento cero de la parte de círculo concéntrico de la llanta, es decir, la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta puede ser calculado promediando el desplazamiento medido por los sensores de desplazamiento para una llanta, y el desplazamiento de la parte de desplazamiento cero de la parte de círculo concéntrico del tambor, es decir, la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta puede ser calculada promediando el desplazamiento medido por los sensores de desplazamiento para un tambor.

A continuación, se dará una descripción de una realización de un método de producción de neumáticos con referencia al diagrama de flujo de la fig. 20, en el que se predicen la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo, y los neumáticos fabricados son seleccionados y separados basándose en los valores predichos de la RFV a velocidad objetivo y de la TFV a velocidad objetivo, y la RRO es corregida, si se requiere, antes del envío de los neumáticos.

Cada uno de los distintos coeficientes tales como la frecuencia angular natural, la relación de amortiguación, la constante elástica vertical, y el radio de rodadura de un neumático provisto de llanta no varía dependiendo de cada neumático provisto de llanta, y varía dependiendo del tipo (tamaño o especificación) de neumático provisto de llanta. Estos coeficientes no varían para el mismo tipo de neumático provisto de llanta. Por ello, con el fin de predecir la RFV a velocidad objetivo, la frecuencia angular natural, la relación de amortiguación y similares son predichos a partir de valores característicos de una pluralidad de neumáticos provistos de llanta en el mismo lote, y son almacenados en la base de datos.

En otras palabras, en la operación 200, tres o más neumáticos de muestra son extraídos del mismo lote, y la RRO y la RFV al nivel de velocidad de tres o más (1 a M) son medidos al mismo tiempo. El método de mínimos cuadrados es utilizado para predecir los distintos coeficientes tales como la frecuencia angular natural vertical y frontal y posterior, la relación de amortiguación, la constante elástica vertical, y el radio de rodadura de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre los componentes de primer orden a orden eNésimo, RFV₁ a RFV_N de la RFV obtenidos por la transformación de Fourier, y los componentes de primer orden al orden eNésimo de RFV₁ a RFV_N de RFV calculados a partir de la siguiente expresión resulta un mínimo. Los coeficientes predichos son almacenados en la base de datos.

$$RFV_M = RFV_1/T_{1Z} + Kst(RRO_M - RRO_1)T_{MZ} \quad \dots(23)$$

en la que M es 1, 2, 3,...N, y T_{1Z} y T_{MZ} son representados por las siguientes expresiones, respectivamente.

$$T_{LZ} = \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_Z (nV_1 / R_e \omega_{nz})\}^2}{\{1 - (nV_1 / R_e \omega_{nz})^2\}^2 + \{2\zeta_Z (nV_1 / R_e \omega_{nz})\}^2}}$$

$$T_{MZ} = \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta_Z (nV_M / R_e \omega_{nz})\}^2}{\{1 - (nV_M / R_e \omega_{nz})^2\}^2 + \{2\zeta_Z (nV_M / R_e \omega_{nz})\}^2}} \quad \dots(24)$$

en la que V es la velocidad, n es el orden de transformación de Fourier, ω_{nz} es la frecuencia angular natural, R_e es el radio de rodadura de un neumático, Kst es la constante elástica vertical, y ζ_Z es la relación de amortiguación.

Un valor de uniformidad de un neumático varía dependiendo de cada neumático, independientemente del mismo tipo de neumáticos provisto de llanta. En la operación 202, se lleva a cabo la medición de datos simple para medir la RFV a una velocidad baja de un neumático provisto de llanta ajustada que ha de ser medido, y la RRO de una parte de círculo concéntrico de una llanta al mismo tiempo, y también se mide la RRO de la banda de rodadura y de la parte de círculo concéntrico de la llanta cada una a una velocidad baja y a una velocidad elevada. La RFV a una velocidad baja puede ser medida utilizando un aparato de medición de RFV convencionalmente conocido, y la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta puede ser medida utilizando el aparato de medición mostrado en las figs. 18 y 19.

Además, la RRO de la banda de rodadura y de la parte de círculo concéntrico de la llanta respectiva antes descritas cada una a una velocidad baja y a una velocidad elevada pueden ser obtenidas midiendo, con el aparato de medición de la RRO mostrado en la fig.2, la deformación de redondez radial TreRRO_H, TreRRO_L de la banda de rodadura y la deformación de redondez radial RimRRO_H, RimRRO_L de la parte de círculo concéntrico de la llanta, respectivamente a la velocidad angular del neumático ω_H, ω_L de los dos niveles de velocidad (la velocidad elevada H y la velocidad baja L) en el momento del giro en vacío.

Además, un valor de AAV_L realmente medido de la fluctuación de aceleración angular a una velocidad baja es medida utilizando el aparato de medición de AAV mostrado en la fig. 2. En este momento, además de que es medida la AAV a velocidad baja, es medida la RRO en la parte de círculo concéntrico de la llanta utilizando el aparato de medición mostrado en las figs. 18 y 19.

En la siguiente operación 204, basándose en la deformación de redondez radial TreRRO_H, TreRRO_L de la banda de rodadura y la deformación de redondez radial RimRRO_H, RimRRO_L de la parte de círculo concéntrico de la llanta, respectivamente a la velocidad angular de neumático ω_H, ω_L que son medidas en la operación 202, la deformación de redondez radial RRO_O del neumático sin llanta a la velocidad objetivo es medida de acuerdo con la siguiente expresión.

$$RRO_0 = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) \cdot \frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2} \quad \dots(25)$$

en la que

$$RRO_L = TreRRO_L - RimRRO_L$$

$$RRO_H = TreRRO_H - RimRRO_H \quad \dots(26)$$

La fig. 21(A) muestra la deformación de redondez radial primaria de la banda de rodadura. La fig. 21(B) muestra la deformación de redondez radial primaria de la parte de círculo concéntrico de la llanta. La fig. 21(C) muestra la deformación de redondez radial primaria del neumático sin la llanta obtenida sustrayendo la deformación de

redondez radial primaria de la parte de círculo concéntrico de la llanta de la deformación de redondez radial primaria de la banda de rodadura. Como puede verse a partir de estos dibujos, la deformación de redondez radial primaria del neumático sin la llanta obtenida por la sustracción antes descrita es obtenida de manera que la fluctuación de la misma resulte disminuida.

- 5 Además, en la fig. 24, los valores predichos de la deformación de redondez radial RRO_0 del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo, cuyos valores son predichos utilizando un valor realmente medido de 15 km/h y un valor realmente medido de 80 km/h, están indicados por una línea continua, y los valores realmente medidos de la deformación de redondez radial RRO del neumático sin la llanta (en el rango de velocidad de 15, 50, 80, 100 y 120 km/h) están indicados por puntos. Como puede verse a partir de estos dibujos, una tendencia de la deformación de redondez radial RRO del neumático sin la llanta a la velocidad de 80 km/h o mayor puede ser predicha incluso a partir de dos datos de medición a la velocidad de 80 km/h o menos.

- 10 En la operación 206, la RFV a velocidad elevada es predicha de acuerdo con la expresión (9) antes descrita, y la TFV a velocidad elevada es predicha para cada neumático provisto de llanta de acuerdo con la expresión (16) antes descrita. Las figs. 22(A) a 22(C) muestran cada una, una correlación entre los valores realmente medidos de cada uno de los componentes del primer orden al tercer orden de la RFV a una velocidad elevada (120 km/h), y los valores predichos de cada uno de los componentes del primer orden al tercer orden de la RFV a velocidad elevada. Las figs. 23(A) a 23(C) muestran cada una, una correlación entre los valores realmente medidos de cada uno de los componentes del primer orden al tercer orden de la TFV a una velocidad elevada (120 km/h), y los valores predichos de cada uno de los componentes del primer orden al tercer orden de la RFV a una velocidad elevada.

- 15 En la operación 208, la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo predichas son cada una comparadas con un valor de referencia, y son seleccionados los neumáticos provistos de llanta en los cuales la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son cada una mayor que el valor de referencia. En los neumáticos provistos de llanta en los que la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son cada una mayor que el valor de referencia, por ejemplo, la deformación de redondez radial (RRO) de los mismos es corregida antes del envío de los mismos. Los neumáticos provistos de llanta en que los componentes de orden más elevado de la RFV a velocidad objetivo y la TFV a velocidad objetivo son mayores que el valor de referencia son considerados como los fabricados adecuadamente, y son enviados sin ser corregidos.

En la operación 210, se determina si se ha completado o no la selección de neumáticos. Cuando la selección ha sido completada, este método ha terminado.

- 20 En las figs. 25 y 26, los valores de RFV y TFV realmente medidos (a la velocidad de 15, 50, 80, 100 y 120 km/h) están representados por puntos, y los valores predichos de RFV y TFV (obtenidos utilizando la RRO de la única unidad de neumático a una velocidad elevada, y la RFV y la AAV a una velocidad de 15 km/h, que son obtenidos anteriormente) están representados por líneas.

- 25 Como puede verse a partir de los dibujos, la tendencia de aumentar en la RFV y la TFV a la velocidad de 50 km/h o mayor puede ser predicha incluso desde un punto de datos de medición a la velocidad de 15 km/h o menos.

En la presente realización también, la frecuencia angular natural ω_{nz} y la relación de amortiguación ζ_z pueden ser también, como se ha descrito antes, obtenidas a partir de los valores medidos por la máquina de ensayo de pasada sobre protuberancias (véase fig. 13) en la primera realización antes descrita.

- 30 Como se ha descrito antes, la presente realización tiene un efecto en que la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta y la RRO de la parte de banda de rodadura son medidas al mismo tiempo, y la RRO de la parte de círculo concéntrico de la llanta es sustraída de la RRO de la parte de banda de rodadura del neumático para predecir por ello la RRO del neumático sin la llanta a una velocidad elevada, y la RRO predicha del neumático sin la llanta a una velocidad elevada es utilizada para predecir la RFV y la TFV a una velocidad elevada, haciendo posible por ello impedir el efecto de reacción de un soporte de neumático.

- 35 Además, como la RRO en el momento de medición de la RFV a velocidad baja y de la AAV a velocidad baja, la RFV y la TFV de un neumático sin la llanta a una velocidad elevada son predichas utilizando la RRO predicha del neumático sin la llanta a una velocidad elevada, haciendo posible por ello reducir el efecto provocado por el deterioro de la exactitud de montaje de la llanta.

- 40 Aún más, la RRO de la banda de rodadura en el momento de la medición de la RFV a velocidad baja y de la AAV a velocidad baja es corregida en consideración de la RRO de un tambor que es puesto en contacto con un neumático en el momento de medición de la RFV, y similarmente, haciendo posible por ello predecir de forma más precisa la RFV a velocidad elevada y la TFV a velocidad elevada.

Adicionalmente, el efecto puede ser obtenido porque, en consideración de la irregularidad rotacional que es provocada por los neumáticos provistos de llanta que son acelerados y decelerados mediante la rigidez de

accionamiento desde la superficie de carretera, si la fluctuación de aceleración angular, que es un factor principal de la TFV generado a una velocidad elevada, es corregida previendo nuevamente un término de rigidez de accionamiento, la diferencia entre un valor predicho de la TFV a velocidad elevada y un valor realmente medido de la misma puede ser reducida utilizando un método simple al tiempo que se reduce el número de parámetros.

- 5 A continuación, serán descritos distintos ejemplos modificados de la realización del invento. Estos ejemplos modificados tienen cada uno la misma estructura sustancialmente que la de la realización del invento, y por ello, serán omitidas las descripciones de las mismas partes, y solamente serán descritas las partes diferentes.

Primer ejemplo modificado

- 10 Como se ha mostrado en la fig. 27, un aparato de medición de RRO de acuerdo con este ejemplo modificado incluye una sección 30 de irradiación de luz formada por diodos emisores de luz (LED) que sirven como medios emisores de luz para irradiar luz y situados de manera que la luz emitida es hecha que contacte con una periferia exterior de un neumático dispuesto de una manera giratoria, y una sección 32 de recepción de luz formada por un dispositivo de carga acoplado (CCD) que sirve como medio receptor de luz para recibir la luz irradiada procedente de la sección 30 de irradiación de luz. Esta estructura del aparato es la misma que la del aparato de medición de RRO (véase fig. 1).
- 15 El aparato de medición de RRO de acuerdo con este ejemplo modificado incluye también un borde de referencia 31 dispuesto de forma fija entre la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz y formado por una placa plana o similar, que sirve como medio de interrupción para cortar una parte de la luz irradiada desde la sección 30 de irradiación de luz.

- 20 Este ejemplo modificado está previsto de modo que corrija la oscilación o basculamiento provocado por la rotación de un neumático en posiciones en las que están dispuestas la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz. Es decir, incluso si la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz oscilan, el borde de referencia 31 está dispuesto de forma fija entre la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz, y la sección 32 de recepción de luz recibe luz que ha sido interrumpida por el borde de referencia 31. Como resultado, la fluctuación de los recibida es casi causada por la RRO del neumático.

- 25 Por consiguiente, la RRO puede ser medida con un grado de exactitud más elevado.

Segundo ejemplo modificado

- 30 Como se ha mostrado en la fig. 28, un aparato de medición de RRO de acuerdo con el ejemplo modificado es sustancialmente el mismo que el aparato de medición de RRO de acuerdo con el primer ejemplo modificado excepto en que el sensor de desplazamiento 46 (véase fig. 18) y el borde de referencia 31 están conectados por un miembro de conexión 62 de modo que corrijan la oscilación del borde de referencia 31 con respecto a un eje del neumático. Este sensor de desplazamiento 46 está, como se ha descrito antes, montado en la parte 40 de fijación del soporte del neumático mediante el apoyo 42 para montar un sensor. Como resultado, el borde de referencia 31 está conectado a la parte 40 de fijación del soporte de neumático mediante el sensor de desplazamiento 46 y el apoyo 42. Por consiguiente, la oscilación del borde de referencia 31 con respecto al eje del neumático puede ser corregida.

- 35 Como resultado, comparado con el primer ejemplo modificado, la RRO puede ser medida con un grado de exactitud más elevado.

Tercer ejemplo modificado

- 40 Como se ha mostrado en la fig. 29, en este ejemplo modificado, varios pares de secciones 30 de irradiación de luz y las secciones 32 de recepción de luz están dispuestos alrededor del neumático. La fig. 29 muestra, como un ejemplo, dos pares, pero el presente invento no está limitado a la misma.

- 45 En las realizaciones antes descritas y el primer y segundo ejemplos modificados, con el fin de predecir la RRO, es necesario que un neumático deba hacer al menos una rotación. Por otro lado, en el tercer ejemplo modificado, los varios pares de secciones 30 de irradiación de luz y de secciones 32 de recepción de luz están dispuestos alrededor del neumático, y por ello, la RRO puede ser medida solamente haciendo girar el neumático en una cantidad menor de una rotación. Más específicamente, por ejemplo, si N pares de secciones 30 de irradiación de luz y de secciones 32 de recepción de luz (N es un entero de 2 o más) están dispuestos a intervalos regulares, la RRO puede ser medida solamente haciendo girar el neumático en una cantidad de 1/N de rotación.

- 50 En este ejemplo modificado también, el borde de referencia 31 puede estar previsto también como en el primer ejemplo modificado. Además, el sensor de desplazamiento 46 y el borde de referencia 31 pueden estar conectados entre sí como en el segundo ejemplo modificado.

Cuarto ejemplo modificado.

Como se ha mostrado en la fig. 30, este ejemplo modificado tiene una estructura en la que la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz son hechas giratorias alrededor del eje del neumático. Es decir, este ejemplo modificado incluye además una placa de soporte 33 que sirve como medio de soporte para soportar la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz y está montada sobre el eje del neumático de una manera giratoria. Haciendo girar la placa de soporte 33 alrededor del eje del neumático, la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz pueden ser hechas girar alrededor del eje del neumático.

Cuando la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz son hechas girar en un sentido opuesto al sentido en que gira el neumático, es posible reducir un tiempo de medición de la RRO en una región próxima a una posición en la que la velocidad de rotación del neumático es cero.

Por otro lado, incluso cuando, aunque el tiempo de medición de la RRO no puede reducirse, la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz son hechas girar en el mismo sentido que el sentido en el que gira el neumático, la RRO puede ser medida.

Además, incluso si la velocidad de rotación del neumático es cero y la sección 30 de irradiación de luz y la sección 32 de recepción de luz son hechas girar alrededor del neumático, puede medirse la falta de uniformidad o desigualdad en la dimensión circunferencial del neumático.

En este ejemplo modificado también, el borde de referencia 31 puede estar previsto de la misma manera que en el primer ejemplo modificado. Además, el sensor de desplazamiento 46 y el borde de referencia 31 están conectados juntos mediante la placa de soporte 33 como en el segundo ejemplo modificado. Además, varios pares de secciones 30 de irradiación de luz y de secciones 32 de recepción de luz pueden estar ubicadas alrededor del neumático, por ejemplo, a intervalos regulares como en el tercer ejemplo modificado.

Quinto ejemplo modificado.

En la realización antes descrita (incluyendo también los ejemplos modificados primero a cuarto), el aparato de medición de RRO mostrado en la fig. 1 es utilizado para predecir la deformación de redondez radial RRO_O a la velocidad objetivo de acuerdo con las expresiones predeterminadas antes descritas. Sin embargo, en este caso, la falta de uniformidad de la masa (desequilibrio) de un neumático provocada por la presencia de la parte P1 que tiene una masa relativamente grande (véase fig. 31) o la variación de rigidez de un neumático causada por la presencia de la parte P2 que tiene una rigidez relativamente elevada (véase fig. 32) no son consideradas. Es decir, la parte P1 que tiene una masa relativamente grande es apta para sobresalir como se ha mostrado en la fig. 31, y la parte P2 que tiene una rigidez relativamente elevada no es apta para sobresalir como se ha mostrado en la fig. 32. Estas partes tienen efectos, como un error, en la RRO.

Por consiguiente, en este ejemplo modificado, la deformación de redondez radial RRO_O a la velocidad objetivo es predicha en consideración de la falta de uniformidad de la masa del neumático y la variación de rigidez del neumático. Además, la deformación de redondez radial RRO_O puede ser predicha también en consideración de cualquiera de los factores antes descritos, pero en el siguiente ejemplo concreto de este ejemplo modificado, la deformación de redondez radial RRO_O es predicha en consideración de ambos factores.

Específicamente, en un neumático de muestra, son medidas la desviación radial RRO a la velocidad objetivo y la deformación de redondez radial RRO a una velocidad baja.

Subsiguientemente, basándose en la deformación de redondez radial medida de un neumático de muestra a una velocidad baja (RRO a velocidad baja), la deformación de redondez radial medida del neumático de muestra a la velocidad objetivo, un valor estimado de deformación de redondez radial de un neumático de muestra a la velocidad objetivo obtenida a partir de la siguiente expresión (estimación de RRO a velocidad objetivo), y la siguiente expresión, los coeficientes 1 y 2 en la siguiente expresión son identificados cada uno de acuerdo con la siguiente expresión de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre la deformación de redondez radial medida de un neumático de muestra a la velocidad objetivo, y un valor estimado de la deformación de redondez radial de un neumático de muestra a la velocidad obtenido a partir de la siguiente expresión resulta un mínimo.

$$\text{Estimación de RRRO a velocidad objetivo} = \text{RRO a velocidad baja} + \text{coeficiente 1} \times \text{RMV} - \text{coeficiente 2} \times \text{RSV}$$

Además, el desequilibrio de masa del neumático (RMV) y la variación de rigidez RSV son medidos por adelantado. La variación de rigidez RSV es obtenida utilizando la expresión $RSV = RFV - (\text{constante elástica}) \times \text{RRO}$, es decir, sustrayendo un valor dado por multiplicación de la constante elástica del neumático y la deformación de redondez radial RRO medida a la velocidad objetivo, de la RFV medida a la velocidad objetivo.

Además, se obtiene la deformación de redondez radial RRO del neumático a una velocidad baja.

Cuando se obtiene la deformación de redondez radial RRO a una velocidad baja como se ha descrito antes,

basándose en la RMV de desequilibrio de masa del neumático y la variación de rigidez RSV del neumático obtenida como antes, la deformación de redondez radial medida del neumático a una velocidad baja, y la expresión antes descrita con los coeficientes 1 y 2 identificados, es estimada la deformación de redondez radial RRO del neumático a la velocidad objetivo.

5 Sexto ejemplo modificado

En la realización antes descrita (incluyendo también los ejemplos modificados primero a quinto), basándose en la deformación de redondez radial RRO_H , RRO_L a velocidades angulares de neumático ω_H , ω_L de los dos niveles de velocidad (a la velocidad elevada H y a la velocidad baja L) en el momento del giro en vacío, la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo es predicha utilizando el aparato de medición de RRO de acuerdo con la expresión antes descrita (el índice es 2). Sin embargo, en este ejemplo modificado, la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo es predicha como se ha descrito después.

Es decir, se utilizan tres o más neumáticos de muestra, y el índice (x) en la siguiente expresión es identificado a partir de los datos medidos RRO , RRO_{LS} y RRO_{HS} en el momento en que los neumáticos son hechos girar a velocidades angulares de los dos niveles de velocidad, es decir, a una velocidad baja y a una velocidad elevada de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre la RRO a velocidad predeterminada estimada de acuerdo con la siguiente expresión y la RRO a velocidad predeterminada realmente medida resulte un mínimo.

$$RRO_{EST} = RRO_{LS} + (RRO_{HS} - RRO_{LS}) \cdot \frac{\omega_{EST}^x - \omega_{LS}^x}{\omega_{HS}^x - \omega_{LS}^x}$$

A continuación, la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo es predicha utilizando el aparato de medición de RRO insertando, en la expresión con el índice (x) que es identificado como se ha descrito antes, la deformación de redondez radial RRO_H , RRO_L a las velocidades angulares del neumático ω_H , ω_L de los dos niveles de velocidad (a la velocidad elevada H y a la velocidad baja L) en el momento del giro en vacío.

En los gráficos de las figs. 33(A) y 33(B), se han mostrado resultados respectivos de la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo que es predicha a la velocidad de 80 km/h, 100 km/h y 120 km/h utilizando la expresión en la que el índice es 2, y la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo que es predicha utilizando la expresión en la que el índice es identificado. La RRO predicha está indicada por líneas continuas y los valores realmente medidos están indicados por puntos. Como puede verse en las figs. 33(A) y 33(B), comparado con la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo que es predicha utilizando la expresión en la que el índice es 2, los valores predichos de la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo que son predichos utilizando la expresión en la que el índice es identificado se aproximan a los valores realmente medidos de la RRO. Es decir, este ejemplo modificado permite una predicción más exacta de la RRO. El índice es identificado a 1,75.

Las figs. 34(A), 34(B) y 34(C) muestran cada una la relación entre la RFV (eje vertical) predicha basándose en la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo predicha a las velocidades de 15 km/h y 50 km/h utilizando la expresión en la que el índice es 2, y la RFV realmente medida (eje horizontal) para cada uno de los componentes de RFV de primer orden, segundo orden y tercer orden. Las figs. 34(D), 34(E) y 34(F) muestran cada una la relación entre la RFV (eje vertical) predicha basándose en la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo predicha a las velocidades de 15 km/h y 80 km/h utilizando la expresión en la que el índice es identificado como se ha descrito antes, y la RFV realmente medida (eje horizontal) para cada uno de los componentes de RFV de primer orden, segundo orden y tercer orden. El índice es identificado a 1,75.

Además, las figs. 35(A), 35(B) y 35 (C) muestran cada una la relación entre la TFV (eje vertical) predicha basándose en la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetiva predicha a las velocidades de 15 km/h y 50 km/h utilizando la expresión en la que el índice es 2, y la TFV (eje horizontal) realmente medida para cada uno de los componentes de TFV de primer orden, segundo orden y tercer orden. Las figs. 35(D), 35(E) y 35(F) muestran cada una la relación entre la TFV (eje vertical) predicha basándose en la deformación de redondez radial RRO a la velocidad objetivo predicha a las velocidades de 15 km/h y 80 km/h utilizando la expresión en la que el índice es identificado como se ha descrito antes, y la TFV (eje horizontal) realmente medida para cada uno de los componentes de TFV de primer orden, segundo orden y tercer orden. El índice es identificado a 1,75.

Séptimo ejemplo modificado

En la realización antes descrita (incluyendo también los ejemplos primero a sexto), con el fin de obtener la RRO, la fluctuación de aceleración angular, y similar, un neumático es hecho girar aplicando constantemente una fuerza de accionamiento a partir de un motor de accionamiento de neumático a un eje de neumático. En este caso, si la fuerza de rotación aplicada desde el motor de accionamiento del neumático al eje del neumático resulta desigual, la fuerza

de rotación desigual causa la irregularidad en la velocidad rotacional de un neumático y los valores obtenidos son afectados por esta irregularidad rotacional.

5 Por consiguiente, este ejemplo modificado reduce el efecto de desigualdad de la fuerza de rotación aplicada por el motor de accionamiento del neumático al eje de neumático sobre los valores de RRO o la fluctuación de aceleración angular.

10 Específicamente, como se ha mostrado en la fig. 36, este ejemplo modificado tiene una estructura en la que un embrague electromagnético 80 que sirve como medio de conexión/desconexión está previsto entre el eje de neumático y un motor 78 de rotación del neumático que sirve como medio para hacer girar el neumático para aplicar la fuerza de rotación al eje del neumático para hacer girar por ello el neumático. Es decir, el eje neumático y el motor 78 de rotación del neumático están conectados por el embrague electromagnético 80, y la fuerza de rotación procedente del motor 78 de rotación del neumático es aplicada al eje de neumático para permitir la rotación del neumático. Subsiguientemente, el embrague electromagnético 80 desconecta el eje del neumático y el motor 78 de rotación del neumático uno de otro de manera que no se ha aplicado fuerza de rotación desde el motor 78 de rotación del neumático al eje del neumático, y el neumático es llevado a un estado de rotación debido a la inercia. En este estado, deberían obtenerse los valores necesarios tales como la RRO, la velocidad rotacional del neumático y similares.

Octavo ejemplo modificado

20 Este ejemplo modificado es construido de tal manera que los datos necesarios pueden ser obtenidos en varias posiciones en una dirección transversal de un neumático. Por ejemplo, en el aparato de medición de RRO mostrado en la fig. 1, varios pares de secciones 30 de irradiación de luz y de secciones 32 de recepción de luz son ubicadas en posiciones en la dirección transversal del neumático, y la RRO puede ser medida en las distintas posiciones en la dirección transversal del neumático.

25 En este ejemplo modificado, la RFV a una velocidad elevada es medida utilizando tres o más neumáticos de muestra. Además, la RRO a una velocidad predeterminada es obtenida a partir de los tres o más neumáticos de muestra en distintas posiciones en la dirección transversal de cada neumático. La RFV a una velocidad predeterminada es calculada a partir de un valor medio ponderado de la RRO obtenido a la velocidad predeterminada en las distintas posiciones, cuyo valor medio es obtenido a partir de la siguiente expresión. Los coeficientes (el siguiente coeficiente 1, el coeficiente 2 y similares) del valor medio ponderado en cada posición de medición son identificados de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre la RFV calculada a la velocidad predeterminada y la RFV medida a una velocidad predeterminada resulta un mínimo.

$$\text{Valor medio de RRO} = \text{coeficiente 1} \times \text{RRO}(1) + \text{coeficiente 2} \times \text{RRO}(2) + \dots (1 - \text{coeficiente 1} - \text{coeficiente 2} - \dots \text{coeficiente N-1}) \times \text{RRO}(N)$$

35 En la operación 104 y en la operación 204 de la primera y segunda realizaciones antes descritas, la deformación de redondez radial RRO_O a la velocidad objetivo es obtenida de manera como se describirá después. Es decir, las velocidades angulares del neumático ω_H , ω_L a una velocidad elevada y a una velocidad baja, y la deformación de redondez radial RRO_H , RRO_L a estas velocidades angulares son medidas, y basándose en la siguiente expresión, la deformación de redondez radial RRO_O a la velocidad objetivo es predicha en cada posición de medición. Subsiguientemente, el valor medio de la deformación de redondez radial es obtenido a partir de la deformación de redondez radial RRO_O a la velocidad objetivo que es predicha en cada posición de medición, y la expresión antes descrita en la que es identificado cada coeficiente medio ponderado.

$$RRO_0 = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) \cdot \frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2}$$

La RFV a la velocidad objetivo es predicha a partir del valor medio obtenido de deformación de redondez radial.

La TFV a la velocidad objetivo es predicha también de la misma manera como se ha descrito antes.

45 Así, la RFV y la TFV son predichas cada una a partir del valor medio ponderado de la RRO en distintas posiciones de medición en la dirección transversal del neumático, permitiendo por ello una mejora en la precisión de predicción.

Noveno ejemplo modificado

En este ejemplo modificado, se mide una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático a un cierto intervalo de ángulo de rotación.

Convencionalmente, la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es muestreada de acuerdo con

un impulso de un codificador giratorio dispuesto en un eje de neumático. Como el muestreo es llevado a cabo de acuerdo con el impulso del codificador giratorio, si la velocidad del neumático cambia, el ajuste de frecuencia de un filtro pasa bajos para reducir el ruido necesita ser cambiado secuencialmente.

5 Por consiguiente, en este ejemplo modificado, incluso si la velocidad cambia, un tipo de filtro pasa bajos de reducción de ruido está previsto para obtener una cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático.

Específicamente, como se ha mostrado en la fig. 37, están previstos un aparato de medición 85 conectado a la sección 32 de recepción de luz antes descrita y el codificador giratorio 34. El aparato de medición 85 incluye una CPU, una ROM, una RAM y una memoria, que no están todas mostradas.

10 A continuación, la operación de este ejemplo modificado será descrita con referencia al diagrama de flujo (véase fig. 38) que muestra una rutina de tratamiento para medir una cantidad de falta de uniformidad en la dimensión circunferencial de un neumático, cuya rutina es ejecutada por el aparato de medición 85.

15 La rutina de tratamiento para medir una cantidad de falta de uniformidad en la dimensión circunferencial de un neumático comienza cuando el neumático es llevado a un estado de rotación a una velocidad predeterminada. Cuando el neumático gira, como se ha descrito antes, una señal de impulso es generada desde el codificador giratorio 34 de acuerdo con el ángulo de rotación del neumático. Una temporización a la que la señal de impulso es generada desde el codificador giratorio 34 corresponde al ángulo de rotación del neumático, y la señal de impulso es generada el número de veces K_0 predeterminado para cada rotación del neumático. En este ejemplo modificado, el número de región de almacenamiento previsto en la memoria corresponde con el número de veces que la señal de impulso es generada, y cada región de almacenamiento es identificada como K. Cuando comienza la rutina de tratamiento para medir una cantidad de falta de uniformidad en la dimensión circunferencial de un neumático, en la operación 250, la variable K utilizada para identificar un área de almacenamiento es ajustada a 1.

20 Además, en este ejemplo modificado, la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es detectada a partir de una señal obtenida procedente de la sección 32 de recepción de luz a intervalos de tiempo regulares. La variable que indica el número de veces de detección es representada por J, y el intervalo en el que una señal de impulso es generada desde el codificador giratorio 34, es decir, la suma de cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático dentro de un cierto ángulo de rotación está representada por H. En la operación 252, J y H son cada uno repuestos a 0.

25 En la operación 254, la cantidad de falta de uniformidad H de un tamaño de neumático es detectada a partir de una señal generada desde la sección 32 de recepción de luz. En la operación 256, la variable J es aumentada en uno, y en la operación 258, la cantidad detectada de falta de uniformidad H_0 de un tamaño de neumático es añadida al valor adicional H previamente detectado de la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático y el valor adicional obtenido es ajustado para ser un nuevo valor adicional H de la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático.

30 En la operación 260, se determina si un cierto período de tiempo ha transcurrido o no desde el momento en que la cantidad de falta de uniformidad H_0 de un tamaño de neumático es detectada (operación 254). Cuando ha transcurrido el cierto período de tiempo, el proceso vuelve a la operación 254 y el tratamiento antes descrito es llevado a cabo (operación 254 a operación 260).

35 Además, en la operación 260, cuando se ha determinado que el cierto período de tiempo no ha transcurrido, se hace una determinación en cuanto a si una señal es introducida o no desde el codificador giratorio 34. Cuando se ha determinado que la señal no es introducida desde el codificador giratorio 34, el proceso vuelve a la operación 260.

De acuerdo con el tratamiento antes descrito, se obtiene un valor total H de la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático dentro de un intervalo de tiempo en el que la señal de impulso es generada desde el codificador giratorio 34.

40 En la operación 262, cuando se ha determinado que la señal es introducida desde el codificador giratorio 34, se determina en este momento que el proceso prosigue a un estado en el que es generada una señal de impulso subsiguiente. Por ello, en la operación 264, se calcula un valor medio de las cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático dentro del intervalo de tiempo, en que es generada una señal de impulso precedente. Es decir, un valor total de cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es H y el número de veces de detección es J. Por ello, el valor medio puede ser calculado por H/J .

45 En la operación 266, el valor medio H/J de cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático dentro de un intervalo de tiempo, en el que es generada una señal de impulso, es almacenado en la región de almacenamiento K que corresponde al intervalo de tiempo de generación.

En la operación 268, la variable K es incrementada en uno. En la operación 270, se determina si la variable

5 incrementada es mayor o no que el número de veces, K_0 , en que la señal de impulso es generada para cada rotación de un neumático. Cuando se ha determinado que K no es mayor que K_0 , el proceso vuelve a la operación 252 y el tratamiento antes descrito (operación 252 a operación 270) es llevado a cabo. Cuando se ha determinado que K es mayor que K_0 , todos los valores medios H/J de cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático dentro de un intervalo de tiempo, en el que es generada la señal de impulso para cada rotación del neumático, son almacenados en la región de almacenamiento K que corresponde al intervalo de tiempo de generación. Por lo tanto, la rutina es terminada.

10 Como se ha descrito antes, en este ejemplo modificado, la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es detectada en ciertos intervalos de tiempo, y el valor medio de cantidades de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es obtenido dentro de un intervalo de tiempo en el que es generada una señal de impulso desde el codificador giratorio de acuerdo con un ángulo de rotación del neumático.

15 A una velocidad baja y a una velocidad elevada del neumático, en este ejemplo modificado, como se ha mostrado en la fig. 39 (A) y en la fig. 39(B), el intervalo T_L , en que la señal de impulso es generada en el momento de una velocidad baja, es mayor que el intervalo T_H en que la señal de impulso es generada en el momento de una velocidad elevada. En este ejemplo modificado, la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es detectada a ciertos intervalos de tiempo, y por ello, el número de veces en que la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático es detectado a una velocidad elevada es menor que a una velocidad baja.

20 De esta manera, en este ejemplo modificado, solamente el número de veces en que la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático que es detectado independientemente de los cambios de velocidad, y la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático puede ser medida para cada ángulo de rotación fijo del neumático a partir de la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático detectado a ciertos intervalos de tiempo. Por consiguiente, este ejemplo modificado permite que sea medida la cantidad de falta de uniformidad de un tamaño de neumático para cada ángulo de rotación fijo sin variar secuencialmente el ajuste de frecuencia de un filtro pasa bajos para reducir el ruido.

25 En la realización antes descrita, y en los ejemplos primero a noveno, la velocidad objetivo es más elevada que la velocidad baja antes descrita, pero puede ser también inferior o mayor que la velocidad elevada antes descrita.

Además, la velocidad predeterminada antes descrita puede ser igual a o diferente de la velocidad objetivo, pero es mayor que la velocidad baja antes descrita.

Efectos del invento:

30 Como se ha descrito antes, el presente invento tiene un efecto en que la RFV es predicha utilizando valores realmente medidos o valores predichos de la RRO a velocidad elevada, haciendo posible por ello reducir sustancialmente un error de predicción de la RFV a velocidad elevada en un neumático que tiene una gran cantidad de crecimiento de RRO a una velocidad elevada.

35 Además, la fluctuación de aceleración angular apropiada obtenida utilizando valores realmente medidos o valores predichos de AAV es utilizada, y por ello, se puede reducir sustancialmente un error de predicción de TFV a velocidad elevada.

Aún más, la deformación de redondez radial o la fluctuación de aceleración angular del neumático pueden ser predichas utilizando un método simple.

40 Como se ha descrito antes, el presente invento tiene también un efecto porque la variación de fuerza radial o la variación de fuerza tangencial a velocidad elevada es predicha utilizando la deformación de redondez radial a velocidad elevada de un neumático sin la llanta obtenida a partir de la deformación de redondez radial de una parte de círculo concéntrico de una llanta, la variación de la fuerza radial o a la variación de la fuerza tangencial a una velocidad elevada puede ser predicha sin ser afectada por reacción de un soporte del neumático, o la ligera vibración de una superficie de referencia de una llanta.

45 Como se ha descrito antes, en el presente invento, los medios de interrupción para cortar una parte de la luz emitida desde los medios emisores de luz pueden estar dispuestos de forma fija entre los medios emisores de luz y los medios receptores de luz. Por ello, incluso si los medios emisores de luz y los medios receptores de luz oscilan, los medios receptores de luz reciben luz que ha sido interrumpida por los medios de interrupción. Como resultado, la mayor fluctuación de luz recibida puede resultar de la RRO de un neumático, y la deformación de redondez radial puede ser por ello medida exactamente.

50 Además, de acuerdo con el presente invento, es posible estimar la deformación de redondez radial a una velocidad objetivo en que el desequilibrio de masa de un neumático y la variación de rigidez de un neumático son tomadas en consideración.

5 Aún más, en el presente invento, el índice en la expresión antes descrita puede ser identificado de manera que una suma de cuadrados de la diferencia entre la deformación de redondez radial RRO a una velocidad objetivo, que es estimada basándose en una expresión utilizada para obtener la deformación de redondez radial a una velocidad objetivo, y la deformación de redondez radial RRO realmente medida a la velocidad objetivo resulta un mínimo, y la deformación de redondez radial a una velocidad objetivo es estimada a partir de la deformación de redondez radial medida a una velocidad baja y una expresión en la que es especificado un índice. Como resultado, la exactitud de la estimación puede ser mejorada además con un caso en que el índice es fijado.

10 Además, de acuerdo con el presente invento, la información necesaria puede ser adquirida cuando un neumático está girando debido a la inercia. Por ello, incluso cuando la fuerza de rotación utilizada para hacer girar un neumático resulta irregular, puede impedirse que la información adquirida sea influenciada por la irregularidad rotacional.

Además, de acuerdo con el presente invento, RFV y TFV pueden ser predichas a partir de un valor ponderado de RRO en varias posiciones de medición en una dirección transversal de un neumático, permitiendo por ello una mejora en la exactitud de precisión.

15 Adicionalmente, en el presente invento, puede ser calculada la media de un estado de una superficie periférica exterior de un neumático detectado a ciertos intervalos de tiempo dentro de un intervalo en que es generada una señal de acuerdo con el ángulo de rotación del neumático, mientras gira el neumático, a través de una rotación del neumático. Por ello, es posible obtener el estado de la superficie periférica exterior del neumático cada vez que el neumático gira por un ángulo de rotación fijo sin cambiar de forma secuencial el ajuste de frecuencia de un filtro pasa bajos para reducir el ruido.

20

REIVINDICACIONES

1.- Un método de predicción de variación de fuerza radial para ensayos de uniformidad de un neumático que comprende las operaciones de:

medir, en cada tipo de neumático provisto de llanta, los siguientes coeficientes:

5 una constante elástica en una dirección vertical de un neumático (Kst), una frecuencia natural en una dirección vertical de un neumático (ω_{nz}), y una relación de amortiguación (ξx); en que la dirección vertical es una dirección de desplazamiento del eje del neumático, del neumático provisto de llanta con respecto a una superficie (10) en contacto con la banda de rodadura del neumático (48) provisto de llanta;

10 medir la variación de fuerza radial (RFV) a una velocidad baja de un neumático (48) provisto de llanta y la deformación de redondez radial (RimRRO_L) de una parte de círculo concéntrico de un llanta al mismo tiempo, y también medir cada deformación de redondez radial (TreRRO_L, TreRRO_H, RimRRO_L, RimRRO_H) de una banda de rodadura de neumático y de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja y a una velocidad elevada, caracterizado porque incluye las operaciones de:

15 predecir la variación de fuerza radial (RFV_O) de un neumático sin la llanta a una velocidad objetivo basándose en la variación de fuerza radial (RFV) medida a una velocidad baja, la deformación de redondez radial (RRO_O) del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo, la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el momento de medir la variación de fuerza radial, y correspondiendo dichos coeficientes al tipo de neumático provisto de llanta, en el que

20 la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo es calculada a partir de las desviaciones radiales respectivas de la banda de rodadura del neumático y de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja y a una velocidad elevada, y

25 la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta en el momento de medir la variación de fuerza radial es calculada a partir de la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a una velocidad baja y la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta en el momento de medir la variación de la fuerza radial.

30 2.- Un método de predicción de variación de fuerza radial según la reivindicación 1, en el que la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el momento de medir la variación de fuerza radial es un valor dado añadiendo la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta medida en el momento de medir la variación de fuerza radial a la deformación de redondez radial del neumático sin la llanta a una velocidad baja, que es calculada sustrayendo la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta a una velocidad baja de la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático a una velocidad baja.

35 3.- Un método de predicción de variación de fuerza radial según la reivindicación 2, en el que la deformación de redondez radial de un tambor (54, 10) que es hecho contactar con el neumático en el momento de medir la variación de fuerza radial es además medida y añadida a la deformación de redondez radial de la banda de rodadura del neumático en el momento de medir la variación de fuerza radial.

40 4.- Un método de predicción de variación de fuerza radial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las velocidades angulares del neumático ω_H , ω_L , a una velocidad elevada y a una velocidad baja, en el momento de giro en vacío o de giro a una carga predeterminada o menor, la deformación de redondez radial TreRRO_H, TreRRO_L de la banda de rodadura, cada una a velocidades angulares, y la deformación de redondez radial RimRRO_H, RimRRO_L de la parte de círculo concéntrico de la llanta a las velocidades angulares son medidas, y basándose en la siguiente expresión, la deformación de redondez radial RRO_O del neumático sin la llanta a la velocidad objetivo ω es predicha.

$$RRO_O = RRO_L + (RRO_H - RRO_L) x \left(\frac{\omega_0^2 - \omega_L^2}{\omega_H^2 - \omega_L^2} \right)$$

45 en la que: $RRO_L = TreRRO_L - RimRRO_L$;

$RRO_H = TreRRO_H - RimRRO_H$; y

$$\omega = V/Re,$$

en la que V es una velocidad y Re es un radio de rodadura del neumático.

5.- Un método de predicción de variación de fuerza radial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la deformación de redondez radial de una parte de desplazamiento cero de la llanta, o la deformación de redondez radial de regiones de la llanta, cuyas regiones están situadas simétricas una con otra con la parte de desplazamiento cero interpuesta entre ellas es medida como la deformación de redondez radial de la parte de círculo concéntrico de la llanta.

5

FIG. 1

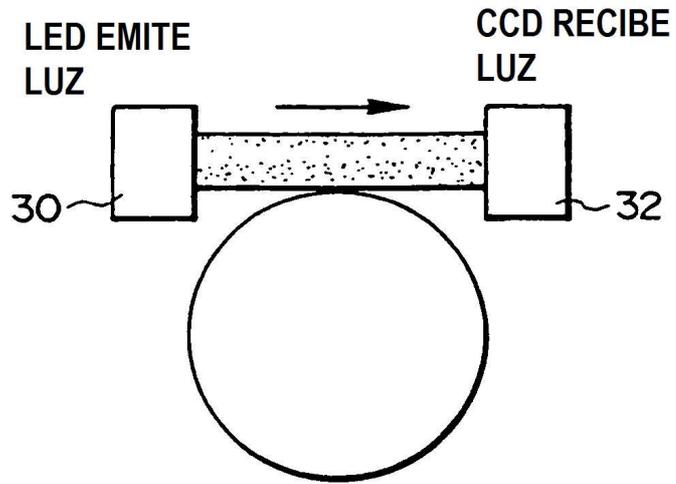


FIG. 2

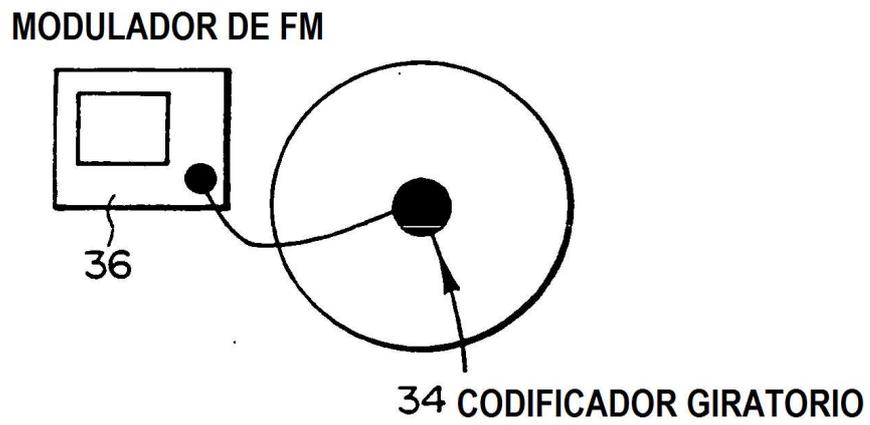


FIG. 3

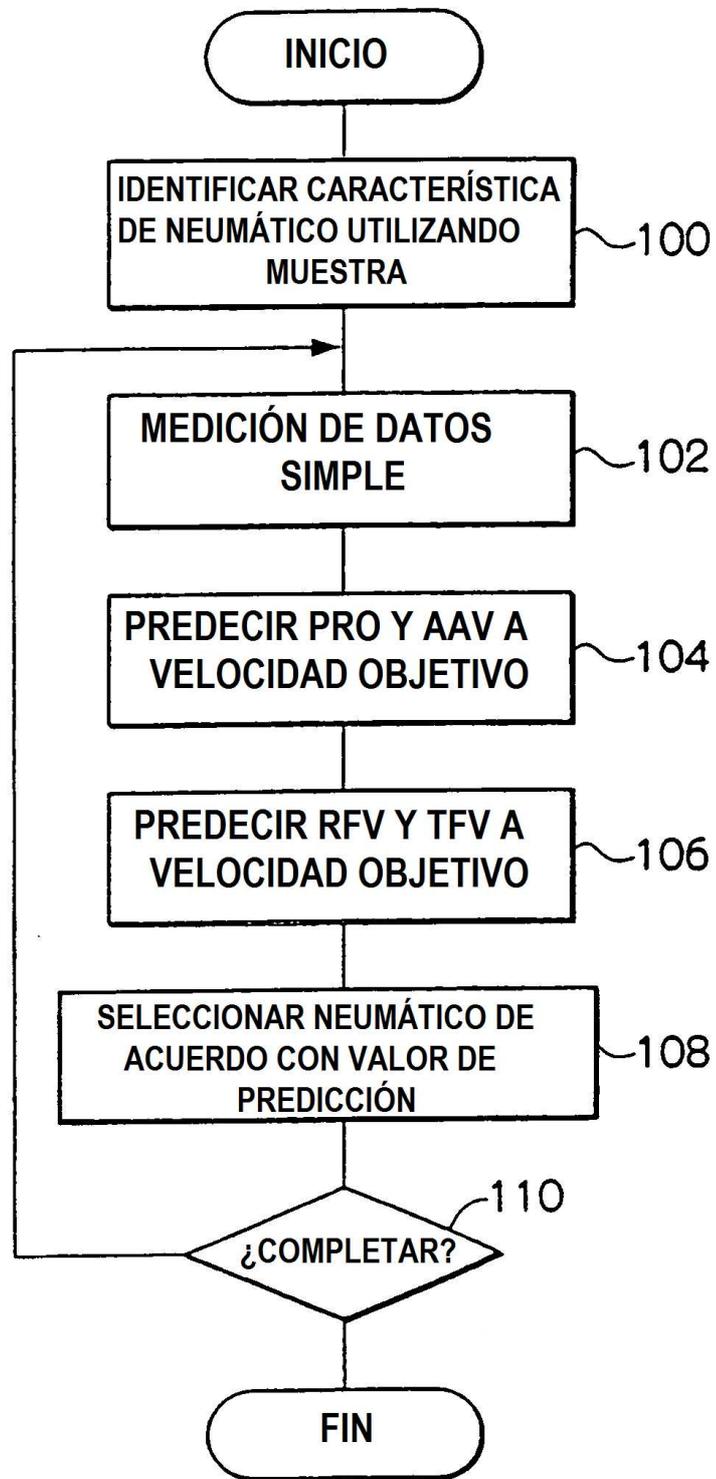


FIG. 4

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.20)

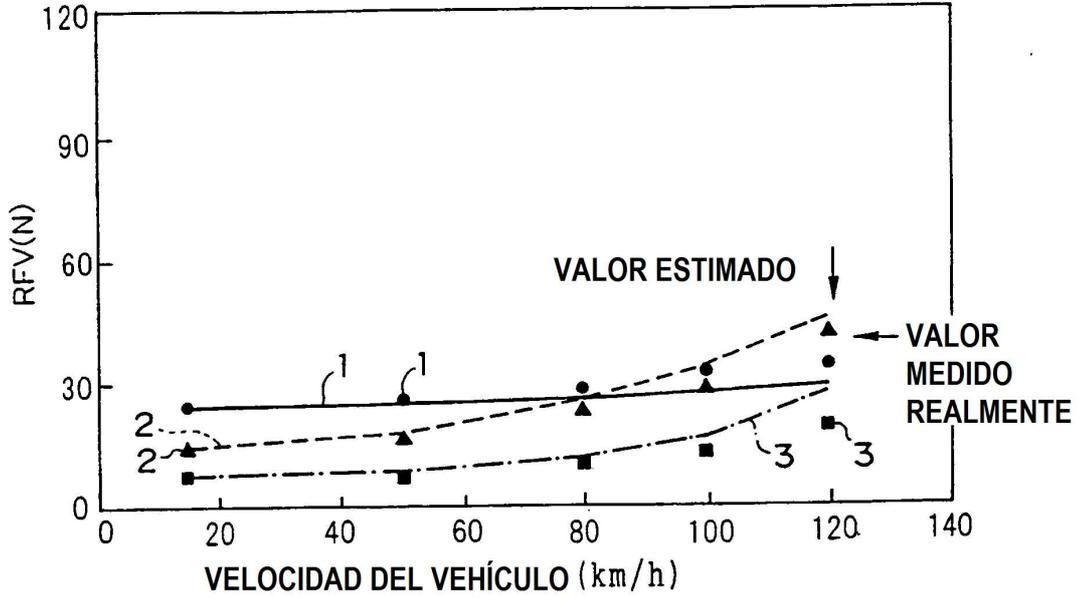


FIG. 5

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.20)

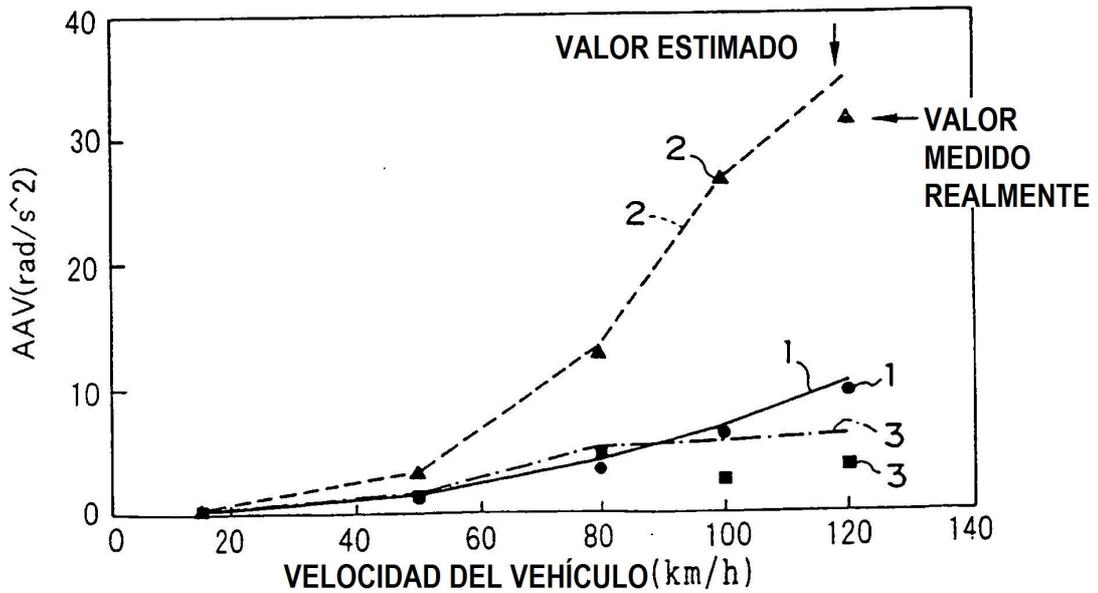


FIG. 6

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.20)

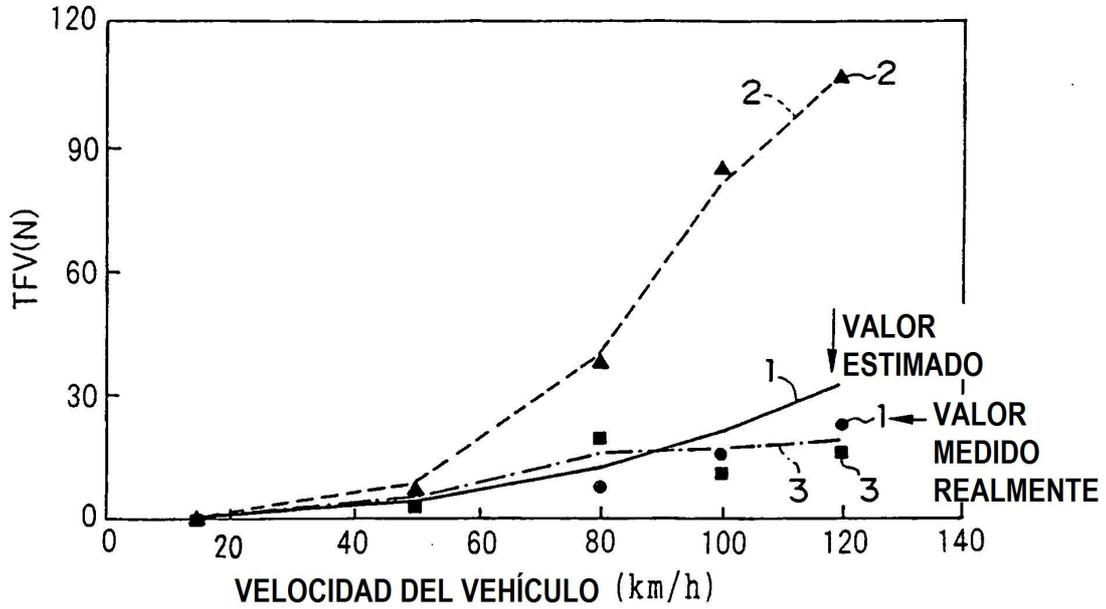


FIG. 7

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.11)

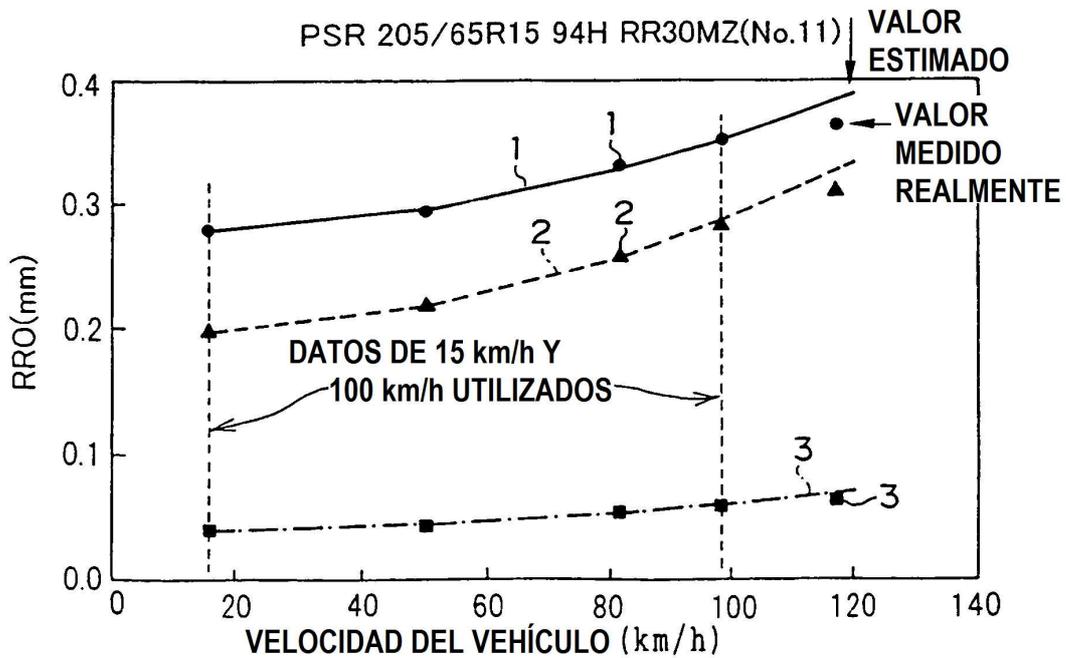


FIG. 8

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.11)

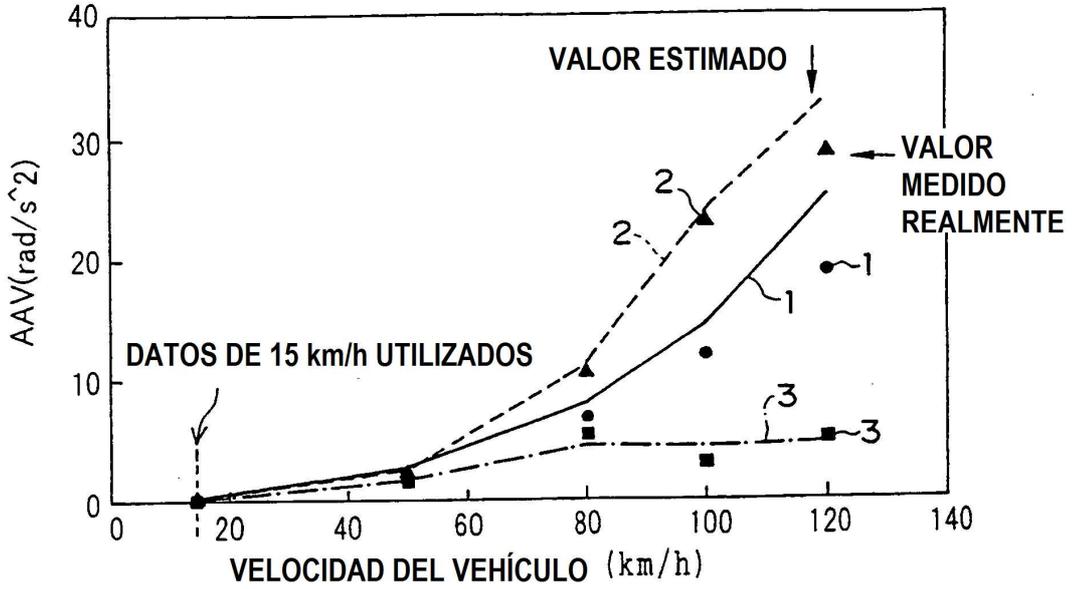


FIG. 9

PSR 205/65R15 94H RR30MZ(No.11)

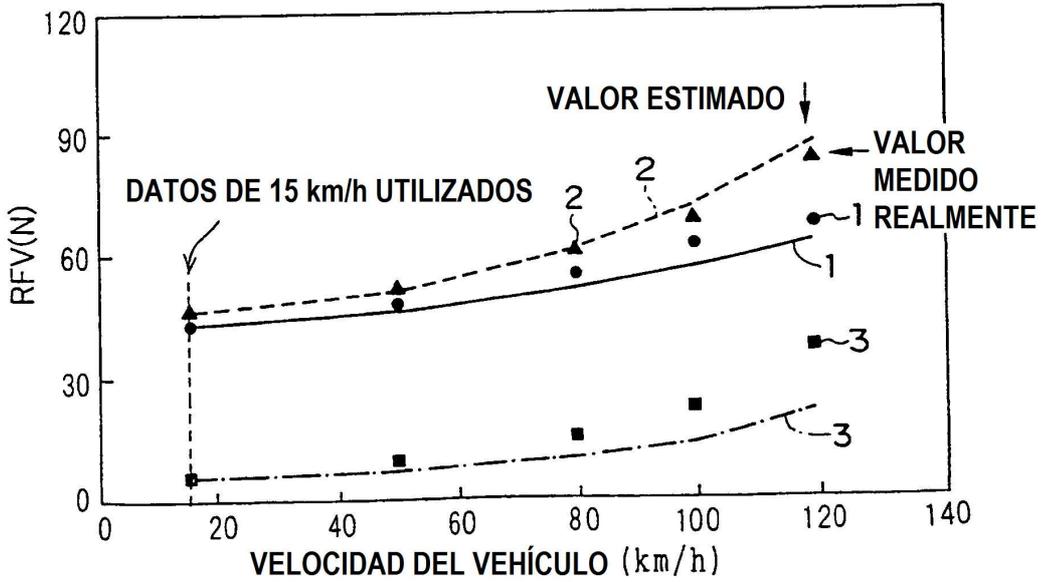


FIG. 10

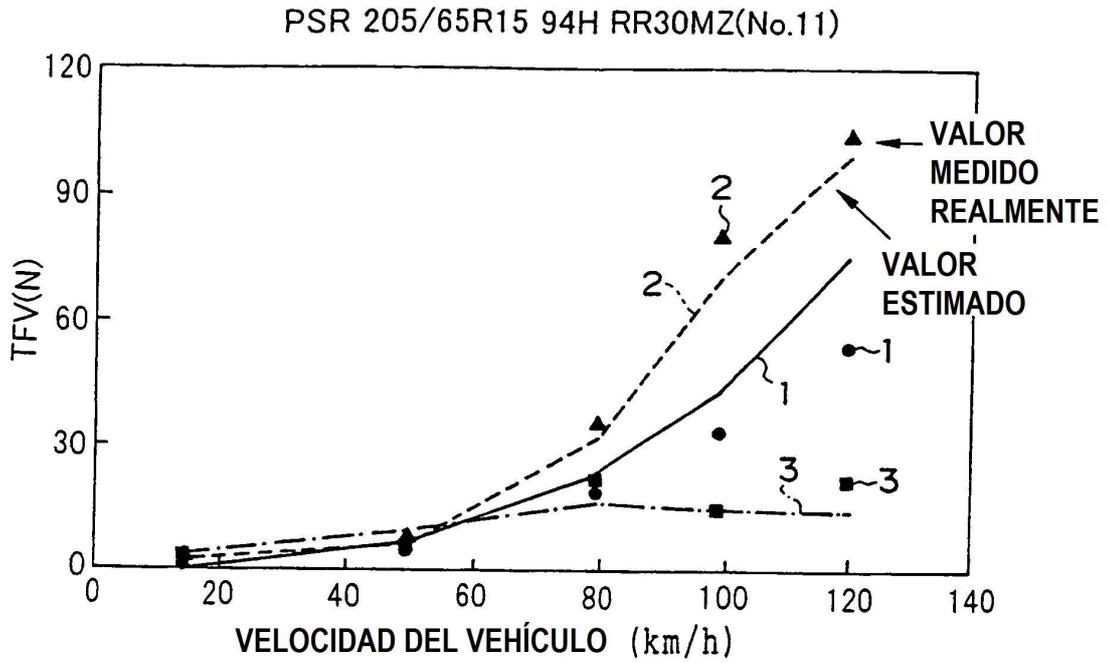


FIG. 11

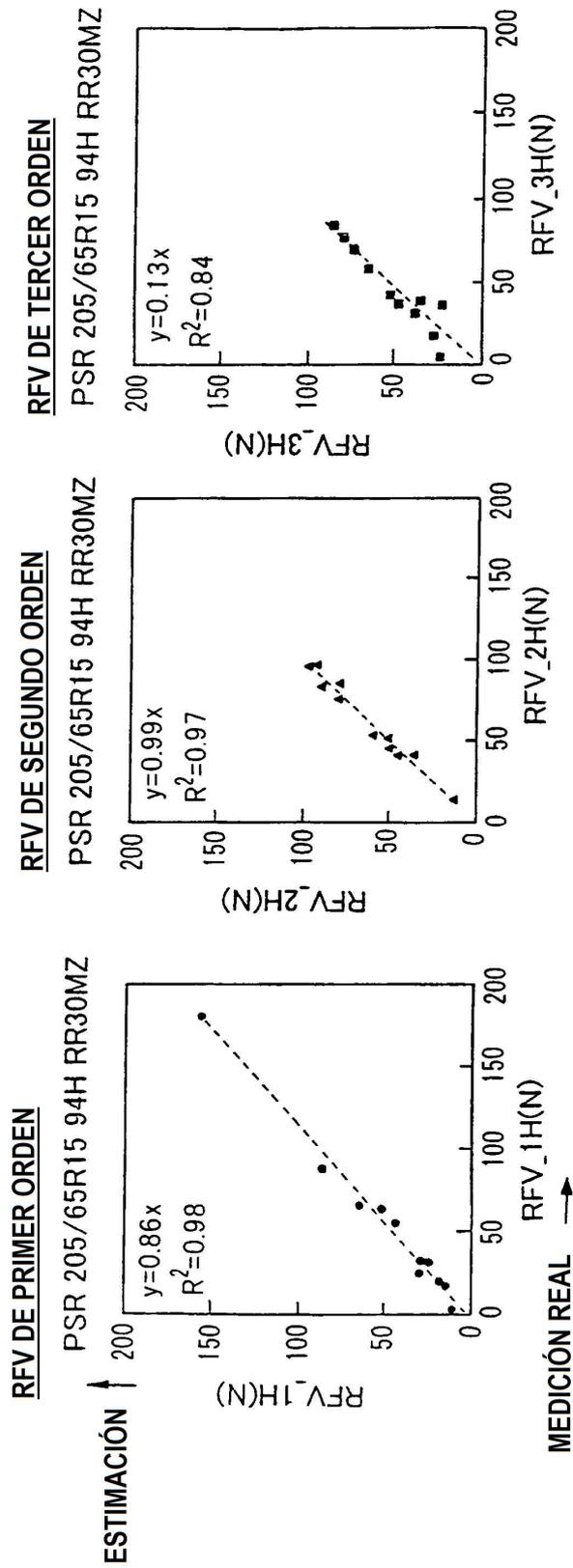


FIG. 12

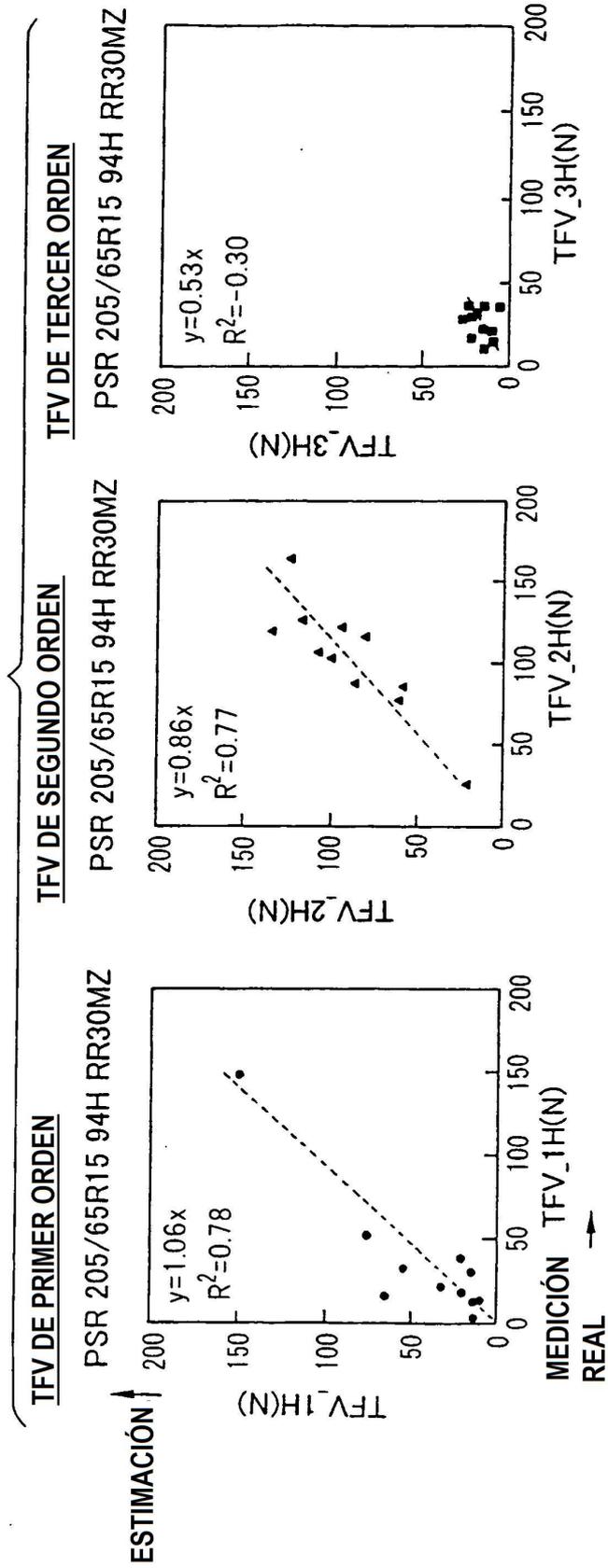


FIG. 13

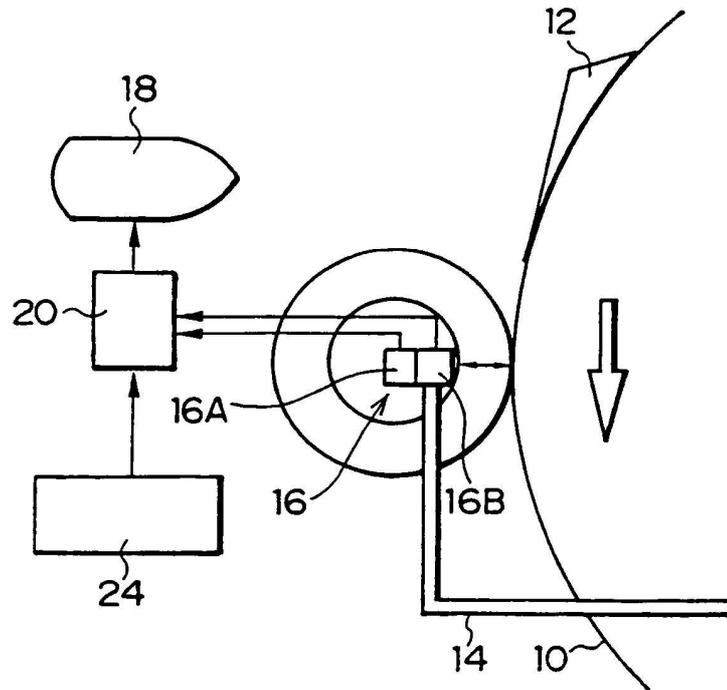


FIG. 14
CONSTANTE ELÁSTICA VERTICAL DINÁMICA

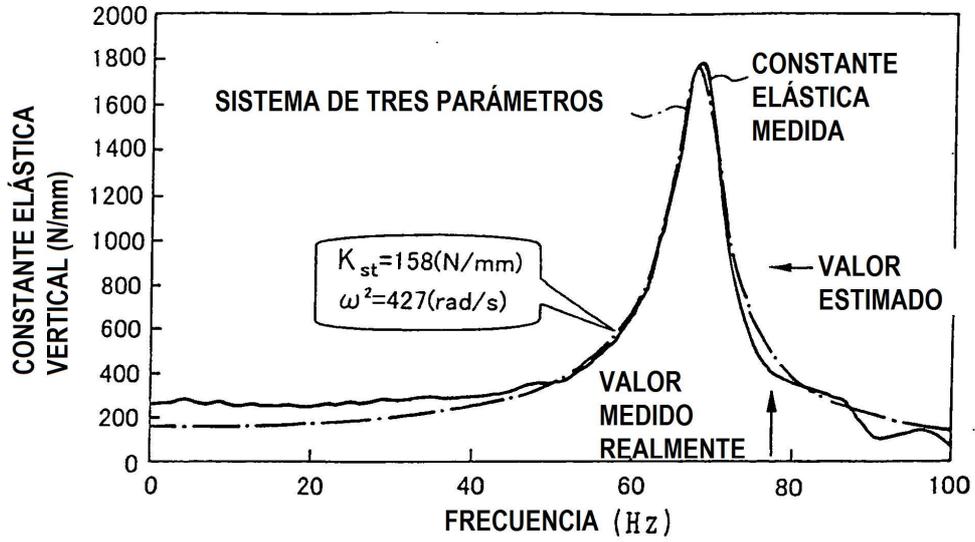


FIG. 15
CONSTANTE ELÁSTICA DINÁMICA HACIA DELANTE Y HACIA ATRÁS

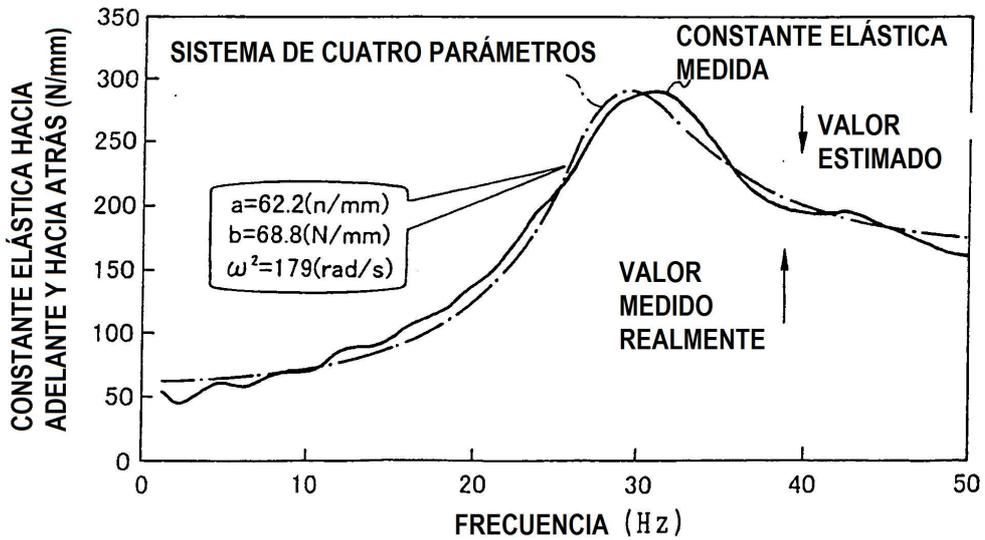


FIG. 16

DEFORMACIÓN DE REDONDEZ RADIAL , PSR 205/85R 15 94H RR30MZ(No.17)

RESULTADO ESTIMADO DE RRO

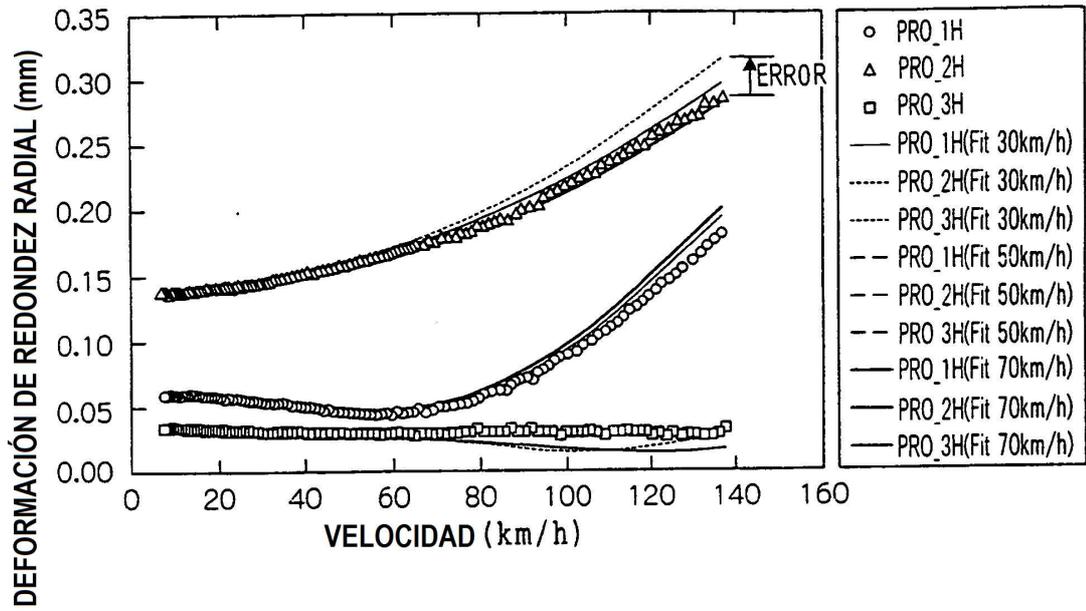


FIG. 17

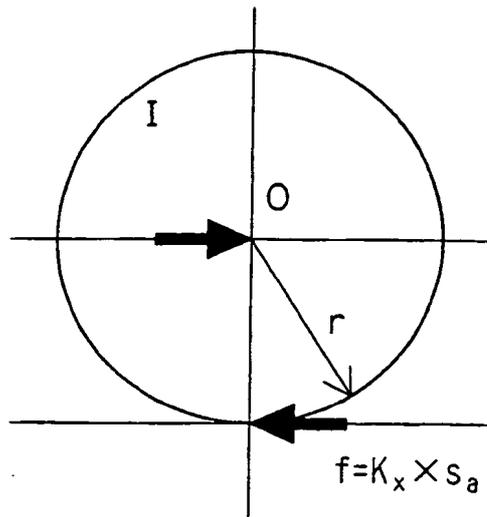


FIG. 18

DESPLAZAMIENTO
CERO

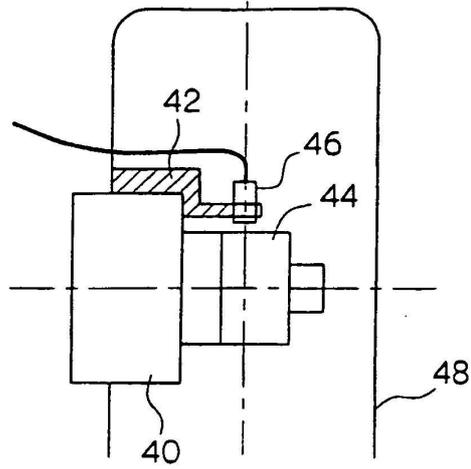
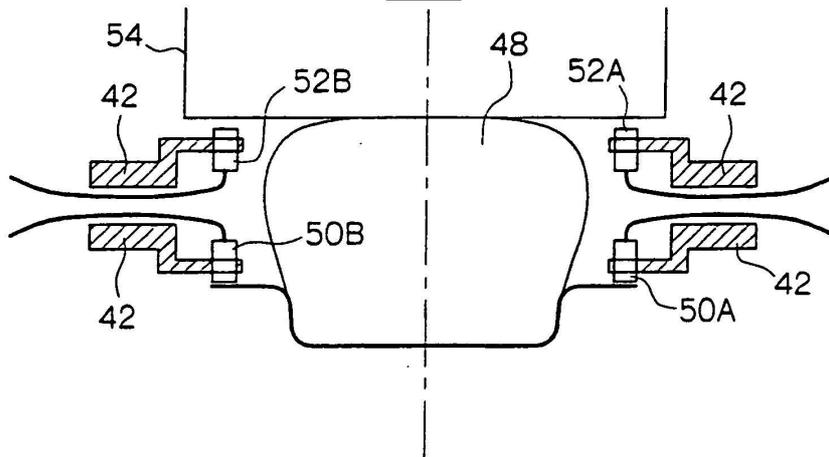
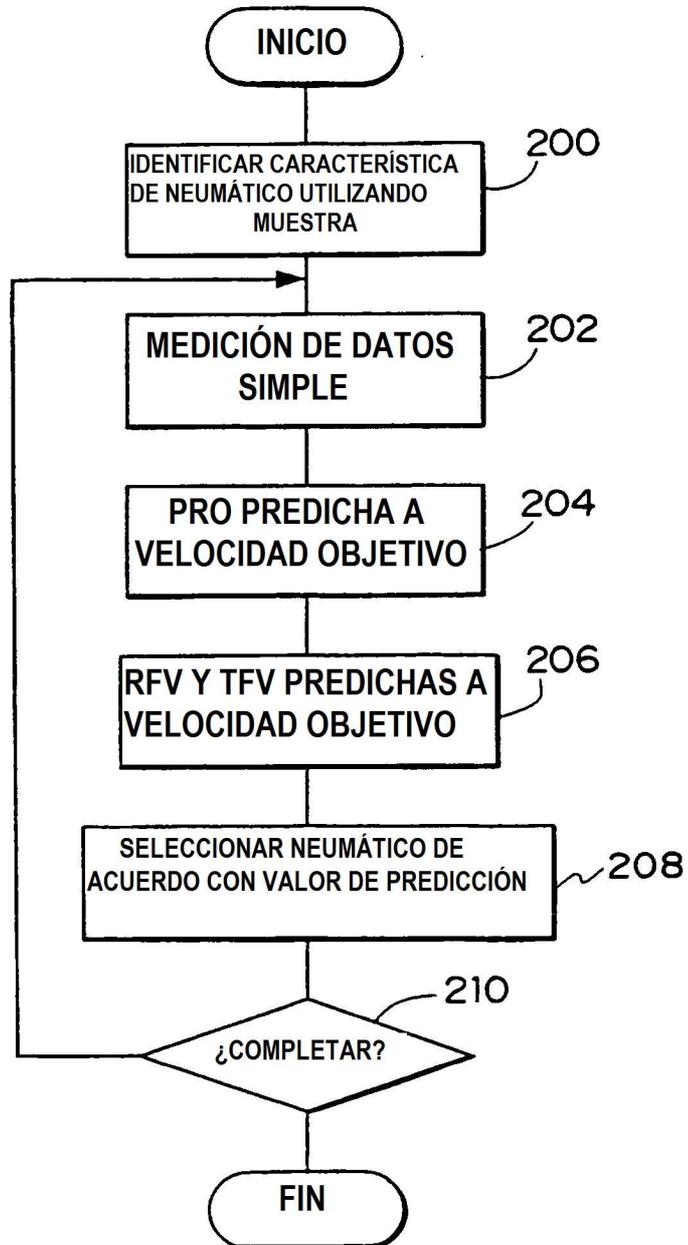


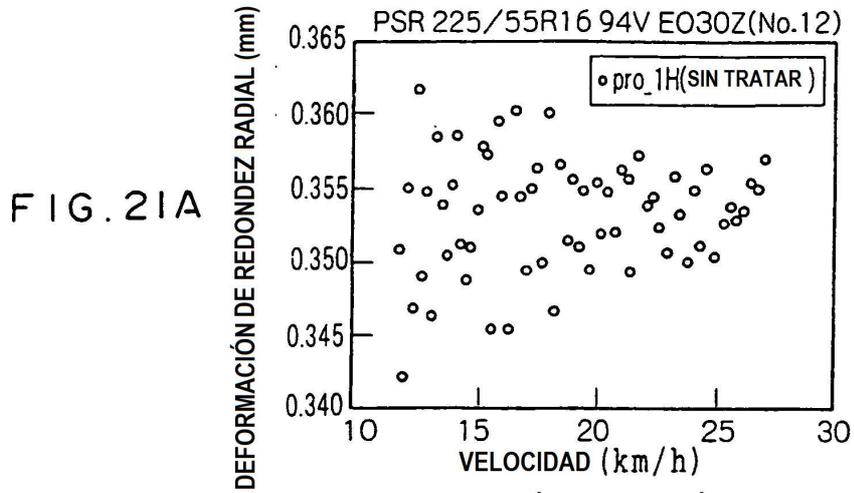
FIG. 19

DESPLAZAMIENTO
CERO

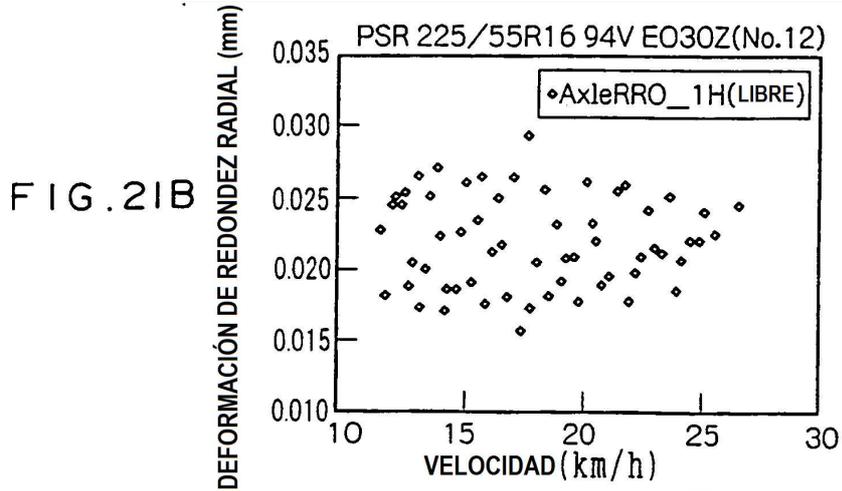




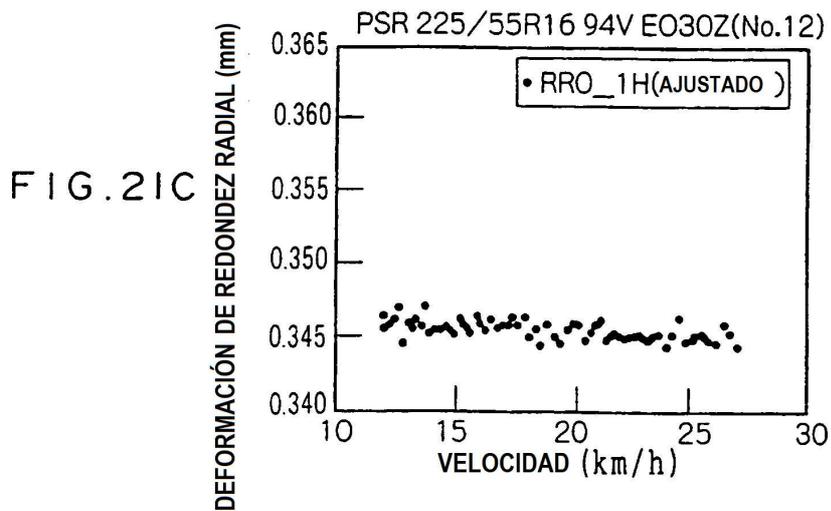
RRO PRIMARIA DE PARTE DE BANDA DE RODADURA

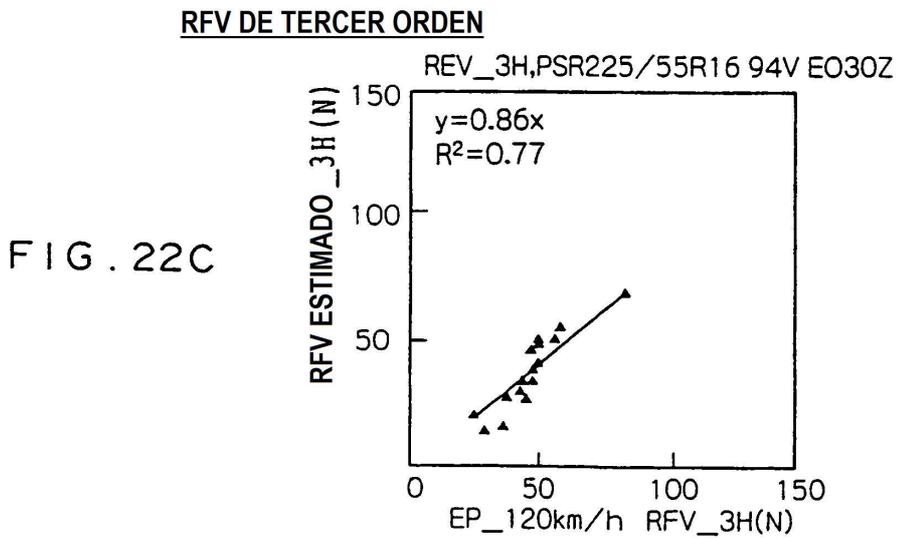
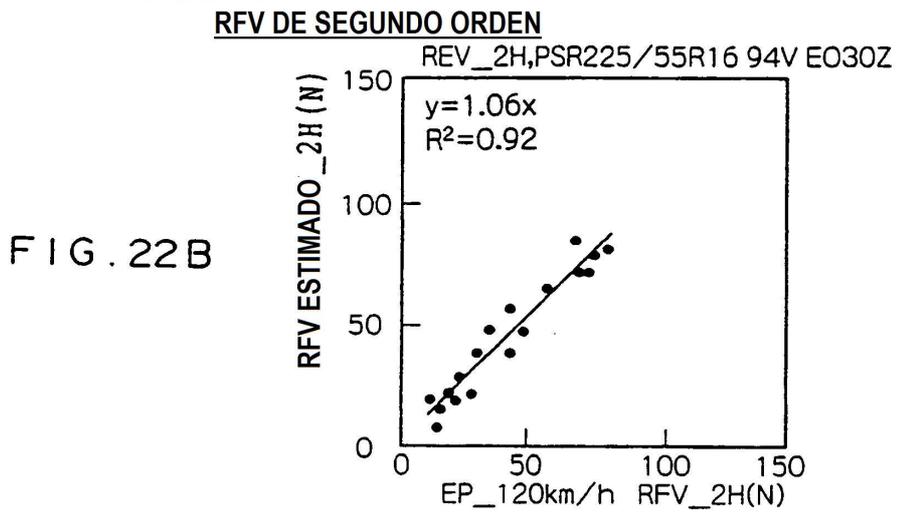
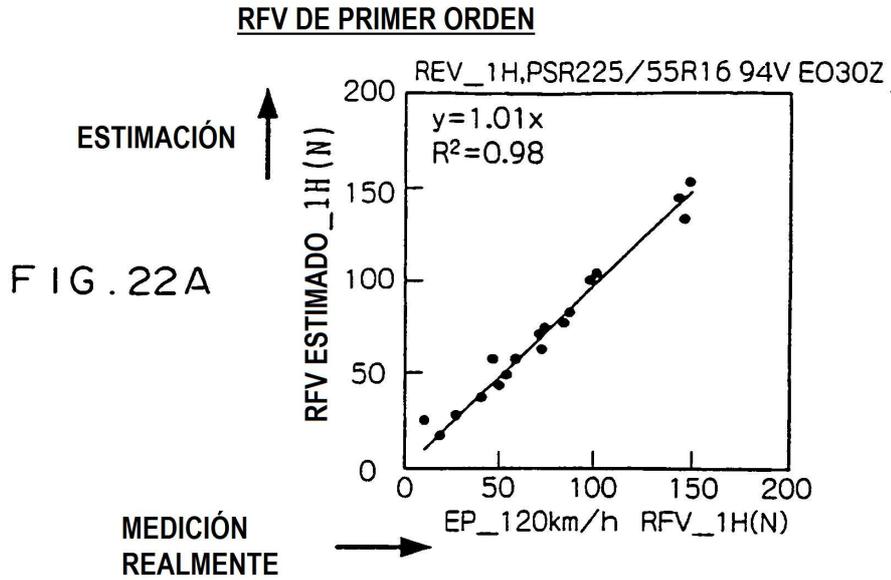


RRO PRIMARIA DE PARTE DE CÍRCULO CONCÉNTRICO DE LLANTA



RRO PRIMARIA DE UNA SOLA UNIDAD DE NEUMÁTICO





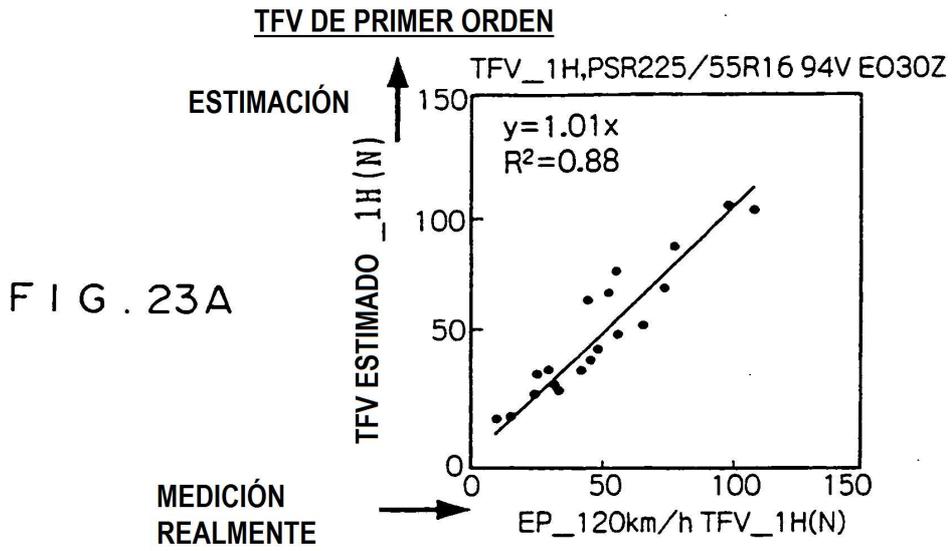


FIG. 23A

TFV DE SEGUNDO ORDEN

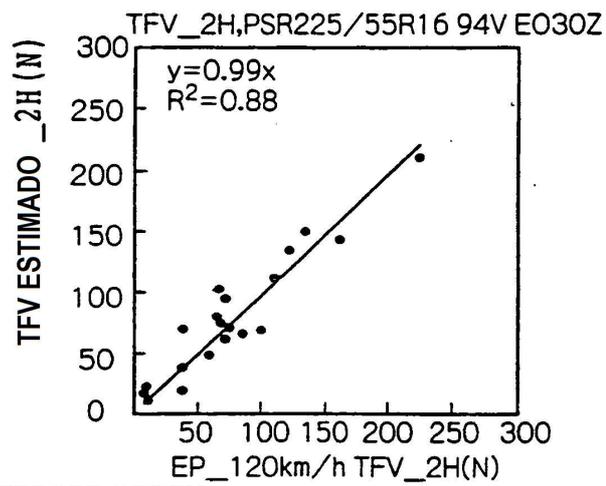


FIG. 23B

TFV DE TERCER ORDEN

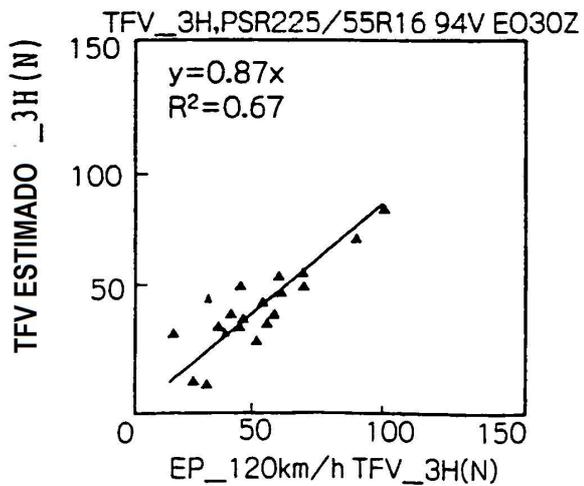


FIG. 23C

FIG. 24

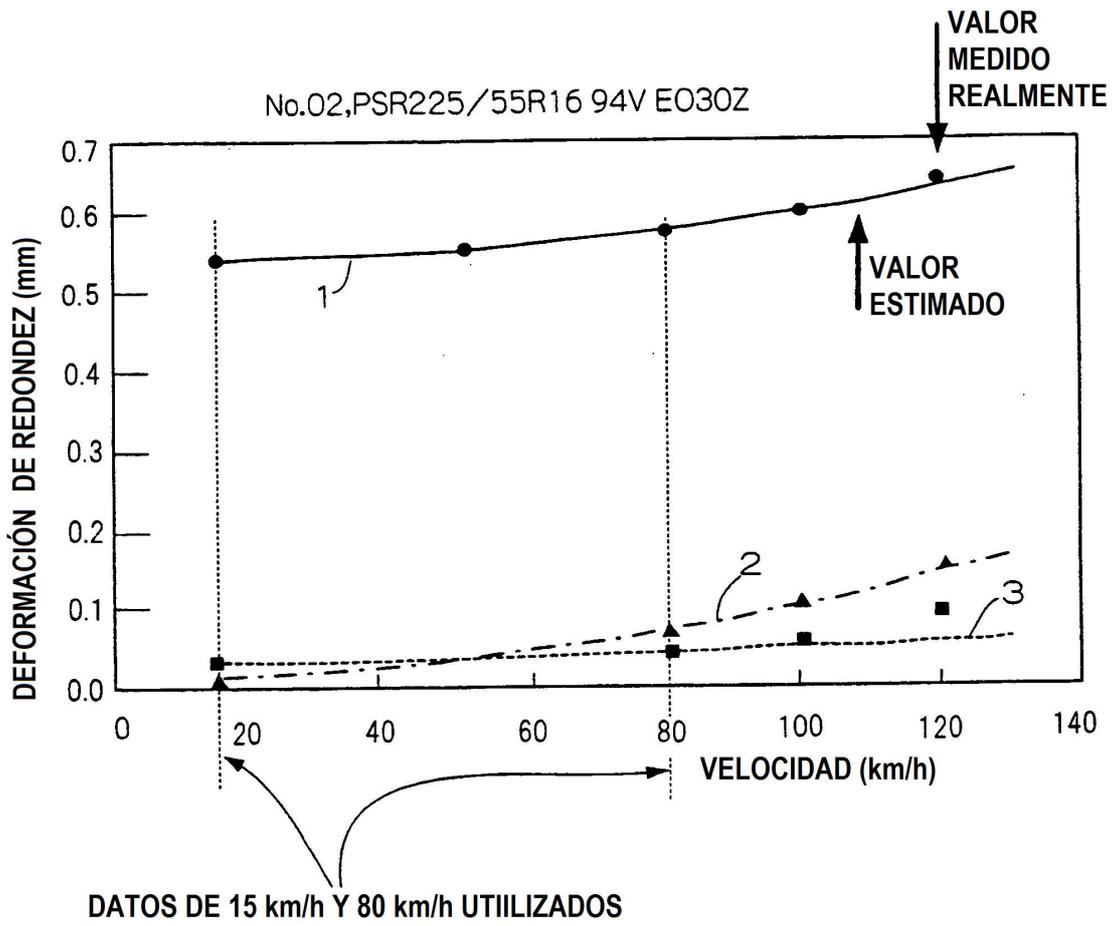


FIG. 25

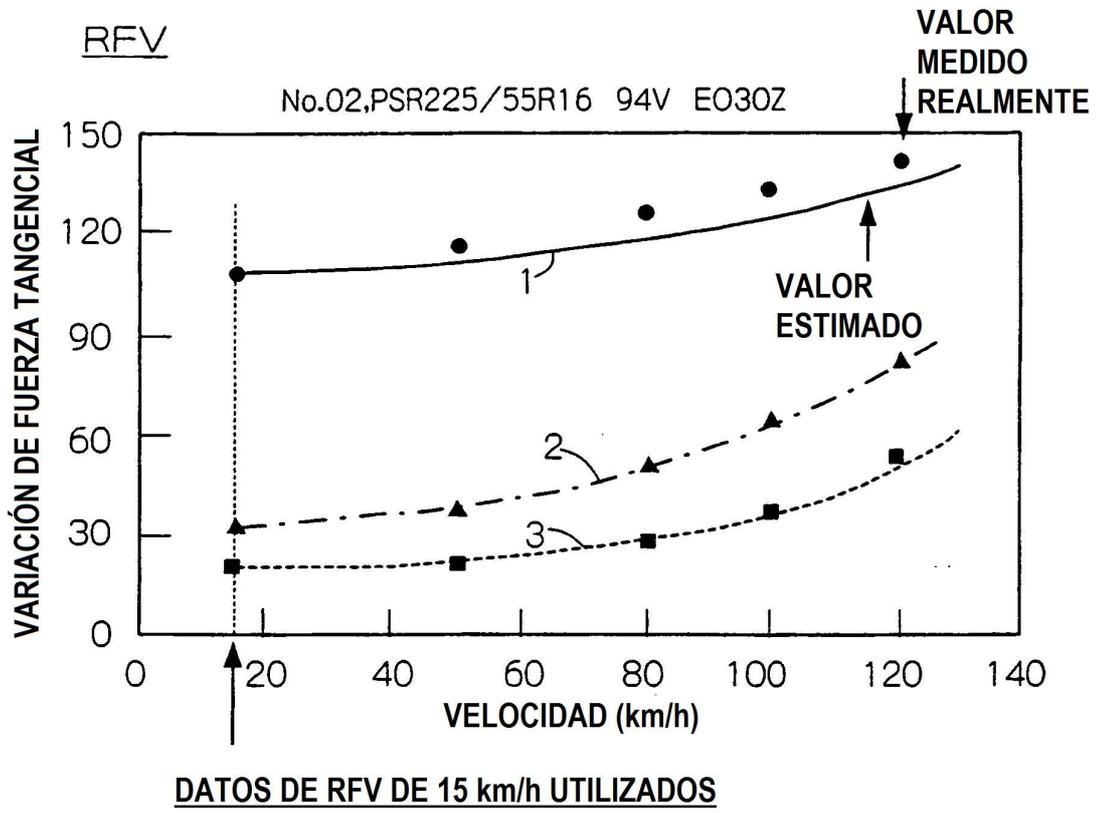


FIG. 26

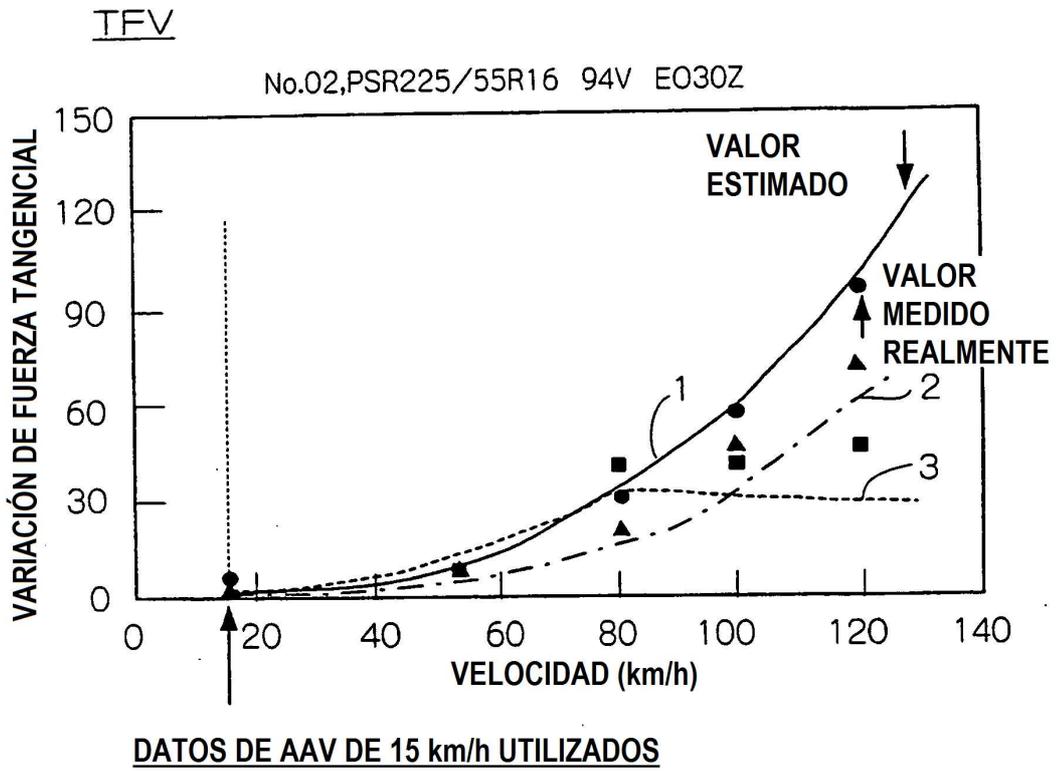


FIG. 27

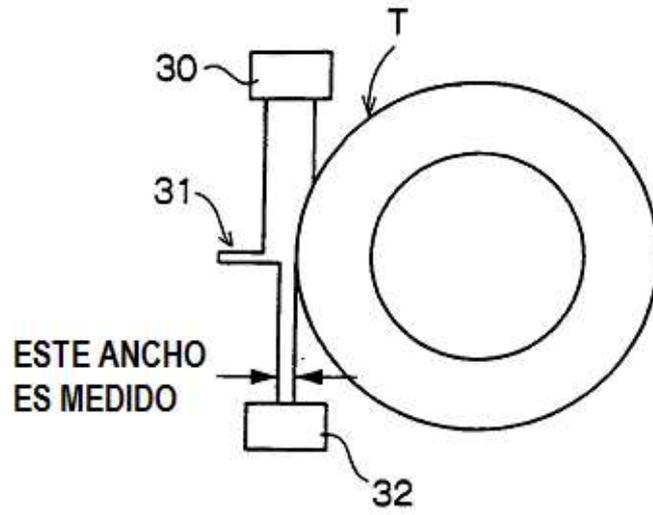


FIG. 28

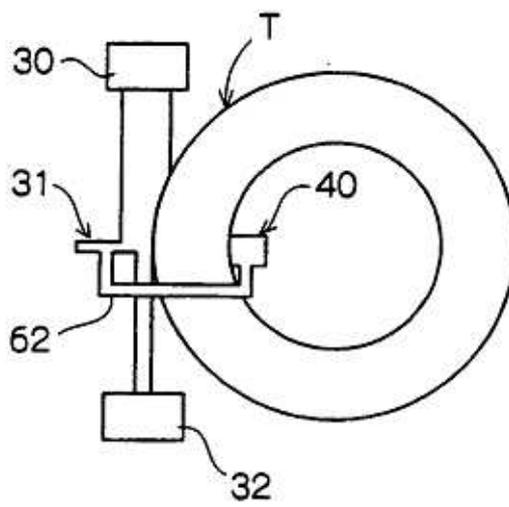


FIG. 29

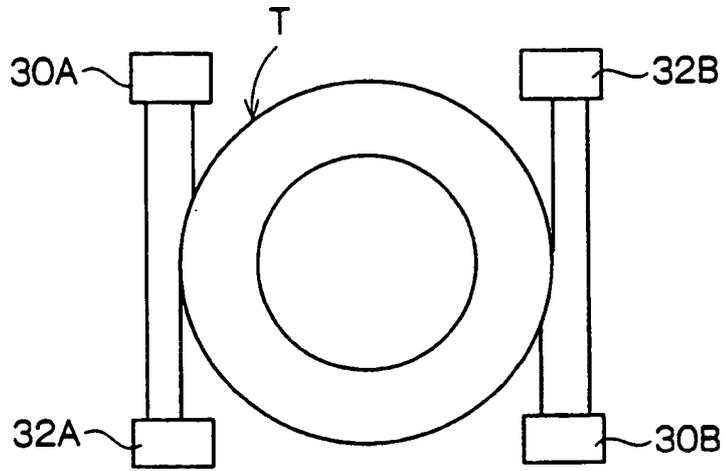


FIG. 30

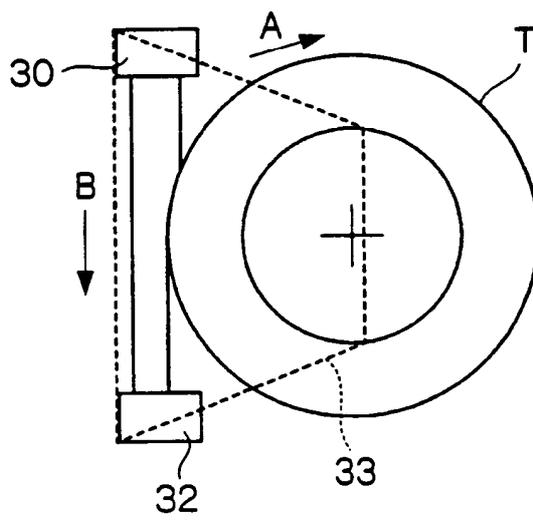


FIG. 31

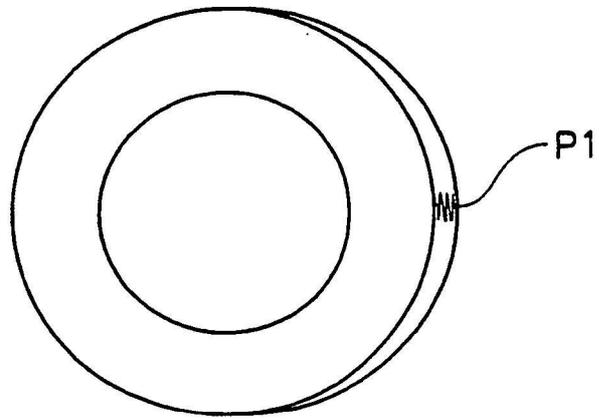


FIG. 32

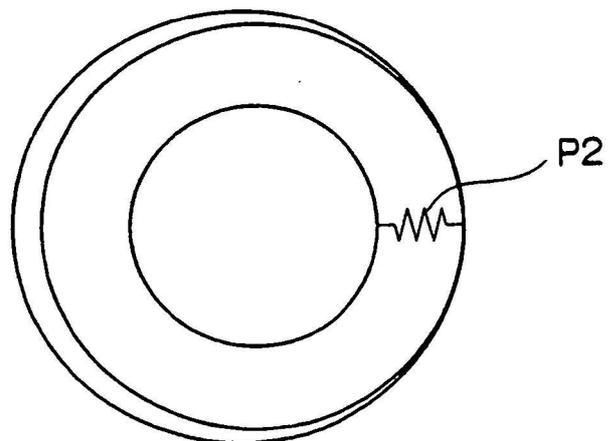


FIG. 33A

EXTRAPOLACIÓN A PARTIR DE DATOS DE 15 Y 50 km/h
POR LA SEGUNDA POTENCIA DE VELOCIDAD (EJEMPLO)

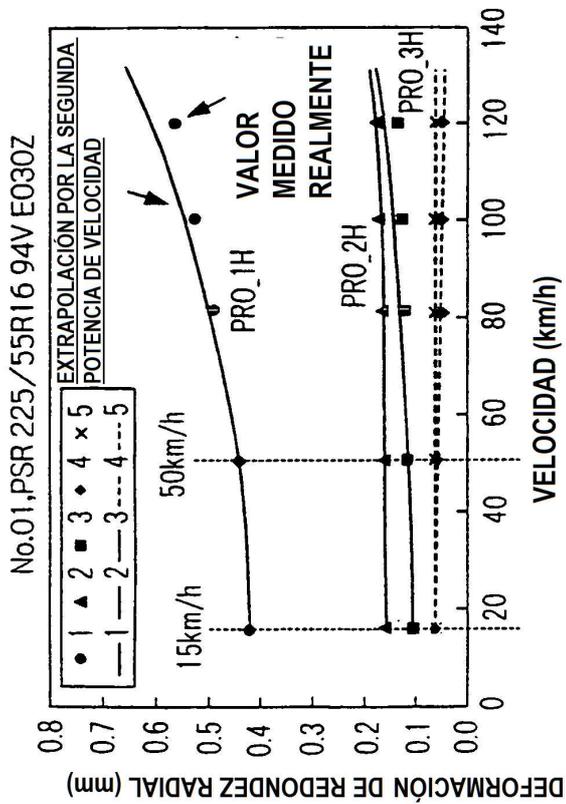
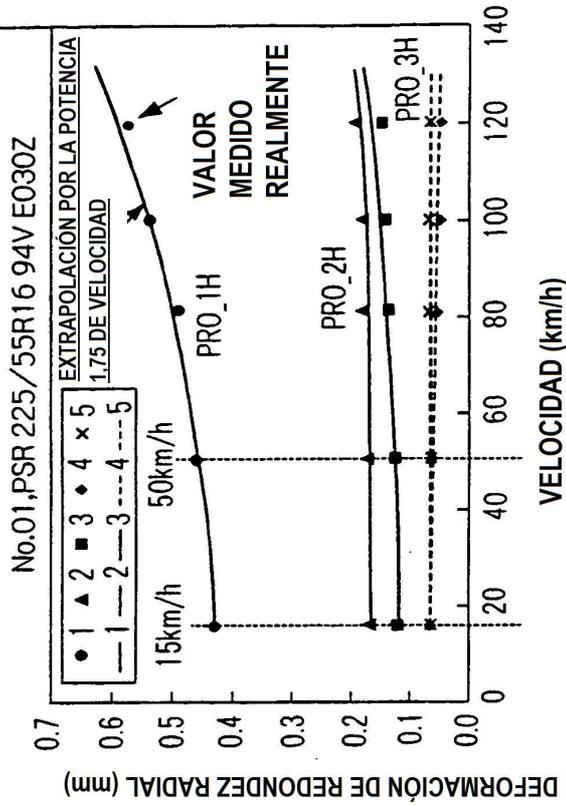
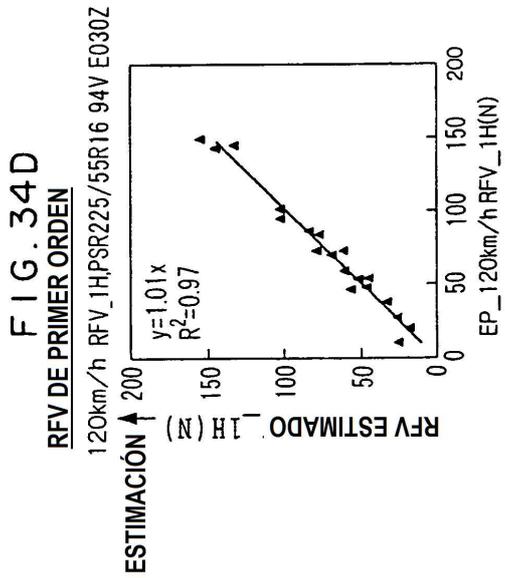
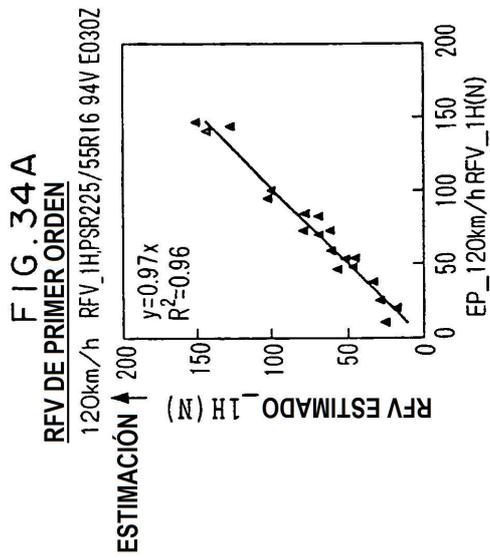
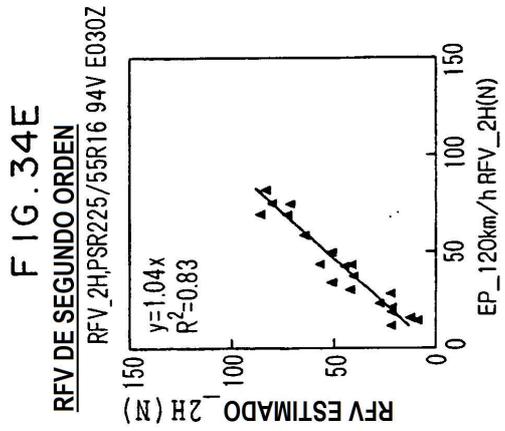
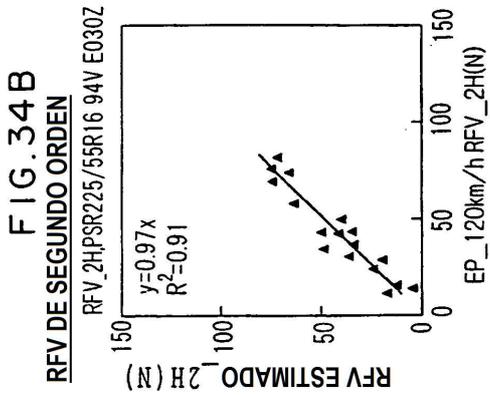
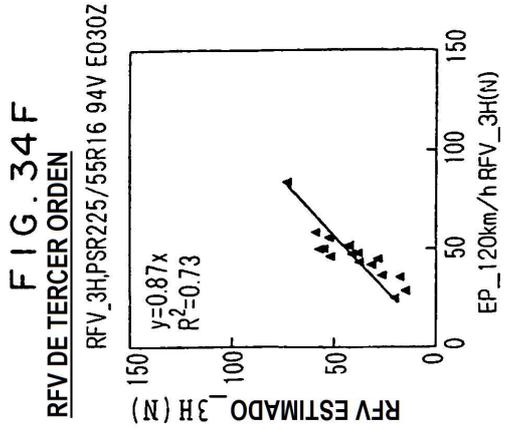
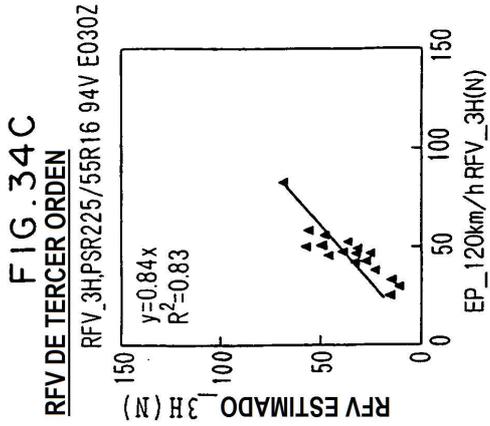
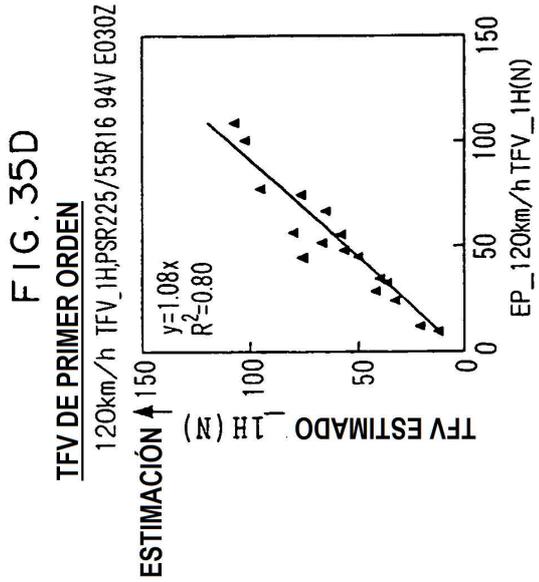
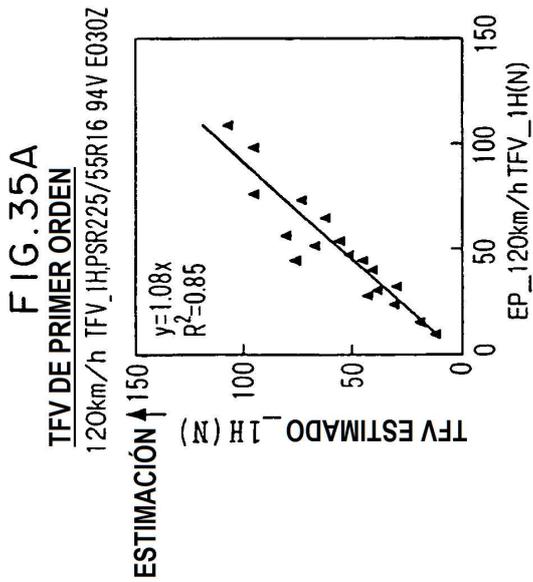
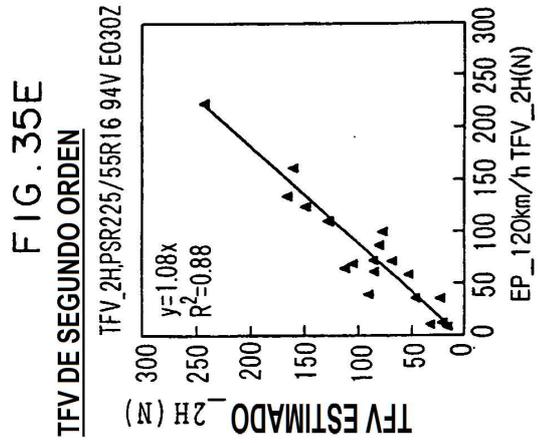
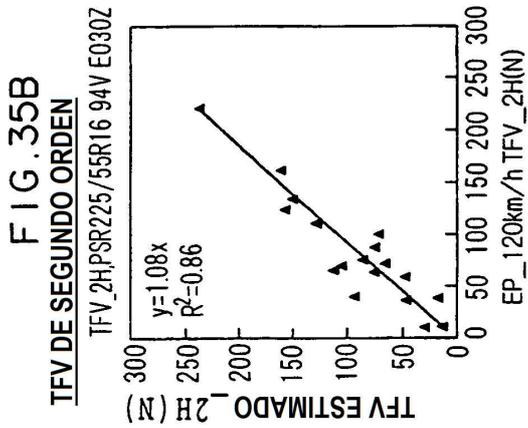
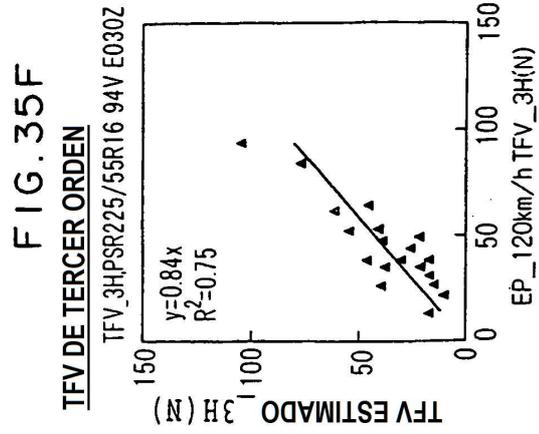
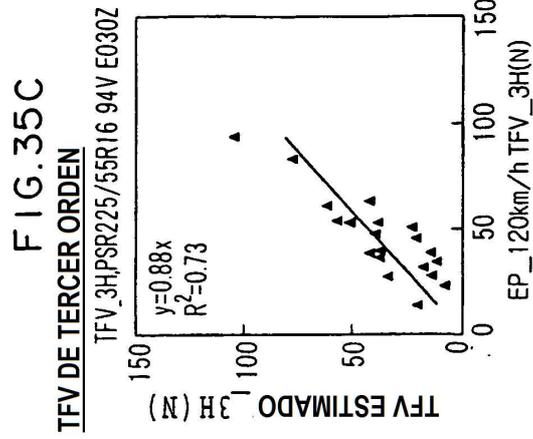


FIG. 33B

EXTRAPOLACIÓN A PARTIR DE DATOS DE 15 Y 50 km/h
POR LA POTENCIA 1.75 DE VELOCIDAD (EJEMPLO)







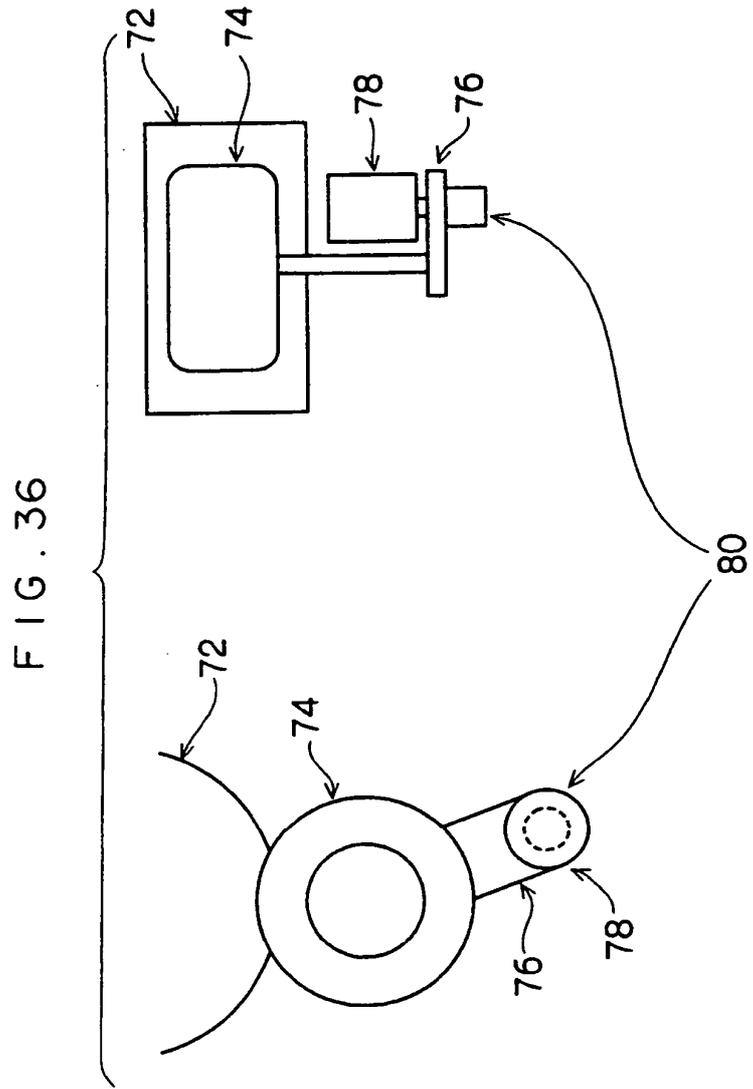


FIG. 37

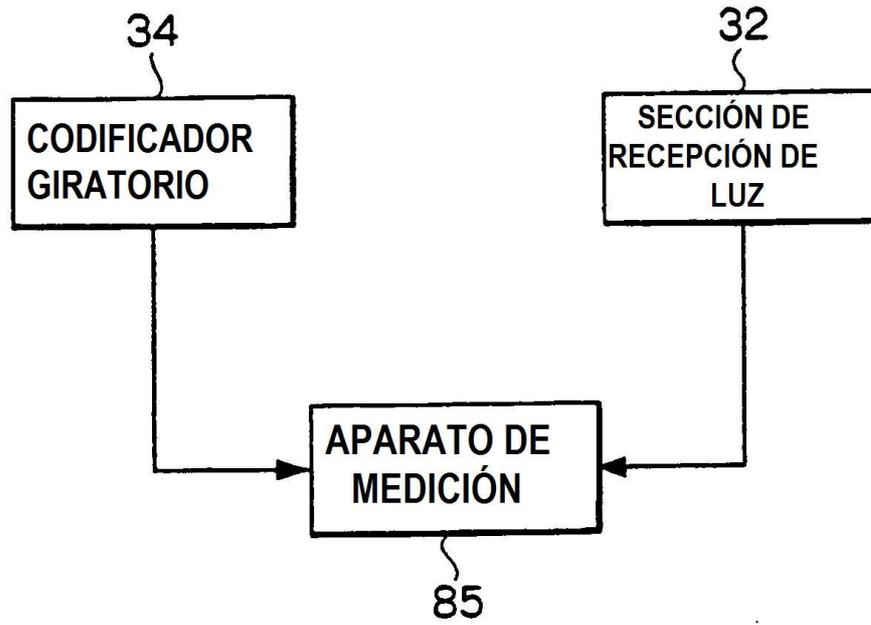


FIG. 38

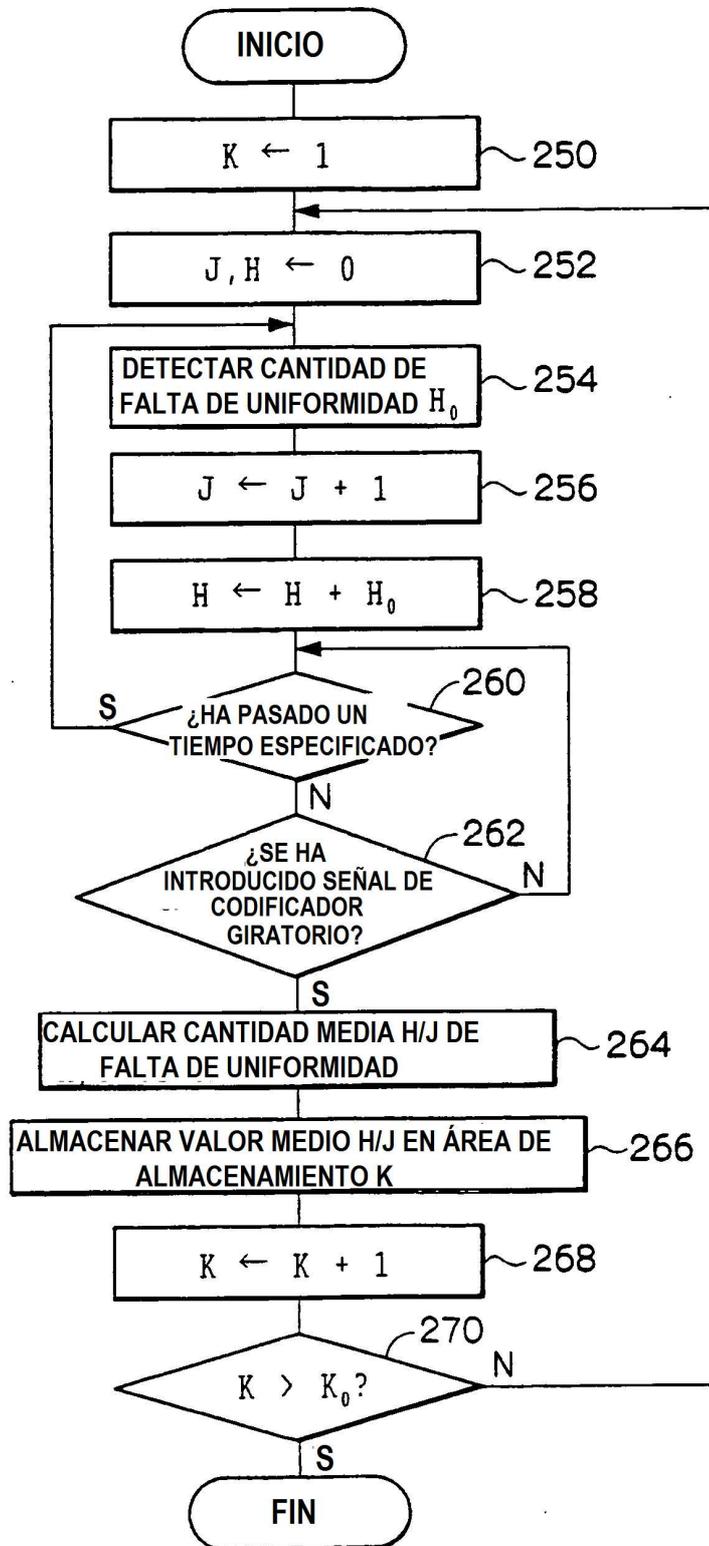


FIG. 39A

FIG. 39B

EN EL MOMENTO DE VELOCIDAD BAJA

EN EL MOMENTO DE VELOCIDAD ELEVADA

