



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 343 667**

(21) Número de solicitud: 200900049

(51) Int. Cl.:

B60T 8/176 (2006.01)

B60T 8/174 (2006.01)

B60T 8/1763 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN PREVIO

B2

(22) Fecha de presentación: **31.12.2008**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **05.08.2010**

Fecha de la concesión: **04.08.2011**

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **17.08.2011**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente:
17.08.2011

(73) Titular/es: **Universidad de Málaga**
c/ Severo Ochoa, 4 (PTA)
29590 Campanillas, Málaga, ES

(72) Inventor/es: **Cabrera Carrillo, Juan Antonio;**
Simón Mata, Antonio;
Castillo Aguilar, Juan Jesús;
Ortiz Fernández, Antonio;
García Vacas, Francisco y
Guerra Fernández, Antonio

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada.**

(57) Resumen:

Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada, que comprende un circuito hidráulico donde es regulada la presión de frenado mediante el control de una válvula proporcional de presión, la cual mantiene la presión necesaria en el pistón de freno para realizar la frenada adecuada. El control de la frenada es realizado en todo momento por un sistema de control capaz de conocer la adherencia existente en cada instante y establecer las condiciones idóneas de presión en el pistón de frenada, produciéndose en todo instante un control óptimo de dicha presión y consiguiendo que en el vehículo no se produzcan deslizamientos excesivos en ninguna de sus ruedas. La frenada del automóvil se puede realizar también de forma manual, cuando la válvula 5/2 está en posición de reposo, o en caso de mal funcionamiento del control automático de la frenada.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada.

5 Sector de la técnica

La presente invención se engloba dentro del sector de la automoción, y en particular en el área tecnológica de los sistemas de control de frenada de vehículos.

10 Estado de la técnica

El sistema de frenos es uno de los elementos de seguridad activa más importantes en los vehículos automóviles, es el encargado de reducir la velocidad hasta su parada si es necesario. El desarrollo de sistemas de frenado que mantengan la estabilidad y el control del vehículo, consiguiendo además una distancia de frenado lo más corta posible, 15 ha sido un reto desde que los vehículos de tracción comenzaron a aumentar la velocidad y la potencia de sus motores. En la actualidad la mayoría de los fabricantes ofrecen entre las opciones de equipamiento de sus vehículos numerosos dispositivos relacionados con el equipo de frenos: sistemas antibloqueo (ABS), control de estabilidad (ESP), control de tracción (TCS), frenos electrohidráulicos (EHB), distribución electrónica de frenada (EBD), sistemas de ayuda a la frenada de emergencia (BAS). Todos estos sistemas mejoran la seguridad de una u otra manera en los procesos 20 de frenada. La optimización de su funcionamiento se consigue mediante el desarrollo de modelos, la realización de pruebas en bancos de ensayo y su posterior comprobación en vehículos monitorizados.

Entre los sistemas de más amplia implantación en vehículos se encuentra los sistemas antibloqueo de frenos (ABS.- Antilock Brake System). Los beneficios de la incorporación de estos dispositivos ha provocado que su instalación sea 25 altamente recomendable en la práctica totalidad de los vehículos, e incluso se contempla como obligatoria en gran número de ellos.

El bloqueo de las ruedas es el responsable de la pérdida de direcciónabilidad del vehículo, lo que impide por ejemplo el poder sortear un obstáculo cuando las ruedas están deslizando. Esta pérdida de direcciónabilidad es debida 30 a la utilización de toda la fuerza de adherencia entre el neumático y la carretera en esfuerzo de frenado, no teniendo efecto los esfuerzos laterales de guiado. El sistema antibloqueo de ruedas consigue mejorar la eficacia de los sistemas de frenado de los vehículos, mejora la estabilidad de los mismos y proporcionan un mejor control y progresión de la frenada, gracias al control sobre el bloqueo de las ruedas. En la práctica esto se traduce en una mejora del control 35 y de la direcciónabilidad del vehículo en los procesos de frenada de emergencia, sobre todo en condiciones de baja adherencia y, junto a ello, se consigue, en la mayoría de las ocasiones, una reducción de la distancia de frenado.

Los sistemas ABS convencionales hacen uso de electroválvulas todo-nada que son las encargadas de permitir el aumento de la presión, y por tanto de la fuerza de frenada en el bombín de freno, y el mantenimiento de la presión o la disminución de la misma cuando se produce la situación de deslizamiento de la rueda. Estas electroválvulas permiten 40 un funcionamiento rápido y fiable del sistema antibloqueo. Sin embargo la liberación de presión en el bombín de freno se realiza de forma completa al abrir la válvula.

Otra parte fundamental en los sistemas antibloqueo de frenos es el algoritmo de control que activa las electroválvulas todo-nada. El principal problema que se encuentra este algoritmo para realizar un proceso de frenada óptimo es 45 poder determinar el grado de deslizamiento que se está produciendo en las ruedas para poder operar dentro de la zona óptima de la curva de adherencia. Para conocer el índice de deslizamiento necesitamos conocer la velocidad de giro de las ruedas, la velocidad lineal del vehículo y el radio del neumático. La velocidad de giro es medida mediante captores inductivos y gracias a la instalación de ruedas fónicas en las ruedas. El radio del neumático puede ser estimado adecuadamente conociendo las dimensiones de la rueda, su rigidez y la carga vertical sobre el mismo. Los principales 50 problemas se encuentran cuando se trata de calcular o estimar la velocidad del vehículo.

La presente invención permite solventar los mencionados problemas asociados a los sistemas de frenado convencionales.

55 Descripción detallada de la invención

El sistema de frenado objeto de la presente invención comprende un circuito hidráulico simplificado con respecto a la configuración tradicional de un sistema ABS convencional, y un sistema de control de dicho circuito hidráulico.

60 El circuito hidráulico se ha simplificado con respecto a la configuración de ABS tradicional ya que se han eliminado las 2 válvulas de dos posiciones y 2 vías y se han sustituido por una válvula proporcional. Esta configuración permite que tanto en los momentos de reducción de presión como en los de aumento el proceso se realice de forma controlada y hasta unos niveles óptimos, no siendo necesaria por ejemplo la disminución total de la presión en el caso del bloqueo.

65 Al igual que ocurre con los sistemas tradicionales hay que garantizar el funcionamiento del sistema de frenos cuando el ABS falla (por falta de suministro eléctrico y mal funcionamiento del control). Para ello, la presente invención comprende una válvula de doble efecto y tres vías. Esta válvula de dos posiciones es activada por la unidad de control y en caso de mal funcionamiento del sistema de control o por perdida de tensión eléctrica, la válvula será desconectada,

permitiendo el funcionamiento manual del circuito de frenada, y por tanto permitiendo al conductor actuar el pedal de freno de forma manual.

Por su parte, el sistema de control comprendido en la presente invención incluye un algoritmo que permite calcular en todo momento el deslizamiento y determinar, mediante técnicas basadas en lógica difusa, las características de la superficie por la que está circulando el vehículo y la presión a aplicar en el circuito de frenos, factores fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento del sistema antibloqueo.

El sistema de control hace de interfaz entre el conductor y circuito hidráulico de frenada, con lo que el conductor tiene la sensación de ser quien actúa el sistema de frenos, aunque en realidad el control de la frenada se establece mediante una lógica de control en función de la fuerza que establece el conductor en el pedal de freno y de las condiciones de adherencia de la calzada. En conclusión, se puede hablar de un sistema automático e inteligente de frenada.

15 **Descripción de los dibujos**

Figura 1.- Esquema hidráulico del circuito de frenada. Modo manual de funcionamiento. En el modo manual se muestra la válvula (4) en la posición para establecer este tipo de modo manual.

20 Figura 2.- Esquema hidráulico del circuito de frenada. Modo automático de funcionamiento. En esta figura se muestra la válvula (4) en la posición para establecer el modo automático.

Figura 3.- Esquema control válvula proporcional de presión. Diagrama de bloques del sistema de frenado, que controla la válvula proporcional de presión (8).

25 Figura 4.- Curvas característica de adhesión. Curvas de adhesión para distintos tipos de carreteras o condiciones de adherencia.

Figura 5.-Funciones miembros en el bloque de control (14). a) Entrada coeficiente de rozamiento b) Entrada deslizamiento c) Salida tipo carretera.

Figura 6.- Obtención reglas para el caso de deslizamiento.

Figura 7.- Superficie generada por el bloque de control fuzzy para determinación tipo carretera (14).

35 Figura 8.- Funciones de las variables de entrada y salida al bloque de control (15). a) Variable de entrada error, b) Variable de entrada *diferror*. c) Variable de salida presión.

Figura 9.- Superficie de salida del bloque de control fuzzy (15).

40 **Modos de realización de la invención**

A continuación se describe y explican modos de realización preferidos de la invención, sin carácter limitativo.

45 El sistema de frenado objeto de la presente invención comprende preferentemente dos modos de funcionamiento: modo manual y modo automático.

En modo manual (figura 1), la válvula 5/2 (4) estaría en posición de reposo, no existiendo tensión de alimentación en dicha válvula (4). La posición de reposo puede ser inducida por un fallo en el sistema de alimentación (por ejemplo, batería con baja carga), porque el usuario desactive el modo automático de funcionamiento del sistema de frenado automático, o porque el sistema de control del sistema de frenado identifique un fallo de funcionamiento (por ejemplo, mal funcionamiento de los sensores de velocidad (10)). En dicha posición de reposo, toda la presión ejercida por el conductor cuando pisa el pedal de freno y actúa la bomba de freno (3) va directamente al pistón de freno (6), que presiona las pastillas de freno (7) sobre el disco de freno (9), frenando de esta forma el vehículo.

55 En modo automático (figura 2), la válvula (4) es activada por el sistema de control mediante una señal eléctrica, desconectando la presión hidráulica ejercida por el conductor mediante la bomba de freno (3). Para que el conductor siga teniendo sensación de frenada en el pedal de freno la presión ejercida es llevada a un acumulador de presión (5), sin que dicha presión se aplique en el circuito principal de frenada y sin que surja, por tanto, ningún efecto en la frenada del vehículo. En este modo automático, es la válvula (4) la que conecta la presión ejercida por la bomba hidráulica (1) y que es almacenada en el acumulador de presión (2) al circuito principal de frenada. Dicha presión es regulada por la válvula de presión (8) mediante la lógica de control deseada y llega al pistón de freno (6) que actúa sobre las pastillas de freno (7), presionando estas al disco de freno (9), frenando de esta forma el vehículo.

65 En el modo automático de funcionamiento un rasgo fundamental es el control de la válvula proporcional (8) (figura 3).

ES 2 343 667 B2

El sistema de control de frenada es un sistema de control en bucle cerrado y está compuesto por los siguientes bloques fundamentales:

1. Bloque para estimar el coeficiente de rozamiento μ_x y utilizar este valor para determinar la velocidad del vehículo v_B (12). Este bloque tiene como entrada la velocidad angular del neumático ω , la cual puede ser obtenida por cualquier sensor comercial al uso (10), y la presión de frenado P_B , la cual es calculada por el sistema de control mediante el bloque (8'), que modela matemáticamente el funcionamiento de la válvula proporcional (8), y tiene como salida los valores de velocidad lineal del vehículo v_B y coeficiente de rozamiento μ_x . La técnica utilizada para estimar el coeficiente de rozamiento en el contacto entre la rueda y la calzada es estimación recursiva por mínimos cuadrados, RLS, con factor exponencial. Se ha utilizado esta técnica por su facilidad de implantación dentro del modelo matemático del comportamiento del vehículo y por la rapidez de cálculo, ya que los pasos del algoritmo no tienen complejidad de cálculo. Para el cálculo de la velocidad del vehículo, se utilizan los valores de coeficiente de rozamiento obtenidos para cada rueda del vehículo y con un modelo simple del vehículo se obtiene un valor estimado de la velocidad lineal de este.

- 15 2. Bloque para obtener el deslizamiento existente en cada instante (13). Este bloque tiene como entrada la velocidad del vehículo v_B , calculada por el bloque anterior (12) y la velocidad lineal del neumático $w \cdot r_e$, y como salida el deslizamiento s , que se calcula mediante la ecuación:

20

$$s(t) = 1 - \frac{w(t) \cdot r_e}{v_B(t)}$$

- 25 3. Bloque *fuzzy* para detectar el tipo de carretera (14). Este bloque tiene como entrada el deslizamiento s y el coeficiente de rozamiento μ_x y como salida un valor entre [0,1] que indica el tipo de carretera. Esta salida es multiplicada por un valor de deslizamiento óptimo s_{opt} para obtener el deslizamiento de referencia s_{ref} . La ventaja de utilizar esta técnica es que el valor de deslizamiento de referencia se adapta al tipo de contacto entre la rueda y la calzada. Y esta característica es fundamental en los procesos de frenada, ya que el punto de deslizamiento donde cada curva de adhesión tiene el máximo coeficiente de rozamiento varía según el tipo de contacto entre el neumático y la carretera (figura 4).

35 TABLA 1

Valores función coeficiente rozamiento

Coeficiente rozamiento

MPR	Muy poco rozamiento
PR	Poco rozamiento
RM	Rozamiento medio
RN	Rozamiento alto
MUR	Mucho rozamiento

50 TABLA 2

Valores función deslizamiento

Índice de deslizamiento

zero	Deslizamiento cero
mid	Deslizamiento medio
high	Deslizamiento alto

TABLA 3

*Valores función tipo carretera***Tipo carretera**

ZRF	Carretera cero adherencia
SRF	Carretera poca adherencia
MRF	Carretera media adherencia
LRF	Carretera gran adherencia
ERF	Carretera muy grande adherencia

5

10

15

20

30

35

40

45

55

60

65

Este bloque de control (14) tiene dos funciones miembros de entrada, “coeficiente de rozamiento” y “índice de deslizamiento” y una función miembro de salida, “tipo carretera” (figura 5). Para la variable de entrada “coeficiente de rozamiento” existen cinco funciones miembros, 4 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal; para la variable de entrada “índice de deslizamiento”, se utilizan 2 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal; y, por último, para la variable de salida “tipo carretera”, se utilizan 4 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal. Los valores de las funciones de pertenencia para las tres variables vienen determinados en las tablas 1, 2 y 3.

Una vez tenemos valores de conjunto difusos, aplicamos las reglas existentes dentro de la base del conocimiento, estas reglas son del tipo *if-then*, y pueden ser activadas más de una a la vez, ya que para un valor de una variable de entrada podemos obtener distintos grados de pertenencia para los distintos conjuntos difusos y tienen operadores lógicos, como *AND*, *OR* y *NOT* en el antecedente, igual que en la lógica clásica. En el sistema de inferencia comprendido en la presente invención los operadores lógicos están definidos de la siguiente forma:

- Operador AND: $(m(\text{slip}=\text{mid})=0.67 \text{ AND } m(\text{slip}=\text{high})=0.5) = \min(0.67, 0.5)$
- Operador OR: $(m(\text{slip}=\text{mid})=0.67 \text{ OR } m(\text{slip}=\text{high})=0.5) = \max(0.67, 0.5)$
- Operador NOT: $(\text{NOT } m(\text{slip}=\text{mid})=0.67) = (1-0.67)$.

Por lo tanto para resolver el antecedente de todas las reglas que se activen, se ejecutan los operadores lógicos antes mencionados y una vez resuelto el antecedente de cada regla se ejecuta la implicación y se obtiene el consecuente de cada una de las reglas que son conjuntos difusos truncados por el valor del antecedente. Estos son sumados y se pasa a la fase de “defuzzificación”, en la que se pasa de un conjunto difuso a un valor real concreto (*crisp*). En el caso de la presente invención se ha utilizado el método del centroide.

Las reglas se han obtenido según el comportamiento del deslizamiento dentro de las curvas características de adhesión (figura 6). Estas curvas tienen claramente tres zonas de actuación. En la zona A de la curva, la variación de la pendiente siempre es positiva y estamos dentro de la parte lineal de la curva característica de adhesión; en la zona B (zona de máximo rozamiento y en la que el control del freno debe actuar), la variación de la pendiente llega a ser cero; y, por último, en la zona C la variación es negativa y es cuando se produce el máximo deslizamiento en la rueda. Con este conocimiento de las curvas de adhesión se han establecido las referidas reglas.

En relación con las reglas del control *fuzzy* para la variable de entrada índice de deslizamiento (figura 6), se ha dividido el deslizamiento en tres zonas (*zero*, *middle* y *high*), haciendo coincidir con las tres zonas diferenciadas de la curva característica de adhesión antes explicadas. Cuando el deslizamiento está dentro de la zona A de la curva, el tipo de curva característica es la de mayor adherencia, que quiere decir que el tipo de carretera que representa es también la de mayor adherencia. Esto es así, porque en esta parte de la curva característica el control de frenada puede elevar la presión de frenado. Una vez que el deslizamiento entra en la zona B ó C, el tipo de carretera depende del valor de rozamiento, ya que cuanto mayor es el rozamiento, mayor es la adherencia en la carretera.

Las reglas también se pueden definir en el formato clásico *if-then* de la siguiente forma:

1. If (deslizamiento is zero) then (tipo_car is ERF)
2. If (rozamiento is MUR) then (tipo_car is ERF)
3. If (rozamiento is RN) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is LRF)
4. If (rozamiento is RM) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is MRF)
5. If (rozamiento is PR) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is SRF)

ES 2 343 667 B2

6. If (rozamiento is MPR) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is ZRF)
7. If (rozamiento is RN) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is LRF)
- 5 8. If (rozamiento is RM) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is MRF)
9. If (rozamiento is PR) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is SRF)
10. If (rozamiento is MPR) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is ZRF)

10

Una vez que se han establecido las reglas se puede representar la superficie generada por el sistema de inferencia con los distintos valores de variables de salida y la variable de entrada (figura 7). Cuando el deslizamiento es cero el tipo de carretera es la que tiene mayor adherencia y es de mínima adherencia cuando el deslizamiento empieza a ser un número positivo mayor que 0,2 y el rozamiento es muy pequeño. El sistema de control permite determinar, en base a los bloques (12), (13) y (14), el deslizamiento en el que se produce el coeficiente de rozamiento máximo, según el contacto entre la rueda y la carretera. El tipo de carretera tiene como salida un valor entre 0 y 1, siendo el valor 1 el de la carretera con mayor adherencia y 0 el de menor; y de la misma forma, el valor del índice de deslizamiento en el punto en donde el coeficiente de rozamiento es máximo también disminuye cuando la carretera disminuye su adherencia (figura 4). Como resultado final de la operación del sistema de control, se establece un comportamiento adaptativo del valor del deslizamiento de referencia $s_{ref}(t)$, ya que este valor irá disminuyendo cuando las condiciones de adherencia de la carretera disminuyan.

25 4. Bloque *fuzzy* de control de la presión de frenado (15). Este bloque de control tiene como entrada el error entre el deslizamiento en ese instante $s(t)$ y el deslizamiento de referencia $s_{ref}(t)$ que se ha calculado a partir del bloque que obtiene el tipo de carretera (14) y la variación de este error en un instante de tiempo; y la salida es un valor entre [0,1] que indica la presión normalizada del circuito de frenado.

30 Las variables de entrada tienen los siguientes rangos: para el error $e(t)$, se establece un rango de [-1 1], ya que los valores de deslizamiento están siempre dentro del rango [0,1]; para la diferencia de error $de(t)$, se establece un rango entre [-2 2]; para la variable de salida se establece un rango entre [-0,2, 1,2]. Para que los valores concretos de presión de frenado, que el sistema de inferencia establece, estén en el rango [0,1], y para obtener el valor de la presión en el circuito de frenado, solo hay que multiplicar el valor de salida del control por la presión máxima del sistema de frenado. Para la variable de entrada “error” se han utilizado 3 funciones de pertenencia triangulares y 2 funciones de pertenencia trapezoidales. Cabe destacar, en relación con las funciones de pertenencia para los parámetros establecidos (figura 8), que las funciones de pertenencia N (negativo) y LN (largo negativo) no son simétricas a las funciones P (positivo) y LP (largo positivo), siendo debido a que la diferencia existente entre el deslizamiento de referencia $s_{ref}(t)$ y el deslizamiento en ese instante $s(t)$ no es del mismo orden, ya que el deslizamiento de referencia no alcanza más de 0-0,3 de valor, y por tanto los valores negativos del error serán mayores que los positivos. Para la variable de entrada 35 $diferror$ se han establecido 3 funciones de pertenencia de tipo triangular y 2 de tipo trapezoidal. Para la variable de salida se establecen a su vez 5 funciones de pertenencia de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal que definen todo el rango de salida de la variable presión, dentro del rango [0,1]. Por tanto para conseguir que la presión se mantenga en este rango hace falta que las funciones ZP (presión cero) y ELP (presión muy grande) sobrepasen estos límites (figura 40 8). Esto es debido a que el sistema de inferencia utilizado para este bloque de control (15) utiliza, para el proceso de “defuzzificación”, el operador centroide, que calcula el centro de gravedad de las funciones de pertenencia truncadas 45 por el antecedente de la regla que se activa. Los valores de las variables quedan definidos en las tablas 4, 5 y 6.

50

TABLA 4

Valores variable de entrada error

55

error [e(t)]

60

LN	Error largo negativo
N	Error negativo
ZE	Error cero
P	Error positivo
LP	Error largo positivo

65

ES 2 343 667 B2

TABLA 5

Valores variable de entrada diferror

diferror [de(t)]

LN	Diferencia larga negativa
N	Diferencia negativa
ZE	Diferencia cero
P	Diferencia positiva
LP	Diferencia larga positiva

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

TABLA 6

Valores variable de salida presión

presión

ZP	Presión cero
SSP	Presión muy pequeña
SP	Presión pequeña
MP	Presión media
LP	Presión grande
ELP	Presión muy grande

Una vez que se han establecido las variables de entrada al control y la variable de salida, pudiéndose representar la superficie que genera el sistema de inferencia con los distintos valores de dichas variables (figura 9), se describe el comportamiento requerido por el control para poder definir las reglas que lo rigen. Las reglas quedan definidas de la siguiente forma o según la tabla 7:

1. If (error is LP) then (presión is ELP)
2. If (error is P) then (presión is LP)
3. If (error is LN) then (presión is ZP)
4. If (error is N) and (diferror is LP) then (presión is MP)
5. If (error is N) and (diferror is P) then (presión is SP)
6. If (error is N) and (diferror is ZE) then (presión is SSP)
7. If (error is N) and (diferror is LN) then (presión is SP)
8. If (error is N) and (diferror is N) then (presión is SSP)
9. If (error is ZE) and (diferror is LP) then (presión is LP)
10. If (error is ZE) and (diferror is P) then (presión is MP)
11. If (error is ZE) and (diferror is ZE) then (presión is SSP)
12. If (error is ZE) and (diferror is N) then (presión is SSP)
13. If (error is ZE) and (diferror is LN) then (presión is ZP)

TABLA 7

Reglas del bloque de control fuzzy (15)

		error [e(t)]				
		<i>LN</i>	<i>N</i>	<i>ZE</i>	<i>P</i>	<i>LP</i>
diferor [de(t)]	<i>LN</i>	ZP	SP	ZP	LP	ELP
	<i>N</i>	ZP	SSP	SSP	LP	ELP
	<i>ZE</i>	ZP	SSP	SSP	LP	ELP
	<i>P</i>	ZP	SP	MP	LP	ELP
	<i>LP</i>	ZP	MP	LP	LP	ELP

5

10

15

Unas de las características del sistema de control comprendido en la presente invención es que no utiliza nuevos sensores, que no estén disponibles en los sistemas de ABS convencionales. Es decir el sistema de control desarrollado solo utiliza, como variable medida por un sensor externo, la velocidad angular de la rueda, la cual es medida por el sensor (10). Los demás parámetros necesarios para un adecuado funcionamiento del sistema de frenado, son calculadas por los distintos bloques descritos.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada **caracterizado** porque comprende un circuito hidráulico simplificado con respecto a la configuración tradicional de un sistema ABS convencional, y un sistema de control de dicho circuito hidráulico, comprendiendo dicho circuito hidráulico:
- 10 a. Una válvula proporcional de presión (8), que sustituye a las 2 válvulas de dos posiciones y 2 vías presentes en un sistema ABS convencional, y que permite que tanto en los momentos de reducción de presión como en los de aumento el proceso se realice de forma controlada y hasta unos niveles óptimos, no siendo necesaria por ejemplo la disminución total de la presión en el caso del bloqueo.
- 15 b. Una válvula de doble efecto y tres vías, de dos posiciones (4), activable por el sistema de control del circuito hidráulico y desactivable cuando el sistema de frenado no funciona correctamente o cuando el usuario así lo decide.
- 20 2. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque el sistema de control del circuito hidráulico incluye un algoritmo que permite calcular en todo momento el deslizamiento y determinar, mediante técnicas basadas en lógica difusa, las características de la superficie por la que está circulando el vehículo y la presión a aplicar en el circuito de frenos.
- 25 3. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque comprende preferentemente dos modos de funcionamiento: modo manual y modo automático.
- 30 4. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque, en modo manual, la válvula 5/2 (4) estaría en posición de reposo, no existiendo tensión de alimentación en dicha válvula (4), pudiendo ser inducida dicha posición de reposo por un fallo en el sistema de alimentación (por ejemplo, batería con baja carga), porque el usuario desactive el modo automático de funcionamiento del sistema de frenado automático, o porque el sistema de control del sistema de frenado identifique un fallo de funcionamiento (por ejemplo, mal funcionamiento de los sensores de velocidad (10)).
- 35 5. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque cuando dicha válvula (4) está en posición de reposo, toda la presión ejercida por el conductor cuando pisa el pedal de freno y actúa la bomba de freno (3) va directamente al pistón de freno (6), que presiona las pastillas de freno (7) sobre el disco de freno (9), frenando de esta forma el vehículo.
- 40 6. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 **caracterizado** porque, en modo automático, la válvula (4) es activada por el sistema de control mediante una señal eléctrica, desconectando la presión hidráulica ejercida por el conductor mediante la bomba de freno (3), siendo dicha presión transferida a un acumulador de presión (5), siendo la válvula (4) la que conecta la presión ejercida por la bomba hidráulica (1), y que es almacenada en el acumulador de presión (2), al circuito principal de frenada.
- 45 7. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizada** porque la presión ejercida por la bomba hidráulica (1), y que es almacenada en el acumulador de presión (2), es regulada por la válvula de presión (8) mediante la lógica de control deseada y llega al pistón de freno (6) que actúa sobre las pastillas de freno (7), presionando estas al disco de freno (9), frenando de esta forma el vehículo.
- 50 8. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7 **caracterizado** porque el sistema de control del circuito hidráulico de frenado es un sistema de control en bucle cerrado y comprende los siguientes bloques fundamentales:
- 55 a. Bloque para estimar el coeficiente de rozamiento μ_x y utilizar este valor para determinar la velocidad del vehículo v_B (12),
- 60 b. Bloque para obtener el deslizamiento existente en cada instante (13),
- c. Bloque *fuzzy* para detectar el tipo de carretera (14),
- d. Bloque *fuzzy* de control de la presión de frenado (15).
- 65 9. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque el bloque (12) tiene como entrada la velocidad angular del

ES 2 343 667 B2

neumático ω , la cual puede ser obtenida por cualquier sensor comercial al uso (10), y la presión de frenado P_B , la cual es calculada por el sistema de control mediante el bloque (8'), que modela matemáticamente el funcionamiento de la válvula proporcional (8), y tiene como salida los valores de velocidad lineal del vehículo v_B y coeficiente de rozamiento μ_X .

5 10. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque:

- 10 a. El coeficiente de rozamiento en el contacto entre la rueda y la calzada se determina mediante estimación recursiva por mínimos cuadrados, RLS, con factor exponencial,
- 15 b. La velocidad del vehículo se calcula en base a los valores de coeficiente de rozamiento obtenidos para cada rueda del vehículo, obteniéndose un valor estimado de la velocidad lineal del vehículo mediante un modelo simple del mismo.

15 20 11. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 **caracterizado** porque el bloque (13) tiene como entrada la velocidad del vehículo v_B , calculada por el bloque anterior (12) y la velocidad lineal del neumático $w \cdot r_e$, y como salida el deslizamiento s , que se calcula mediante la ecuación:

$$25 s(t) = 1 - \frac{w(t) \cdot r_e}{v_B(t)}$$

30 35 40 45 50 55 60 65 12. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11 **caracterizado** porque el bloque (14) tiene como entrada el deslizamiento s y el coeficiente de rozamiento μ_X , y como salida un valor entre [0,1] que indica el tipo de carretera y que multiplicado por un valor de deslizamiento óptimo s_{opt} , permite obtener el deslizamiento de referencia s_{ref} .

13. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque el bloque (14) tiene dos funciones miembros de entrada, “coeficiente de rozamiento” y “índice de deslizamiento” y una función miembro de salida, “tipo carretera”; existiendo: para la variable de entrada “coeficiente de rozamiento”, cinco funciones miembros, 4 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal; para la variable de entrada “índice de deslizamiento”, 2 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal; y, para la variable de salida “tipo carretera”, 4 de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal.

14. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque las reglas que rigen el bloque (14) son:

1. If (deslizamiento is zero) then (tipo_car is ERF)
2. If (rozamiento is MUR) then (tipo_car is ERF)
3. If (rozamiento is RN) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is LRF)
4. If (rozamiento is RM) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is MRF)
5. If (rozamiento is PR) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is SRF)
6. If (rozamiento is MPR) and (deslizamiento is mid) then (tipo_carretera is ZRF)
7. If (rozamiento is RN) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is LRF)
8. If (rozamiento is RM) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is MRF)
9. If (rozamiento is PR) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is SRF)
10. If (rozamiento is MPR) and (deslizamiento is high) then (tipo_carretera is ZRF)

15. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14 **caracterizado** porque el bloque (15) tiene como entrada el error entre el deslizamiento en ese instante $s(t)$ y el deslizamiento de referencia $s_{ref}(t)$ que se ha calculado a partir del bloque (14) y la variación de este error en un instante de tiempo; y la salida es un valor entre [0,1] que indica la presión normalizada del circuito de frenado.

ES 2 343 667 B2

16. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque las variables de entrada y salida del bloque (15) tienen las siguientes características técnicas:

- 5 a. Para el error $e(t)$ se establece un rango de $[-1 1]$, y se utilizan 3 funciones de pertenencia triangulares y 2 funciones de pertenencia trapezoidales;
- 10 b. Para la variable $diferror$ o la diferencia de error, $de(t)$, se establece un rango entre $[-2 2]$; y se establecen 3 funciones de pertenencia de tipo triangular y 2 de tipo trapezoidal;
- 15 c. Para la variable de salida se establece un rango entre $[-0.2, 1.2]$, y 5 funciones de pertenencia de tipo triangular y 1 de tipo trapezoidal que definen todo el rango de salida de la variable presión, dentro del rango $[0,1]$.

17. Sistema de frenado para automóvil con predicción de adherencia y control continuo de presión de frenada según la reivindicación anterior **caracterizado** porque las reglas que rigen el comportamiento del bloque (15) son:

- 20 1. If (error is LP) then (presión is ELP)
2. If (error is P) then (presión is LP)
3. If (error is LN) then (presión is ZP)
- 25 4. If (error is N) and (diferror is LP) then (presión is MP)
5. If (error is N) and (diferror is P) then (presión is SP)
6. If (error is N) and (diferror is ZE) then (presión is SSP)
- 30 7. If (error is N) and (diferror is LN) then (presión is SP)
8. If (error is N) and (diferror is N) then (presión is SSP)
9. If (error is ZE) and (diferror is LP) then (presión is LP)
- 35 10. If (error is ZE) and (diferror is P) then (presión is MP)
11. If (error is ZE) and (diferror is ZE) then (presión is SSP)
- 40 12. If (error is ZE) and (diferror is N) then (presión is SSP)
13. If (error is ZE) and (diferror is LN) then (presión is ZP).

45

50

55

60

65

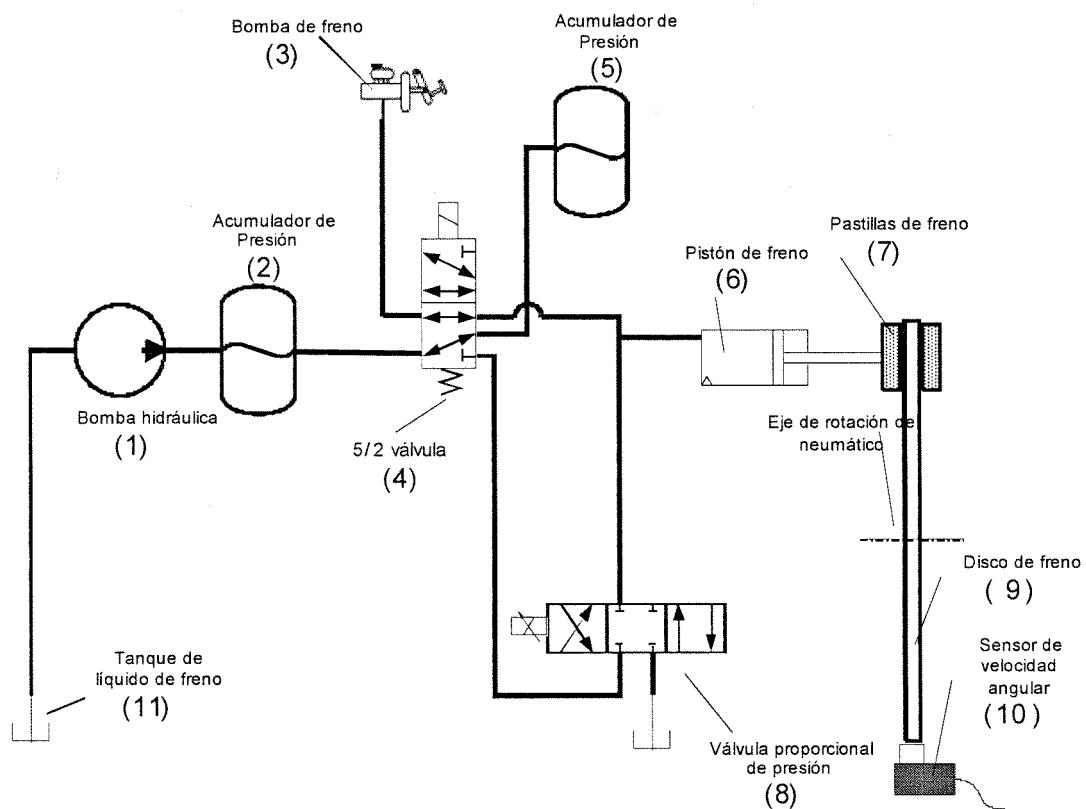


Figura 1

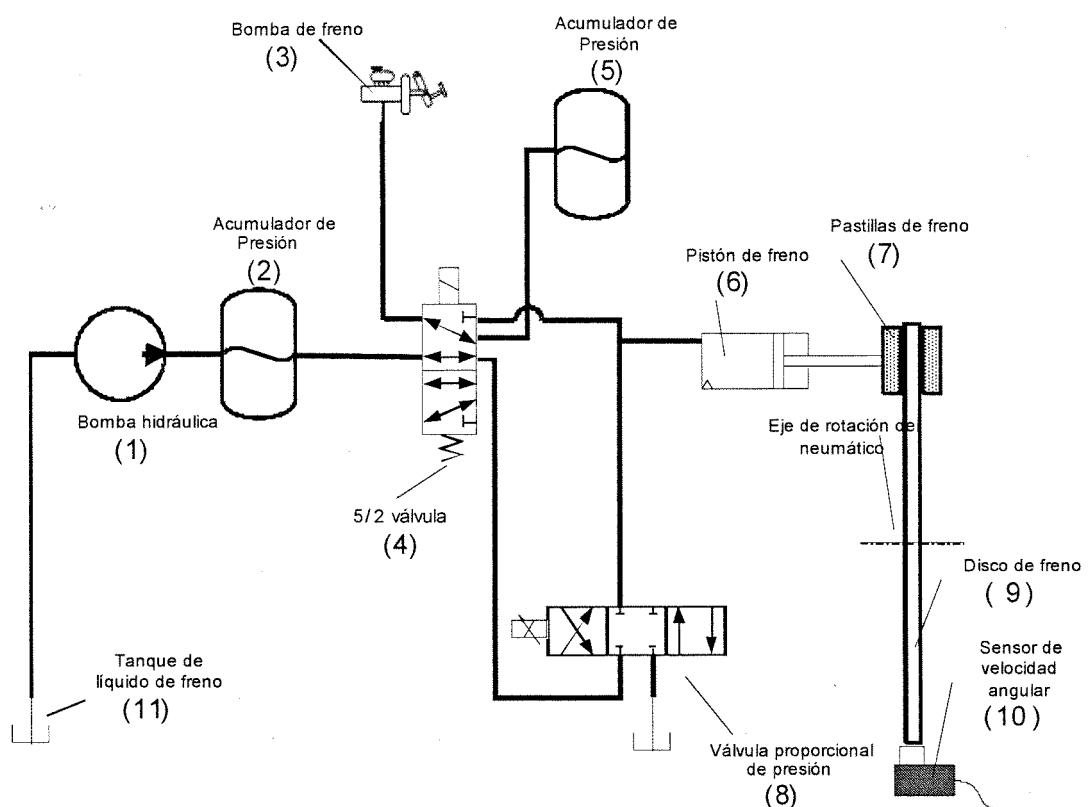


Figura 2

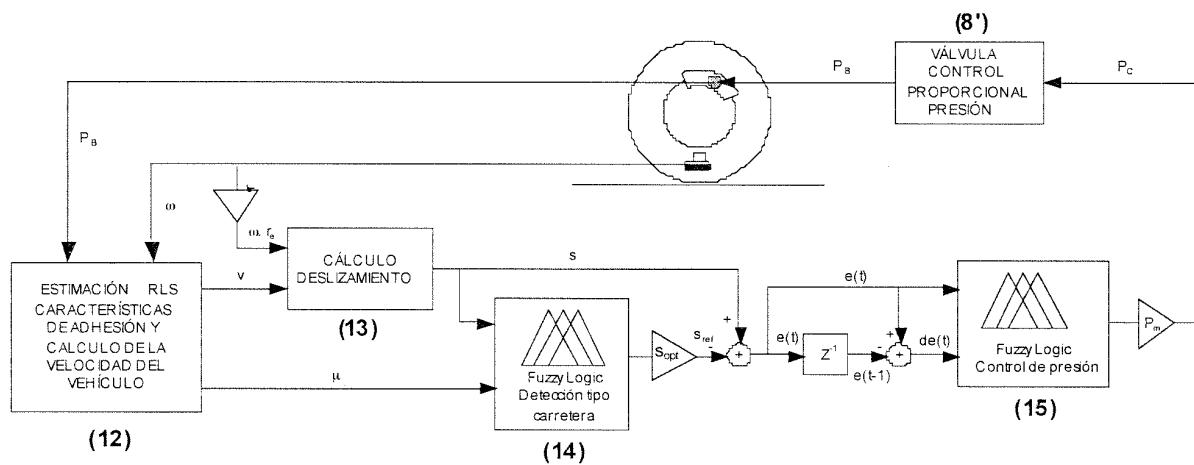


Figura 3

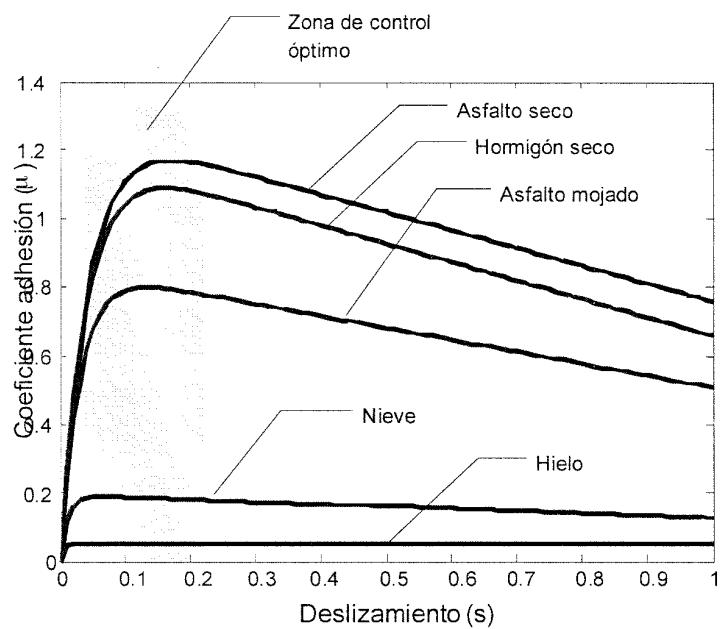


Figura 4

ES 2 343 667 B2

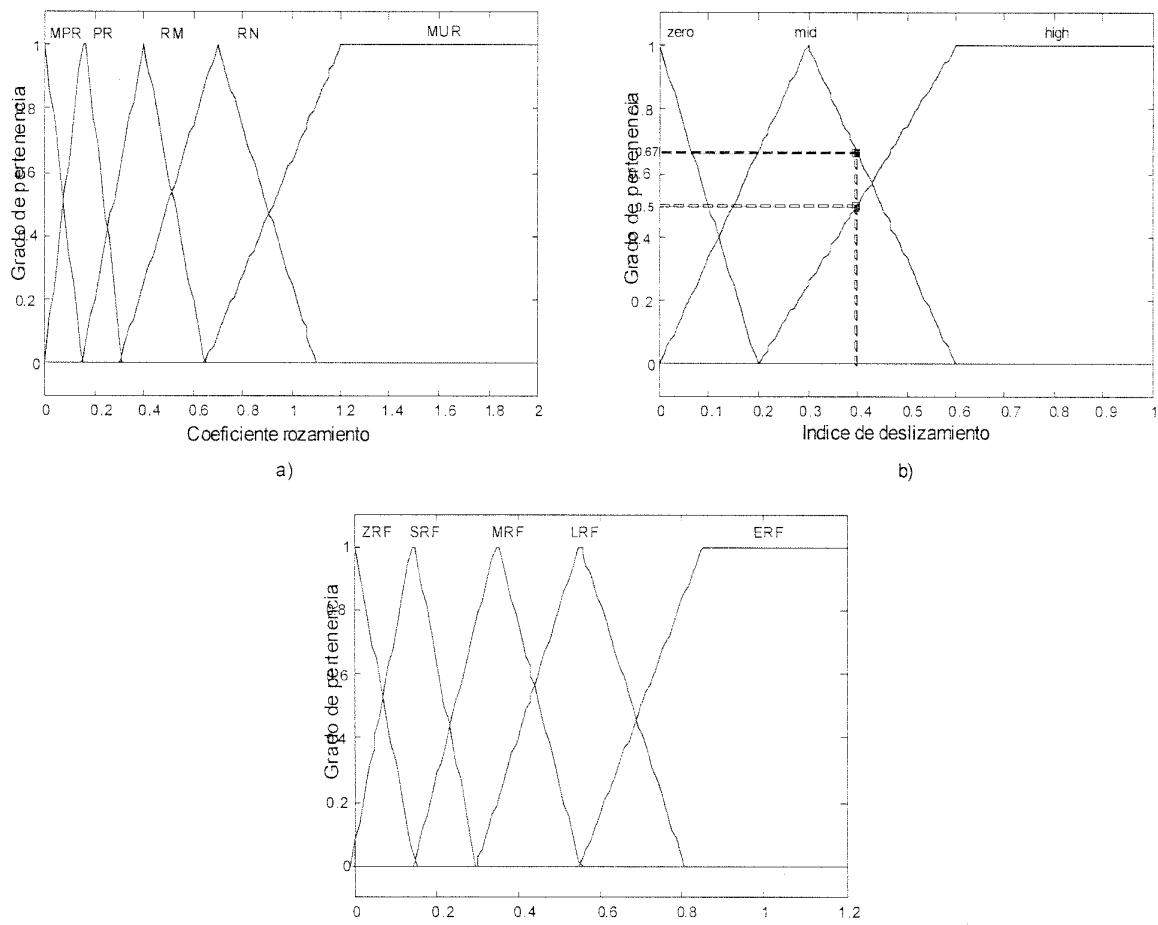


Figura 5

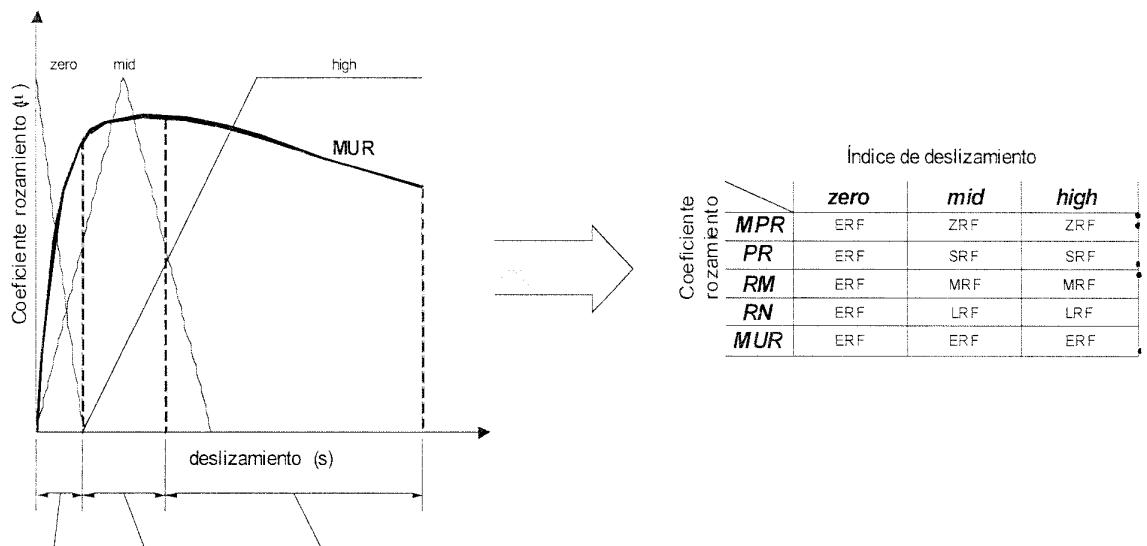


Figura 6

ES 2 343 667 B2

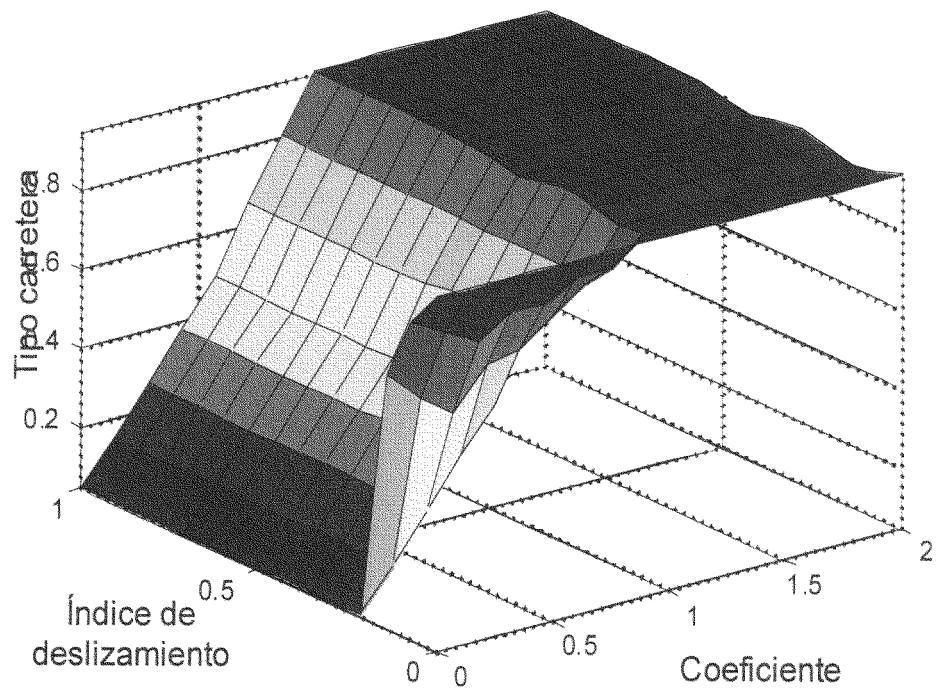


Figura 7

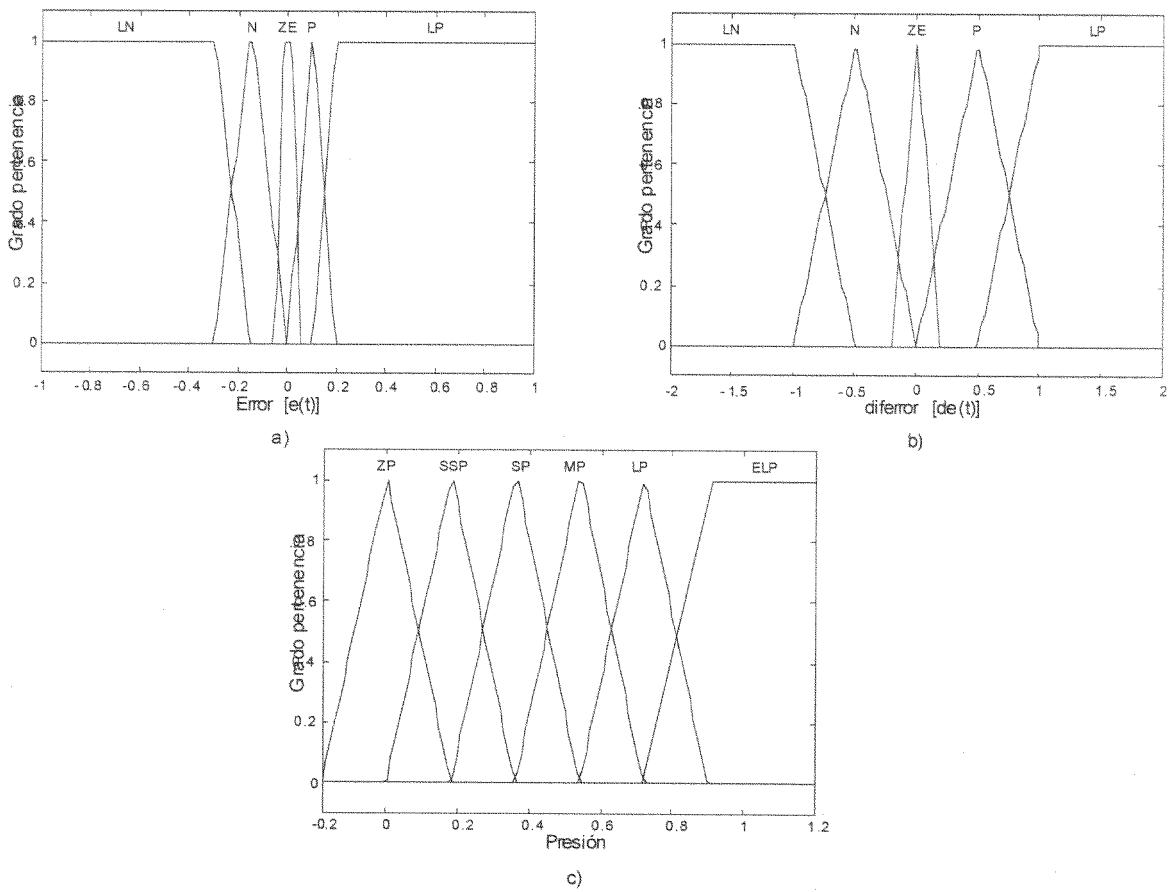


Figura 8

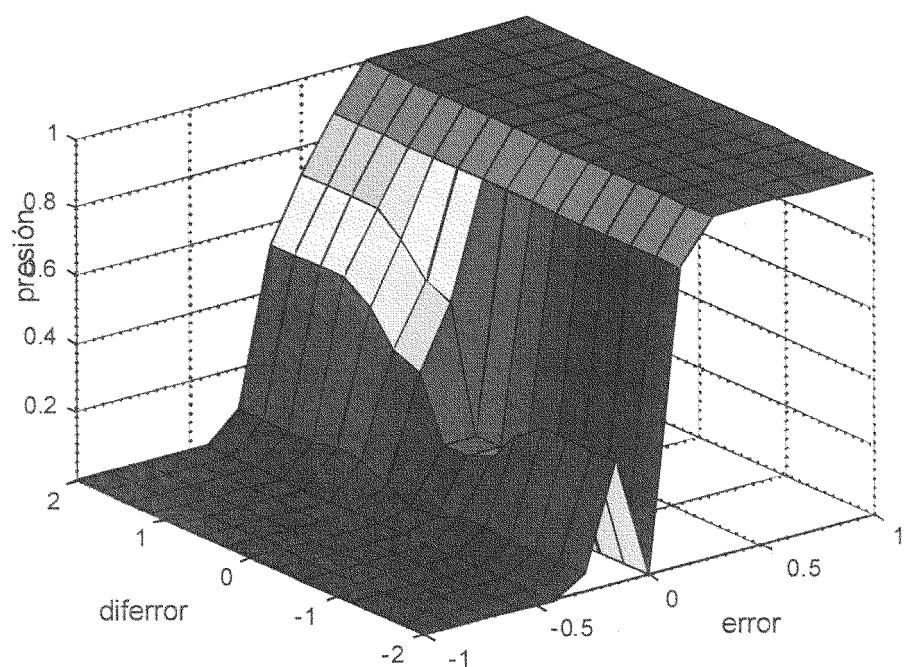


Figura 9



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 0594860 A1 (MITSUBISHI MOTOR CORP) 04.05.1994, reivindicaciones 1,7,8,11,12,19; figuras 1,8,21.	1,2
A	GB 1278892 A (BENDIX CORP) 21.06.1972, página 2, línea 48 - página 3, línea 39; figura 1.	1
A	US 6272421 B1 (MERTENS) 07.08.2001, todo el documento.	8,9
A	US 6125314 A (GRAF et al.) 26.09.2000, todo el documento.	
A	US 5634698 A (CAO et al.) 03.06.1997, todo el documento.	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 22.07.2010	Examinador F. García Sanz	Página 1/4
--	------------------------------	---------------

INFORME DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Nº de solicitud: 200900049

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

B60T 8/176 (2006.01)

B60T 8/174 (2006.01)

B60T 8/1763 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B60T

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 200900049

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 22.07.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-17	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-17	SÍ
	Reivindicaciones		NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 0594860 A1	04-05-1994
D02	US 6272421 B1	07-08-2001

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01, que se considera el más próximo del estado de la técnica, da a conocer un método y un aparato, en vehículos, para controlar y regular continuamente la fuerza de frenado, al tiempo que se impide el bloqueo temprano de las ruedas posteriores reduciendo la cantidad de dicha fuerza que se distribuye a dichas ruedas cuando la superficie de la carretera tiene unas condiciones determinadas, todo ello mediante un sistema hidráulico que tiene un cilindro de mando, un sensor de presión, unas válvulas proporcionales, unas válvulas de dos posiciones y unos medios de control adaptados para accionar las válvulas anteriormente citadas cuando el sensor detecta que la presión en dicho cilindro excede una presión fijada, que disminuye según el grado de deslizamiento de dicha superficie. Además, dichos medios de control determinan el grado de la fuerza de frenado mediante un algoritmo basado en interferencia fuzzy.

Por lo tanto, el documento D01, aunque tiene varias características técnicas comunes con la solicitud de patente en estudio, no se puede considerar particularmente relevante porque:

el circuito hidráulico no está especialmente simplificado (sólo una válvula proporcional de presión y una válvula de doble efecto y tres vías, de dos posiciones)

la activación/desactivación de la válvula de dos posiciones no se produce de la misma manera que en dicha solicitud.

Aunque el documento D02 tampoco es un documento particularmente relevante, se quiere citar porque da a conocer un sistema antibloqueo de frenos (ABS) basado en un controlador fuzzy que constituye un régimen de cambio de presión en el circuito hidráulico de frenado en función del deslizamiento y la aceleración de la rueda, la presión de bloqueo y la relación entre la presión real y la presión de bloqueo, pudiéndose por ello adaptar dinámicamente la presión de bloqueo (el funcionamiento de las válvulas) en función del deslizamiento de las ruedas.

Por lo explicado anteriormente, ninguno de los documentos citados, o cualquier combinación de los mismos, se puede considerar de particular relevancia para el objeto de la invención, en la medida que se puede interpretar. Por otra parte, no resulta obvio que un experto medio en la materia pudiera concebir dicho objeto a partir de dichos documentos. Por ello, la presente solicitud cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva según las exigencias de los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.