

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 119**

21 Número de solicitud: 201700470

51 Int. Cl.:

**G01L 5/16** (2006.01)

**B61K 9/08** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**31.03.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.10.2018**

71 Solicitantes:

**ANÁLISIS Y SIMULACIÓN, S.L. (100.0%)**  
**C/ Leonardo Da Vinci 14 Edificio PIE Pab 8A**  
**01510 Miñano (Araba/Álava) ES**

72 Inventor/es:

**AROSTEGUI CAMACHO, Iker Unai**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

54 Título: **Método de medida de fuerzas sobre raíles y sistema que ejecuta dicho método**

57 Resumen:

Método de medida de fuerzas sobre raíles y sistema que ejecuta dicho método.

La presente invención se refiere a un método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles o similares como causa del paso de vehículos sobre dichos raíles, para determinar los valores de diferentes parámetros y calcular coeficientes u otras variables, refiriéndose también al sistema de dispositivos que permite la toma de valores, su registro, procesamiento y muestra de la información resultante, basado en un método de medición que permite medir directamente la fuerza lateral, de una manera más simplificada de instalación con menor coste en sensores necesarios, y con mayor precisión basándose en la configuración de dichos sensores y su valoración individual.

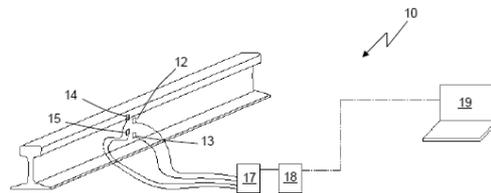


Fig. 4

## DESCRIPCIÓN

### MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS SOBRE RAÍLES Y SISTEMA QUE EJECUTA DICHO MÉTODO

5

La presente invención se refiere a un método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles o similares como causa del paso de vehículos sobre dichos raíles, para determinar los valores de diferentes parámetros y calcular coeficientes u otras variables, refiriéndose también al sistema de dispositivos que permite la toma de valores, su registro, procesamiento y muestra de la información resultante.

10

#### Antecedentes de la invención

Existen métodos de medición de los esfuerzos que son ejercidos sobre raíles por los vehículos que circulan por ellos y, por tanto, forman parte del estado de la técnica. Dichos métodos muestran la colocación de múltiples sensores extensométricos (galgas) en configuraciones determinadas para poder obtener valores de la compresión del carril, así como el momento de flexión.

15

La utilización de sensores extensométricos permite medir la elongación del propio sensor, que al estar fijados al raíl en una posición concreta se mide la elongación de dicho raíl. Las combinaciones utilizadas en los métodos conocidos, se realizan combinando pares de sensores extensométricos colocados a ambos lados del carril y conectados entre ellos formando un puente de Wheatstone, o medio puente de Wheatstone, para medir directamente las fuerzas ejercidas sobre el raíl.

20

25

Como se ha indicado, en los métodos conocidos deben colocarse diversos pares de dichas galgas conectadas entre ellas para poder obtener directamente los valores de las mediciones que se buscan en dicha configuración conocida, como por ejemplo pares de galgas paralelos, conectados con pares de galgas paralelos al otro lado del rail, así como pares de galgas perpendiculares, conectados con pares de galgas perpendiculares al otro lado del rail.

30

Dicha configuración implica una necesidad de utilización de mayor cantidad de sensores extensométricos, uno o más pares de galgas para tener un canal de medición, así como la

35

necesidad de unir dichas galgas de lado y lado del raíl teniendo que, en la mayoría de los casos, taladrar el raíl, por lo que dichos métodos son de un coste en dispositivos y de un coste de tiempo de instalación considerables, multiplicándose a la hora de realizar esta medición de manera simultánea en diversos puntos de tramos de raíles.

5

La utilización de puentes de Wheatstone para medir fuerzas laterales de manera directa también es conocida pero hace necesaria la colocación de diversos pares de galgas conectados entre ellas, que en dichos métodos se colocan sobre los patines del raíl, cosa que no permite tener medidas con la suficiente precisión debido a que el patín es mucho más rígido, con respecto del alma del carril, y la señal eléctrica obtenida es previsiblemente de peor calidad, con una mayor influencia de ruido eléctrico y con peor posibilidad de calibración. Existe la posibilidad de obtener de forma indirecta, por medio de cálculo de método de elementos finitos, una aproximación de la fuerza lateral, a partir de métodos conocidos que miden momento de flexión y compresión, pero como se indica son métodos aproximados no directos.

15

### **Descripción de la invención**

Con el método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles y el sistema de dispositivos que ejecuta dicho método de la invención se consiguen resolver los inconvenientes citados, presentando otras ventajas que se describirán.

20

La presente invención se basa en un método novedoso de posicionamiento y configuración de sensores extensiométricos (galgas) sobre un raíl o raíles sobre los que se quiere obtener valores de medición que permiten conocer, de manera ventajosa, directamente el valor de la fuerza lateral, así como también el valor directo de la fuerza vertical, que ejercen los vehículos que circulan por dichos raíles.

25

El método de medición parte, como primer paso, de la colocación de los sensores extensométricos en el alma del carril, de manera que se colocan dos sensores extensométricos en cada uno de los laterales del alma del rail, teniendo así en cada lateral un sensor superior y otro inferior quedando, preferentemente, lo más alejado uno de otro en el mismo eje vertical según la geometría del alma del raíl y del sensor, para obtener una mayor precisión en la medición de los valores. Esta distancia máxima entre sensores será, preferentemente, la correspondiente a ubicarlos cada uno dentro del tercio superior y del

35

tercio inferior respectivamente de dicho eje vertical del alma del raíl, aunque otras separaciones son posibles. Los sensores colocados a lado y lado del carril se ubican colocándose también en el mismo plano, de manera simétrica a los del otro lado.

- 5 Los sensores se solidarizan a los raíles para poder medir la elongación del mismo en los puntos donde se han colocado dichos sensores. Para realizar esta unión solidaria se utiliza, preferentemente, la soldadura del sustrato metálico del sensor al raíl, consiguiendo comodidad y rapidez de instalación, así como durabilidad de la instalación en el tiempo y robustez, todo esto con respecto de la unión solidaria al raíl alternativa posible de los  
10 sensores, que es la utilización de adhesivos.

Una vez solidarizados los sensores en las posiciones indicadas, se procede a su conexión por separado a los medios de registro de las señales obtenidas de dichos sensores, teniendo de esta manera un canal de medición por cada uno de los cuatro sensores  
15 instalados en las ubicaciones indicadas. Esta configuración novedosa parte de que, teniendo para cada sensor un canal de medición individual, no se obtienen valores de parámetros concretos, en diferencia de los métodos del estado de la técnica que utilizaban la conexión entre pares de sensores a lado y lado para tener puentes de Wheatstone y, de este modo, medir valores de una fuerza concreta y ser tratado todo el conjunto de pares de sensores  
20 que forma el puente de Wheatstone como un canal de medición.

De esta manera, la configuración de un canal de medición independiente para cada sensor no mide una fuerza determinada en concreto, como puede ser tracción-compresión del carril, la flexión o la cortadura, sino que el paso del vehículo por el raíl, produce una serie de  
25 fuerzas en dicho raíl (fuerza lateral, fuerza vertical), lo que genera una determinada elongación de cada uno de los sensores, la cual se mide mediante las señales analógicas de voltaje provenientes de cada uno de dichos sensores, siendo estas elongaciones distintas para cada fuerza que se produce en la vía y registrándose en los medios de registro asociadas a su posición determinada.

30 Una vez se tienen los datos registrados de los valores de elongación de cada uno de los cuatro sensores de manera individual, el método dispone de un sistema de cálculo compuesto por un sistema de ecuaciones en el que podemos obtener todos los parámetros deseados y, como mínimo Q: fuerza vertical, Y: fuerza lateral, siendo las ecuaciones:

35  $\Sigma S = Kq * Q$

$$S1-S3=K1*\Sigma S*X+K2*Y$$

$$S2-S4=K3*\Sigma S*X+K4*Y$$

De donde se tienen las constantes:

5

$$Kq=\Sigma S/Q$$

$$K1=(S1-S3)/(\Sigma S*Xcal); Y=0$$

$$K2=(S1-S3)/Y; Q=0$$

$$K3=(S2-S4)/(\Sigma S*Xcal) ; Y=0$$

$$K4=(S2-S4)/Y; Q=0$$

10

Y así, finalmente las soluciones:

$$Q=\Sigma S/Kq$$

$$Y= (K1*(S2-S4)+K3(S3-S1))/(K4*K1-K2*K3)$$

15 Siendo:

$\Sigma S$  - es la suma de los valores de los sensores medido en unidades de deformación (strains).

$Q$  - es la carga vertical que soporta la vía medida en unidades de fuerza.

20  $Kq$  - es el coeficiente que establece la relación entre la carga  $Q$  y el término suma de los valores de deformación medido por los sensores ( $\Sigma S$ ).

$S1, S2, S3, S4$  - es el valor de deformación medida por los sensores.

$Y$  - es la carga lateral que soporta la vía debido al contacto entre la pestaña de la rueda y el propio carril.

25  $X$  - distancia a la que se encuentra la carga vertical  $Q$  medida desde el centro de la vía. (Utilizado en el cálculo de  $k1$  y  $k3$ ).

$K1, K2, K3, K4$  - constantes que se obtienen relacionando esfuerzos aplicados, puntos de aplicación y medida de los sensores (obtenidas por calibración)

30 De este modo teniendo la relación suficiente entre datos e incógnitas para poder plantear el anterior sistema de ecuaciones y resolverlo, obteniendo:

- Cada  $S$  que es la lectura de la elongación que tendríamos en cada sensor, provocado por el descentramiento de la fuerza vertical y por la propia fuerza lateral. Esto se evalúa en la sección transversal del raíl.
- 35 - Las  $K_i$  ( $K1, K2, K3, K4$ ) se obtienen previamente por calibración, es decir, se calculan

con un espécimen al que se le introduce una fuerza vertical conocida a una distancia conocida "X" del eje vertical y una fuerza lateral conocida.

- Una vez obtenidos las  $K_i$  ya tenemos un sistema con tres ecuaciones y tres incógnitas (Q: fuerza vertical, Y: fuerza lateral, X: distancia al eje vertical)

5

Estos cálculos se realizan en unos medios de procesado del tipo software que, una vez tiene resueltas todas estas incógnitas, permite visualizar y/o enviar, además de los resultados obtenidos por los medios de procesado, al menos, uno o más cálculos relacionados, que necesitan de los resultados obtenidos de las fuerzas vertical y lateral, como son:

10

- Pesaje de los trenes circulantes a cualquier velocidad de paso (por rueda y por eje);
- Medición de los defectos en las ruedas de los vehículos ferroviarios;
- *Medición de la velocidad de paso de los trenes circulantes*
- *Cálculo del ángulo de ataque*
- *Cálculo del criterio de Nadal (coeficiente de descarrilamiento)*

15

Para la ejecución del método indicado disponemos de un sistema de dispositivos formado por cuatro sensores extensométricos con conexión individual a los medios de registro (canal de medida individual), donde dicha conexión puede ser física o inalámbrica, y disponiendo de unos medios de procesado y visualización de los resultados por el usuario, y/o de envío remoto de dichos resultados para poder ser revisados en cualquier lugar que se tenga acceso a la red que utilicen los medios de procesado, visualización y/o envío.

20

De este modo, disponemos de un método de medición, el cual, a través de una manera más simplificada de instalación que los conocidos, se tiene menor coste en instalación de sensores necesarios, al ser el número necesario de ellos para medir directamente minimizados, los cuales no tienen que ser conectados entre ellos, con lo que no se hace necesario el taladrado del raíl, y por tanto teniendo mucho menor coste de montaje. Además, permite medir directamente la fuerza lateral, y sobre el alma del raíl, cosa que permite obtener un valor con mayor precisión, y por tanto permite obtener cálculos asociados que no se podían obtener con tanta precisión y con un coste tan reducido en los métodos conocidos

25

30

### **Breve descripción de las figuras**

35

Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los que,

esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización.

5 La figura 1 es una vista seccionada transversalmente del raíl en la posición de los sensores extensométricos.

La figura 2 es una vista en alzado lateral del raíl con los sensores extensométricos instalados.

10 La figura 3 es una vista esquemática del raíl con las fuerzas ejercidas por la rueda del tren sobre él.

La figura 4 es una vista esquemática del sistema completo

#### 15 **Descripción de una realización preferida**

En la presente realización preferida de la invención, se tiene que el método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles se basa en la medición directa de la fuerza lateral (Y) y vertical (Q) ejercida sobre un raíl (11) por el paso de un vehículo (20) sobre él, como se muestra en la Figura 3, para poder determinar parámetros que dependen de dichas mediciones como son:

- Pesaje de los trenes circulantes a cualquier velocidad de paso (por rueda y por eje);
- Medición de los defectos en las ruedas de los vehículos ferroviarios;
- 25 – *Medición de la velocidad de paso de los trenes circulantes*
- *Cálculo del ángulo de ataque*
- *Cálculo del criterio de Nadal (coeficiente de descarrilamiento)*

Las fuerzas que se dan al respecto en dicho paso del vehículo sobre el raíl son:

30

*Q- Fuerza vertical*

*N1- Fuerza Normal*

*T1- Fuerza Tangencial*

*Y1- Fuerza de Rozamiento (reacción a la Tangencial)*

35

*Q2- Componente vertical de la fuerza de contacto rueda-carril*

*Y- Fuerza lateral (componente horizontal de la fuerza de contacto rueda-carril)*

*N2- Fuerza Normal de la fuerza de contacto rueda-carril*

*T2- Fuerza Tangencial de la fuerza de contacto rueda-carril*

5 *NOTA: La resultante de la suma vectorial de N1 y T1 es la opuesta (reacción) de la resultante de la suma vectorial de Q y Y1. Lo mismo con las de subíndice "2".*

El método de medición parte, tal y como se puede observar en las Figuras 1 y 2, de la unión solidaria de cuatro sensores extensométricos (12, 13, 14, 15) al raíl (11). El posicionamiento de los sensores (12, 13, 14, 15) se realiza de manera que en cada lateral del raíl (11), en el alma (16), se disponen dos sensores uno superior (12, 14) y otro inferior (13, 15), estando cada par de sensores (12-13 y 14-15) ubicados en el mismo lateral y dentro del mismo eje vertical (V'). Los sensores (12, 13, 14, 15) a lado y lado del raíl (11) coinciden en el mismo plano transversal estando colocados simétricamente unos de otros. La distancia entre los dos sensores (12-13 y 14-15) de un mismo lado permite tener una mayor precisión en la toma de las medidas que se quieren realizar, con lo que en la presente realización se colocarán los sensores superiores (12, 14) dentro del tramo superior del alma (16) del raíl (11), más concretamente en su tercio superior, y colocándose los sensores inferiores (13, 15) dentro del tramo inferior del alma (16) del raíl, más concretamente en su tercio superior. Alternativamente otras separaciones son posibles entre los sensores de un mismo lado (12-13 y 14-15), afectando a la precisión de la medida y por tanto del cálculo, siendo preferible la máxima distancia entre ellos posible.

La unión solidaria de los sensores (12, 13, 14, 15) al raíl (11) se realiza por medio de la soldadura del sustrato metálico de dichos sensores (12, 13, 14, 15) directamente a dicho raíl (11), utilizando en este caso una soldadura por puntos, aunque otros métodos son posibles. También, y de forma alternativa a la presente realización, la unión solidaria se puede realizar por medio de la utilización de adhesivos entre sensores (12, 13, 14, 15) y raíl (11).

Tal y como se muestra en la Figura 4, cada uno de los sensores (12, 13, 14, 15) se conectan de forma individual a un equipo de registro (17) que registra las señales de los sensores al pasar el vehículo (20) por encima del raíl (11). Con esta configuración, se tiene que para cada sensor (12, 13, 14, 15) hay un canal individual de medición, sin que exista una fuerza concreta que midan, si no que se obtienen las señales de elongación de cada uno (12, 13, 14, 15). De esta manera, y según la configuración mostrada en la figura 1, estamos midiendo, además del valor de la elongación provocada en los sensores (12, 13, 14, 15) por

la propia fuerza vertical (Q), el valor de la elongación de los sensores (12, 13, 14, 15) provocado por el descentramiento de la fuerza vertical (Q) y por la propia fuerza lateral (Y), lo que permite calcular la diferencia de momentos en la sección (S) que forman los sensores superiores (12-14) respecto del de la sección (I) de los sensores inferiores (13-15), que es lo que en definitiva se calcula en el sistema de ecuaciones descrito en la presente invención. El momento que provoca en los sensores el descentramiento de la fuerza vertical (Q), es el mismo en ambas secciones, pero el momento que provoca la fuerza lateral ( $\frac{Y}{2}$  Y) es diferente en ambas secciones, por lo que esa diferencia nos permite calcular la fuerza lateral (Y) producida por el tren, sin interferencia del descentramiento de la fuerza vertical (Q). Por este motivo, al medir en este método esta diferencia entre momentos de las dos secciones indicadas (S, I), cuanto mayor sea la separación entre ellas mayor es la diferencia de momentos y mejor medida será obtenida.

Una vez obtenidos estos valores de medición, registrados en el equipo de registro (17) al que se conectan los sensores (12, 13, 14, 15) mediante cableado, aunque alternativamente medios inalámbricos de comunicación podrían ser utilizados, estos valores se pasan a los medios de procesado (18) que, en la presente realización se forman por un computador con un software de cálculo, donde se tiene establecido un sistema de cálculo con un sistema de ecuaciones:

20

$$\Sigma S = Kq * Q$$

$$S1 - S3 = K1 * \Sigma S * X + K2 * Y$$

$$S2 - S4 = K3 * \Sigma S * X + K4 * Y$$

25 De donde se tienen las constantes:

$$Kq = \Sigma S / Q$$

$$K1 = (S1 - S3) / (\Sigma S * X_{cal}); Y = 0$$

$$K2 = (S1 - S3) / Y; Q = 0$$

$$K3 = (S2 - S4) / (\Sigma S * X_{cal}); Y = 0$$

30

$$K4 = (S2 - S4) / Y; Q = 0$$

Y así, finalmente las soluciones:

$$Q = \Sigma S / Kq$$

$$Y = (K1 * (S2 - S4) + K3 * (S3 - S1)) / (K4 * K1 - K2 * K3)$$

35

Siendo:

$\Sigma S$  - es la suma de los valores de los sensores (12, 13, 14, 15) medido en unidades de deformación (strains).

$Q$  - es la carga vertical que soporta el raíl (11) medida en unidades de fuerza.

5  $Kq$  - es el coeficiente que establece la relación entre la carga  $Q$  y el término suma de los valores de deformación medido por los sensores ( $\Sigma S$ ) (12, 13, 14, 15).

$S1, S2, S3, S4$  - es el valor de deformación medida por los sensores (12, 13, 14, 15).

$Y$  - es la carga lateral que soporta el raíl (11) debido al contacto entre la pestaña de la rueda del vehículo (20) y el propio raíl (11).

10  $X$  - distancia a la que se encuentra la carga vertical  $Q$  medida desde el centro del raíl (11). (Utilizado en el cálculo de  $k1$  y  $k3$ ).

$K1, K2, K3, K4$  - constantes que se obtienen relacionando esfuerzos aplicados, puntos de aplicación y medida de los sensores (12, 13, 14, 15) (obtenidas por calibración)

15 De este modo teniendo la relación suficiente entre datos e incógnitas para poder plantear el anterior sistema de ecuaciones y resolverlo, obteniendo:

- Cada  $S$  que es la lectura de la elongación que tendríamos en cada sensor (12, 13, 14, 15), provocado por el descentramiento de la fuerza vertical ( $Q$ ) y por la propia fuerza lateral ( $Y$ ). Esto se evalúa en la sección transversal ( $S, I$ ) del raíl (11).
  - Las  $K_i$  ( $K1, K2, K3, K4$ ) se obtienen previamente por calibración, es decir, se calculan con un espécimen al que se le introduce una fuerza vertical conocida a una distancia conocida " $X$ " del eje vertical y una fuerza lateral conocida.
  - Una vez obtenidos las  $K_i$  ya tenemos un sistema con tres ecuaciones y tres incógnitas ( $Q$ : fuerza vertical,  $Y$ : fuerza lateral,  $X$ : distancia al eje vertical)
- 20
- 25

Estos medios de procesado (18), una vez tiene resueltas todas estas incógnitas, permite enviar los datos vía red telemática a unos medios de visualización (19) remotos. Además de estos resultados de las fuerzas lateral ( $Y$ ) y vertical ( $Q$ ) obtenidos por los medios de procesado siguiendo el sistema de ecuaciones indicado, y a partir precisamente de ellos, gracias a la precisión con los que el presente método los obtiene, los medios de procesado (18) generan cálculos relacionados, como son:

30

- Pesaje de los trenes circulantes a cualquier velocidad de paso (por rueda y por eje):  
El valor del peso de los trenes circulantes coincide con el valor de fuerza vertical ( $Q$ )
- 35

calculado mediante las ecuaciones anteriormente indicadas

- Medición de los defectos en las ruedas de los vehículos ferroviarios

5 A partir de las señales obtenidas en los cuatro sensores (12, 13, 14, 15), un algoritmo de cálculo recorre dichas señales y determina la existencia de pequeñas distorsiones en la forma de onda de la señal, respecto de la señal que cabría esperar si no existieran defectos en las ruedas. Esto permite detectar la existencia de defectos y la magnitud de los mismos. Para poder cubrir la medición de todo el perímetro de la  
10 rueda, puede ser necesario colocar más conjuntos de sensores cada cierto intervalo de distancia.

- Si el sistema se sitúa en una curva, cálculo del criterio de Nadal (coeficiente de descarrilamiento)

15 El valor del coeficiente de descarrilamiento se calcula dividiendo el valor de la fuerza horizontal (Y) por el valor de la fuerza vertical (Q).

$$\text{Coef. descarrilamiento} = Y/Q$$

Otros parámetros pueden ser calculados, como el de velocidad del vehículo (20) o el del ángulo de entrada, pero sería necesario utilizar otro grupo de sensores.

20

El sistema de medición (10) que ejecuta el método de medición está formado, en la presente realización, por cuatro sensores extensométricos (12, 13, 14, 15) solidarizados en un raíl (11), tal y como se ha concretado en el método, con conexión individual de cada sensor (12, 13, 14, 15) a los medios de registro (17), donde dicha conexión en este caso es mediante  
25 cableado, y disponiendo de unos medios de procesado (18) que envían de manera inalámbrica por redes telemáticas, Internet, los resultados de los cálculos realizados a unos medios de visualización (19) para poder ser revisados en cualquier lugar que se tenga acceso a la red.

30 A pesar de que se ha hecho referencia a una realización concreta de la invención, es evidente para un experto en la materia que el método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles y el sistema de dispositivos que lo ejecuta descrito es susceptible de numerosas variaciones y modificaciones, y que todos los detalles mencionados pueden ser substituidos por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del ámbito de protección definido por las  
35 reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

**1.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de los que instalan sensores extensométricos en el rail para la recogida de valores de las fuerzas ejercidas por un vehículo al paso por dicho raíl, en un equipo de registro y/o procesado para realizar cálculos asociados a dichos valores **caracterizado** en que dicho método mide la fuerza lateral de manera directa, así como la fuerza vertical, partiendo de la colocación de los sensores extensométricos en el alma del carril, de manera que se colocan dos sensores extensométricos en cada uno de los laterales del alma del rail, teniendo así en cada lateral un sensor superior y otro inferior, separados en el mismo eje vertical; donde dichos sensores se solidarizan al raíl en dichas posiciones, procediéndose a la conexión de cada uno de los sensores por separado a unos medios de registro de las señales obtenidas de dichos sensores, teniendo así un canal de medición por cada uno de los cuatro sensores instalados en las ubicaciones indicadas, teniendo que cada sensor lo que mide es la elongación provocada por las fuerzas generadas por el tren en la vía, siendo estas elongaciones distintas para cada fuerza que se produce en la vía; donde una vez obtenidas las mediciones se pasan a realizar los cálculos del sistema de ecuaciones en unos medios de procesado y mostrándose al usuario a través de medios de visualización y/o envío,

**2.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con la reivindicación 1ª, **caracterizado** en que el método mide, además del valor de la elongación provocada en los sensores (12, 13, 14, 15) por la propia fuerza vertical (Q), el valor de la elongación de los sensores (12, 13, 14, 15) provocado por el descentramiento de la fuerza vertical (Q) y por la propia fuerza lateral (Y), lo que permite calcular mediante un sistema de ecuaciones la diferencia de momentos en la sección que forman los sensores superiores respecto del de la sección de los sensores inferiores.

**3.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con la reivindicación 1ª, **caracterizado** en que los dos sensores extensométricos de cada uno de los lados del alma del rail se encuentran instalados dentro del tercio superior y del tercio inferior respectivamente, del tramo vertical del alma del rail.

**4.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con la reivindicación 1ª, **caracterizado** en que los sensores extensométricos se unen al raíl de manera solidaria mediante soldadura del sustrato metálico del sensor al raíl.

**5.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con la reivindicación 1ª, **caracterizado** en que los sensores extensométricos se unen al raíl de manera solidaria mediante capa de adhesivo entre el sensor y el raíl.

5 **6.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con las reivindicaciones 1ª y 2ª, **caracterizado** en que los medios de procesado incluyen utilizar las siguientes fórmulas como cálculo de como mínimo los parámetros correspondientes a Q: fuerza vertical, Y: fuerza lateral, siendo las ecuaciones de cálculo:

10 
$$\Sigma S = Kq * Q$$

$$S1 - S3 = K1 * \Sigma S * X + K2 * Y$$

$$S2 - S4 = K3 * \Sigma S * X + K4 * Y$$

15 **7.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con la reivindicación 6ª, **caracterizado** en que los medios de procesado utilizan:

- para cada S que es la lectura de la elongación que tendríamos en cada sensor, provocado por el descentramiento de la fuerza vertical y por la propia fuerza lateral, evaluándose en la sección transversal del raíl; y
  - para las Ki (K1, K2, K3, K4) se utilizan los valores obtenidos previamente por calibración;
- 20

**8.- MÉTODO DE MEDIDA DE FUERZAS EJERCIDAS SOBRE RAÍLES** de acuerdo con las reivindicaciones 1ª y 6ª, **caracterizado** en que el método de medida permite visualizar y/o enviar, además de los resultados obtenidos por los medios de procesado, al menos, uno o más cálculos relacionados, que necesitan de los resultados obtenidos de las fuerzas vertical y lateral, como son:

25

- Pesaje de los trenes circulantes a cualquier velocidad de paso (por rueda y por eje);
  - Medición de los defectos en las ruedas de los vehículos ferroviarios;
  - *Medición de la velocidad de paso de los trenes circulantes*
  - *Cálculo del ángulo de ataque*
  - *Cálculo del criterio de Nadal (coeficiente de descarrilamiento)*
- 30

**9.- SISTEMA DE DISPOSITIVOS** de los que ejecutan un método como el descrito en las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** en que el sistema de dispositivos formado por cuatro sensores extensométricos con conexión individual a los medios de registro,

35

disponiendo de un canal de medida individual de medición para cada uno de ellos, disponiendo de unos medios de procesado y visualización y/o envío de los resultados.

5 **10.- SISTEMA DE DISPOSITIVOS** de acuerdo con la reivindicación 9ª, **caracterizado** en que la conexión de los sensores con los medios de registro es física mediante cableado,

**11.- SISTEMA DE DISPOSITIVOS** de acuerdo con la reivindicación 9ª, **caracterizado** en que la conexión de los sensores con los medios de registro es inalámbrica,

10 **12.- SISTEMA DE DISPOSITIVOS** de acuerdo con la reivindicación 9ª, **caracterizado** en que los medios de procesado y visualización y/o envío disponen de una conexión remota al usuario.

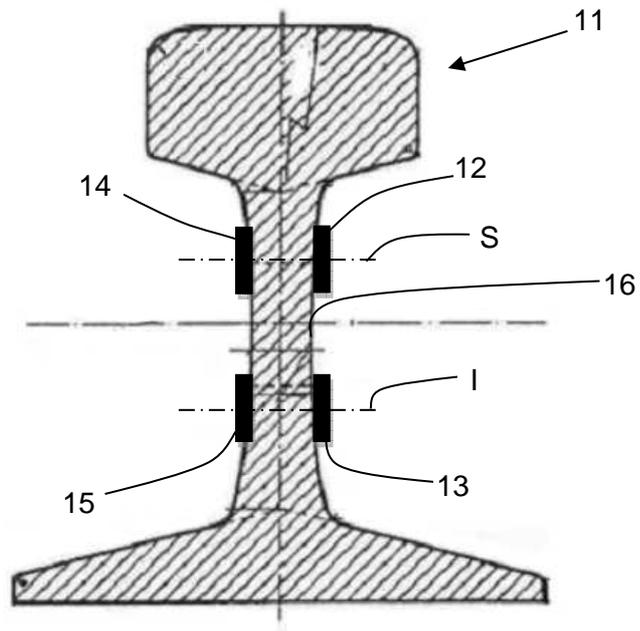


Fig. 1

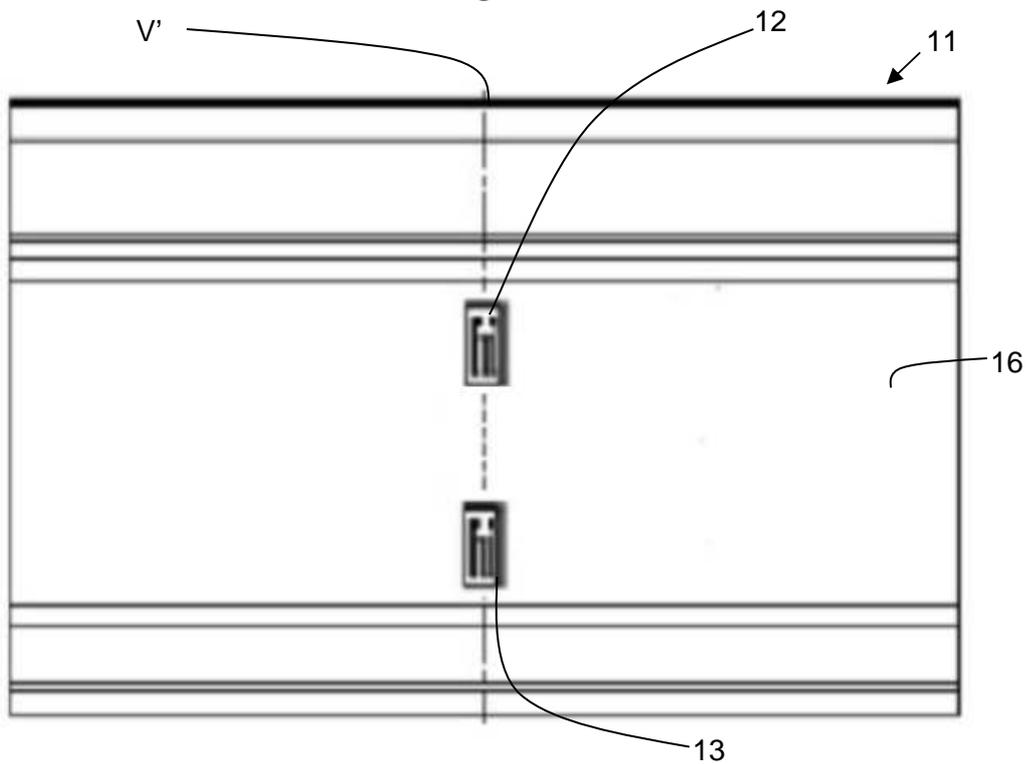


Fig. 2

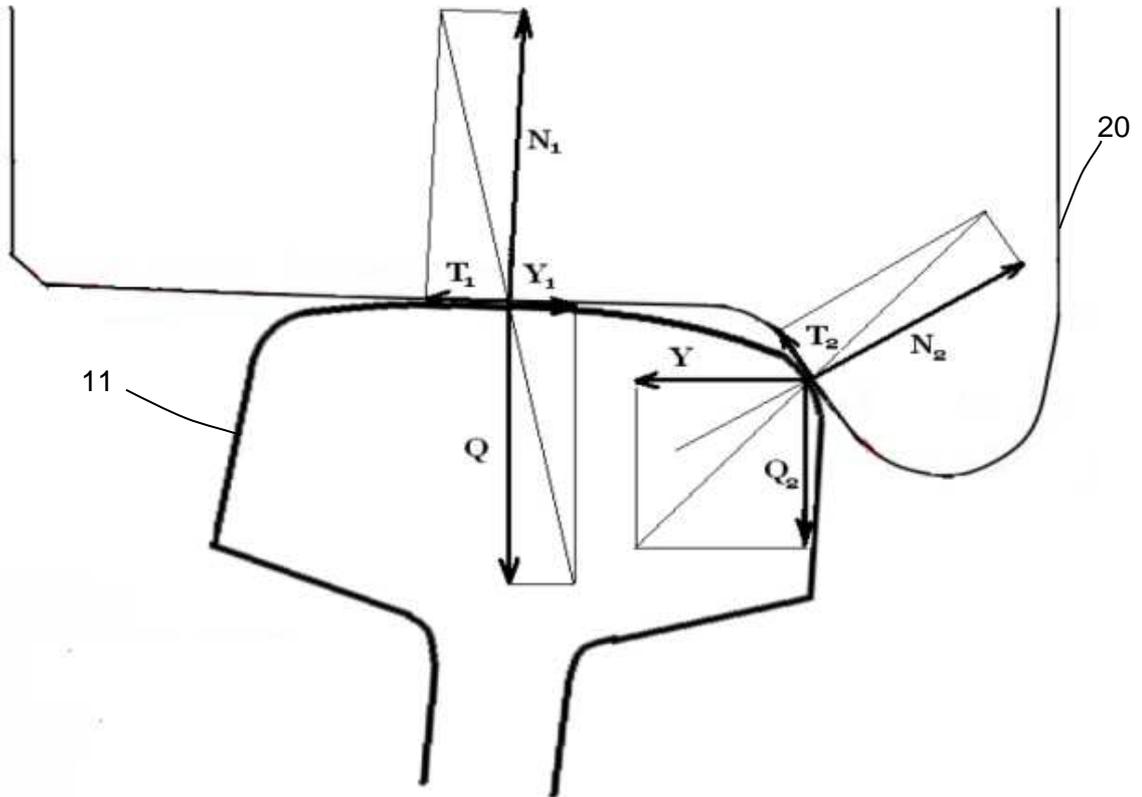


Fig. 3

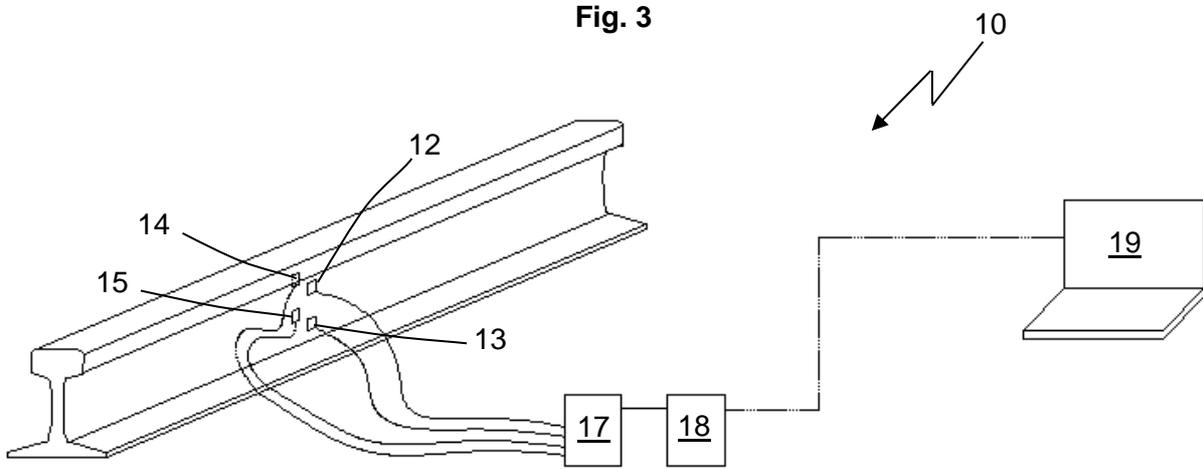


Fig. 4



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 201700470  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 31.03.2017  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01L5/16** (2006.01)  
**B61K9/08** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	Cortis D et al. ESTIMATION OF THE WHEEL-RAIL LATERAL CONTACT FORCE THROUGH THE ANALYSIS OF THE RAIL WEB BENDING STRAINS. MEASUREMENT, 20161208 INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL. LONDON, GB. 08/12/2016, Vol. 99, Páginas 23 - 35 [en línea][recuperado el 25/06/2018]. ISSN ISSN 0263-2241, <DOI: doi:10.1016/j.measurement.2016.12.015>	1-12
A	ES 2352774 A1 (PRODUCT & PROCESS DEV S L) 23/02/2011, Todo el documento.	1-12

#### 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  
29.06.2018

Examinador  
M. d. López Sábater

Página  
1/4

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

G01L, B61K

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

INVENES, EPODOC, IEEE, Elsevier, Internet, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.06.2018

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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 se publica.

**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	Cortis D et al.. ESTIMATION OF THE WHEEL-RAIL LATERAL CONTACT FORCE THROUGH THE ANALYSIS OF THE RAIL WEB BENDING STRAINS. MEASUREMENT, 20161208 INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL. LONDON, GB. Vol. 99, Páginas 23 - 35 [en línea][recuperado el 25/06/2018]. ISSN 0263-2241, <DOI: doi:10.1016/j.measurement.2016.12.015>	08.12.2016

**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**

## Reivindicación 1:

El documento de la técnica anterior considerado más cercano a esta primera reivindicación es D01, puesto que también divulga un método de medida de fuerzas ejercidas sobre raíles de los que instalan sensores extensométricos en el rail para la recogida de valores de las fuerzas ejercidas por un vehículo al paso por dicho rail, en un equipo de registro y/o procesado para realizar cálculos asociados a dichos valores. En dicho método se mide la fuerza lateral de manera directa, así como la fuerza vertical, partiendo de la colocación de los sensores extensométricos en el alma del carril, de manera que se colocan dos sensores extensométricos en cada uno de los laterales del alma del rail, teniendo así en cada lateral un sensor superior y otro inferior, separados en el mismo eje vertical. Dichos sensores se solidarizan al raíl en dichas posiciones, procediéndose a la conexión de los mismos a unos medios de registro de las señales obtenidas de dichos sensores.

Sin embargo, a diferencia del método que se desea proteger en esta primera reivindicación independiente, no todos se conectan de manera independiente de los demás sensores. En concreto, a fin de obtener los parámetros que se desea calcular, los sensores 1 y 2 se conectan al equipo de registro de manera que los datos procesados por este dependerán de las señales de ambos sensores. A consecuencia de esta diferencia, los medios para obtener las fuerzas y los pares de fuerza que sufre el raíl necesitan procesar los datos de entrada de manera diferente.

En general, no se ha encontrado ningún documento del estado de la técnica anterior que cuente con los medios para hallar las condiciones de trabajo del raíl a partir de los datos proporcionados por cuatro sensores independientes. Por lo tanto, se considera que esta reivindicación es nueva y tiene actividad inventiva.

## Reivindicaciones 2 a 8:

Estas reivindicaciones también son nuevas y tienen actividad inventiva por ser dependientes de la primera, que es nueva e inventiva.

## Reivindicación 9:

Esta reivindicación independiente también es nueva e inventiva, puesto que no se ha encontrado en el estado de la técnica anterior ningún sistema en el que cuatro sensores extensométricos tengan conexión independiente con los medios de procesado.

## Reivindicaciones 10 a 12:

Como sucede con las reivindicaciones 2 a 8, estas reivindicaciones son nuevas y tienen actividad inventiva por ser dependientes de la número 9, que es nueva e inventiva.