

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 353**

51 Int. Cl.:

B61L 23/04 (2006.01)

B61K 9/08 (2006.01)

B61L 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2019 PCT/IB2019/057378**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2020 WO20053699**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2019 E 19779592 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2022 EP 3849871**

54 Título: **Dispositivo para detectar defectos en un equipo ferroviario**

30 Prioridad:

10.09.2018 IT 201800008445

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

28.11.2022

73 Titular/es:

**MER MEC S.P.A. (100.0%)
Via Oberdan 70
70043 Monopoli, IT**

72 Inventor/es:

PERTOSA, VITO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 929 353 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

Dispositivo para detectar defectos en un equipo ferroviario

El objeto de la presente invención es un dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario.

Estado de la técnica

- 5 Como es sabido, el equipo ferroviario comprende vías, cualquier tipo de cambio de vía, balasto y todo lo necesario para montar, fijar y ajustar la vía por la que pasan los trenes. También es conocido que los defectos del equipo ferroviario representan un peligro para los trenes en circulación, ya que pueden provocar inestabilidad de la marcha y descarrilamiento en los peores casos.
- 10 La gravedad de un defecto está ligada a la capacidad de dicho defecto de provocar en el vehículo aceleraciones verticales y transversales anómalas que pueden conducir al descarrilamiento del vehículo.
- Los defectos que pueden transmitir aceleraciones anómalas a un vehículo ferroviario son, por ejemplo, defectos geométricos de la vía detectados para parámetros como torsión, alineación, nivelación longitudinal de la vía.
- 15 Otros defectos son grietas en las traviesas, anomalías en las herramientas de acoplamiento, anomalías en las uniones (incluidas las aisladas y encoladas), piedra triturada insuficiente para el balasto, ausencia o aflojamiento de tornillos de traviesas para las traviesas y de pernos de vías para las uniones.
- Por lo tanto, es particularmente importante detectar defectos y evaluar su gravedad, es decir, la probabilidad de que provoquen un descarrilamiento.
- 20 Para detectar defectos en el equipo ferroviario se han realizado y se conocen en el estado de la técnica una pluralidad de sistemas de medida y control que, montados en vehículos ferroviarios, permiten detectar los defectos en el equipo ferroviario que se acaban de describir.
- Además, las causas de los defectos que se acaban de describir pueden ser diversas y, por tanto, no basta con individualizar un defecto para individualizar unívocamente su causa. A modo de ejemplo, los defectos geométricos pueden ser provocados por: deformación permanente del balasto, deformación permanente de uniones aisladas, rotura de traviesas, deterioro o ausencia de herramientas de acoplamiento entre carril y traviesa.
- 25 Es evidente que es posible planificar una correcta operación de mantenimiento solo conociendo la causa del defecto. Por tanto, otro problema, estrictamente ligado a la detección de defectos y a la evaluación de su gravedad, es la individualización de sus causas, de forma que puedan ser eliminadas mediante operaciones de mantenimiento adecuadas y se evite que vuelvan a aparecer.
- 30 Como todos los sistemas de medida, también los sistemas de diagnóstico ferroviario sufren errores y por tanto falsos positivos, lo que significa que se detecta un defecto grave cuando en cambio no existe, o no es tan grave. Cabe precisar que, según lo conocido en el estado de la técnica, el índice de gravedad del defecto se evalúa en función de la comparación entre los valores de los parámetros críticos monitorizados por los sistemas de diagnóstico y los umbrales críticos relativos que pueden definir uno o más índices de gravedad.
- 35 Sin embargo, este enfoque conceptualmente simple tiene algunos límites. En primer lugar, la comparación de un valor del parámetro con un valor umbral no permite considerar el efecto sinérgico de una pluralidad de defectos, también de diferente tipo, localizados unos cerca de otros: incluso si la presencia de un único defecto caracterizado por un parámetro, cuyo valor está por debajo del umbral relativo, garantiza la seguridad de circulación del vehículo, la concomitancia de más defectos cercanos puede incrementar peligrosamente el índice de gravedad total para los trenes en circulación, incluso si el índice de gravedad de los defectos individuales se mantiene por debajo del valor umbral.
- 40 En algunos casos, esta consideración lleva a utilizar en los sistemas conocidos en el estado de la técnica valores umbral muy preventivos, mientras que en otros casos el efecto sinérgico de más defectos simplemente no se considera, creando así una condición de peligro para la circulación del tren.
- Por tanto, el porcentaje de falsos positivos con respecto a defectos reales es a menudo elevado y económicamente inaceptable, ya que obliga a los operadores a seguir trabajando para verificar o no los defectos detectados.
- 45 Además, es precisamente por este enfoque que tiene como objetivo la individualización del defecto individual por lo que los sistemas de diagnóstico conocidos en el estado de la técnica están limitados a la detección y medida de defectos, sin determinar automáticamente su causa.
- Un primer ejemplo de dispositivo conocido en el estado de la técnica se describe en el documento DE19801311, donde se describe un vehículo de mantenimiento de la vía férrea que comprende una pluralidad de módulos de diagnóstico dispuestos en diferentes partes del vehículo, en los que se analizan diversas características del equipo ferroviario para evaluar su influencia sobre un defecto del equipo ferroviario. El documento DE19801311 sugiere comparar cada variable medida con un respectivo umbral predeterminado. Además, se recomienda normalizar la posición de cada
- 50

adquisición de parámetros realizada por cada herramienta de diagnóstico con respecto al centro del vehículo, de forma que se puedan realizar informes de mantenimiento por kilómetro.

5 En el sistema descrito en el documento DE19801311 la provisión de muchos sensores permite determinar una relación causa-efecto entre diferentes defectos cercanos: por ejemplo, un defecto en el cable aéreo puede ser generado por un defecto geométrico de la vía que genera una actitud anómala del vehículo, y por lo tanto, del pantógrafo que entonces desgasta el cable aéreo de forma anómala. Por tanto, el documento DE19801311 sugiere investigar la relación causa-efecto entre diferentes tipos de defectos, para ayudar al operador de mantenimiento a realizar la operación de mantenimiento correcta.

10 En cambio, en el documento DE19801311 no se hace referencia al efecto sinérgico que muchos defectos cercanos, también moderados si se consideran individualmente, pueden ejercer sobre la seguridad de la circulación. De hecho, el umbral con el que se debe comparar cada defecto está predeterminado y no depende de la presencia o ausencia de otros defectos cercanos de ningún tipo.

15 Otro ejemplo se describe en el documento US2007/217670, donde se describe un vehículo ferroviario provisto de un sistema de adquisición de vídeo configurado para grabar la vía cuando pasa el tren y que está provisto de un software de procesamiento de imágenes configurado para detectar las irregularidades y comparar cada irregularidad con los defectos predefinidos en la biblioteca de referencia de defectos. Si la irregularidad es igual a o supera un umbral de seguridad, a la imagen se le asigna un código del tipo de defecto. La imagen de la irregularidad se transmite a continuación para ser analizada por un experto en vías.

20 También en este caso, independientemente de que se proporcionen o no muchos dispositivos de adquisición a bordo del vehículo, no hay indicios del hecho de que los datos derivados de las diversas adquisiciones se utilicen para eliminar los falsos positivos derivados de cada adquisición o para evaluar la gravedad de cada defecto en su contexto (es decir, más o menos cerca de otros defectos).

25 Además, se describe otro ejemplo en el documento EP3333043, en el que se describe un método de detección en el que a cada defecto se le asocia un índice de gravedad calculado asignando pesos a las diferentes características de un mismo defecto: por ejemplo, longitud del defecto, posición en cabeza y cuerpo del carril, frecuencia de tránsito en ese punto. Por tanto, también en este caso, el índice de gravedad no calcula el efecto sinérgico sobre la la dinámica del vehículo de muchos defectos cercanos.

Problema técnico

30 Como se puede observar, en todas las realizaciones citadas, los vehículos ferroviarios están provistos de una pluralidad de herramientas de diagnóstico, pero la gravedad de cada defecto se evalúa individualmente, comparándolo con un umbral de seguridad. A lo sumo, se investiga la relación causa-efecto entre muchos defectos ocurridos en el mismo punto.

35 Sin embargo, este enfoque tiene una serie de límites: en primer lugar, si el umbral de seguridad, que se fija para cada defecto, es muy alto, se pueden ignorar defectos potencialmente peligrosos, mientras que si para obviar este problema se baja el umbral de seguridad, se pueden detectar "falsos positivos", es decir, anomalías tomadas por defectos; en segundo lugar, el mismo hecho de fijar un umbral de seguridad predeterminado con el que comparar los parámetros adquiridos para cada defecto conduce a la imposibilidad de evaluar, a la hora de decidir la gravedad del defecto, su posición con respecto a los demás defectos (sean o no del mismo tipo).

40 Por tanto, queda sin resolver el problema de proporcionar un dispositivo que pueda montarse en vehículos ferroviarios y un método para analizar los datos detectados por dicho dispositivo, que permitan detectar los defectos del equipo, superando así las realizaciones conocidas en el estado de la técnica.

45 En particular, queda sin resolver el problema de proporcionar un método de análisis de los datos detectados por una pluralidad de dispositivos de diagnóstico del equipo ferroviario, montados a bordo del vehículo, que utilice los datos adquiridos para evitar la detección de falsos positivos, así como para evaluar el efecto sinérgico sobre la seguridad de la circulación debido a defectos consecutivos.

Objetivo de la invención

50 El objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo que pueda montarse en vehículos ferroviarios configurado de manera que sea posible detectar al mismo tiempo y automáticamente una pluralidad de diferentes tipos de posibles defectos del equipo ferroviario y su índice de gravedad, y que analice los datos medidos por medio de dicho dispositivo que permite obtener evaluaciones de la gravedad de los defectos más precisas que las posibles utilizando los sistemas conocidos en el estado de la técnica.

De acuerdo con otro objetivo, el objeto de la presente invención proporciona un dispositivo que permite tanto reducir la cantidad de falsos positivos detectados como considerar el efecto sinérgico de defectos moderados.

Además, otro objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo para analizar datos que permita asociar

a los defectos detectados la causa de los mismos y planificar en consecuencia la operación de mantenimiento correcta.

Breve descripción de la invención

La invención logra los objetivos prefijados con un dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1.

5 Descripción detallada de la invención

De acuerdo con una realización preferida, el sistema de acuerdo con la presente invención comprende al menos tres módulos de diagnóstico montados en un vehículo ferroviario genérico:

- 10 - un primer módulo, denominado módulo geométrico, dedicado a medir parámetros geométricos de la vía (ancho de vía, peralte, alineación, nivelación longitudinal, torsión de la vía o cualquier otro parámetro derivado de medidas geométricas sobre la vía);
- un segundo módulo, denominado módulo de aceleración, dedicado a medir las aceleraciones laterales y verticales transmitidas desde la vía al vehículo de medición;
- 15 - un tercer módulo, denominado módulo visual, configurado para adquirir imágenes de los elementos de la vía y analizarlas automáticamente para detectar defectos visuales, por ejemplo ausencia o anomalías de acoplamientos, anomalías en las uniones, cantidad insuficiente de piedras trituradas, ausencia o aflojamiento de tornillos de traviesas para las traviesas y de pernos de vías para las uniones.

Los tres módulos están configurados para asociar a cada detección de un posible defecto realizada cuando pasa el vehículo ferroviario, sobre el que están montados, la posición en la que se realizó dicha detección. Esta asociación se puede realizar por medio de una señal GPS y/o un odómetro.

- 20 Los tres módulos también están configurados para calcular, para cada detección, un índice representativo de la desviación de la detección con respecto a la condición estándar sin defectos, también llamado en adelante índice de gravedad (h_i).

Un método de diagnóstico para detectar defectos en equipo ferroviario que se puede aplicar con el dispositivo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes pasos de:

- 25 a) medir parámetros geométricos, acelerométricos y visuales al mismo tiempo, por medio de los tres módulos de diagnóstico que se acaban de describir;
- b) evaluación del índice de gravedad calculado para todas las detecciones, con el fin de detectar defectos potenciales, asociando a cada defecto potencial la posición en la que fue detectado;
- c) comparación de dicho índice de gravedad con al menos un umbral crítico predeterminado para el tipo de defecto.

- 30 El método comprende además:

e) otro análisis para

- (i) verificar el defecto detectado, excluyendo así que se trate de un falso positivo;
- (ii) determinar la causa del defecto;
- 35 (iii) verificar si un defecto, incluso si el índice de gravedad es inferior al umbral del paso d), se debe considerar peligroso por estar cerca de otros defectos.

En función de los resultados del análisis del punto e), por lo tanto, es posible determinar el tipo de mantenimiento a realizar para restablecer las condiciones normales del equipo de una manera más eficiente y exacta con respecto a los sistemas conocidos.

Ejemplos de aplicación

- 40 A continuación, se dan a conocer algunos ejemplos de aplicación del método recién descrito en aras de la claridad.

Un deterioro parcial de una unión aislada determina una deformación permanente localizada del carril bajo carga, lo que provoca una aceleración anómala del vehículo. En esta condición, el módulo geométrico detecta un defecto de nivel (separación entre la altura del carril y el plano de rodadura circundante), mientras que el módulo de aceleración detecta una aceleración vertical anómala en los ejes del vehículo. El módulo visual, en la misma sección de medida, reconoce la presencia de una unión y detecta allí una fractura que redujo su rigidez estructural.

- 45 La concomitancia de estas tres detecciones (geométrica, acelerométrica, visual) permite verificar el defecto, excluyendo así que se trate de un falso positivo.

Esta redundancia, es decir, la presencia de sistemas que miden muchos aspectos físicos, permite una verificación cruzada de la detección de defectos que reduce la probabilidad de error, permitiendo de este modo una evaluación global de la condición de riesgo, una reducción de falsos positivos, y la determinación de la causa que determina el defecto.

5 En base a la información proporcionada por el sistema, desde el punto de vista del operador de mantenimiento, es evidente que la unión debe ser reparada o cambiada, y la correcta operación de mantenimiento permite planificar la operación de mantenimiento de una manera más eficiente y económica, evitando así el empeoramiento de la condición detectada. De hecho, una deformación permanente anómala de la unión conduce a la transmisión de altas aceleraciones del vehículo a la vía; dichas aceleraciones provocan la deformación permanente del balasto, lo que aumenta aún más la flexión de la unión.

10 Si el sistema detecta también en la misma sección de medida ausencia de piedra triturada, el operario de mantenimiento sabrá con antelación, es decir, antes de acudir físicamente al lugar, que además de la sustitución de la unión, también se debe restituir el perfil original del balasto.

15 El análisis adicional, que puede llevarse a cabo con el sistema de acuerdo con la invención, provisto de la información sobre presencia, tipo, gravedad y posición de los defectos, es la definición de un índice que, además de la gravedad de los defectos individuales, considera también su posición mutua.

Se debe indicar con:

- d_1, d_2, \dots, d_n un número n de defectos consecutivos, cada uno de ellos de tipo diferente, detectados por el vehículo ferroviario en circulación;

- $x_{12}, x_{13}, x_{14}, \dots$, la distancia entre un defecto y los siguientes en el sentido de circulación;

20 - h_1, h_2, \dots, h_n el índice de gravedad de cada defecto considerado de forma aislada.

Se debe especificar que el parámetro "d" contiene una codificación del tipo de defecto.

El método proporciona, para realizar un análisis de la acción sinérgica de muchos defectos aislados, el cálculo de un índice de gravedad global h_t de los defectos detectados, en función del tipo y gravedad de cada defecto, así como de su distancia relativa con respecto a los otros defectos.

25
$$h_t = F(d_i, h_i, x_{ij}) \quad (1)$$

De acuerdo con una primera realización, la función F es una combinación lineal o no lineal de los parámetros; de acuerdo con otra realización, la función F es un logaritmo difuso o cualquier otra función matemática que permita combinar de manera eficiente el efecto sinérgico de los defectos.

30 A modo de ejemplo, suponiendo que se detectó un defecto d_1 con índice de gravedad h_1 , y suponiendo también que se detectó un segundo defecto d_2 con índice de gravedad h_2 a distancia x_{12} del primer defecto, una posible función matemática que calcula el índice de gravedad total de los dos defectos agregados es la siguiente:

$$h_t = h_1 + \left(e^{-\frac{x_{12}}{a_{12}}} \right) \cdot h_2 \quad (2)$$

35 El término entre paréntesis es una función exponencial decreciente que pondera la contribución del defecto d_2 agregado al defecto d_1 . Si los dos defectos están presentes en la misma sección de vía, la distancia entre ellos x_{12} es igual a cero, y por tanto el término entre paréntesis es igual a 1. Por lo tanto, el efecto del defecto d_2 agregado al defecto d_1 se considera de manera completa en el cálculo del índice de gravedad combinado h_t . Mientras la distancia entre defectos aumenta, la exponencial se reduce a cero tanto más rápido cuanto menor es el coeficiente de amplificación a_{12} . Este coeficiente cuantifica el efecto sinérgico de la distancia entre dos defectos agregados; por tanto, será mayor cuando el efecto sinérgico del segundo defecto desaparezca rápidamente con la distancia.

40 A modo de ejemplo meramente indicativo y no limitativo, se describe a continuación el método. Supongamos que para evaluar el índice de gravedad (h_1) de un defecto según una escala del 1 al 5, en la que:

- el valor 1 del índice corresponde a un defecto moderado que no requiere ninguna acción específica más que monitorizar su evolución en el tiempo;

- el valor 2 corresponde a la necesidad de una operación de mantenimiento en tres meses;

45 - el valor 3 corresponde a la necesidad de una operación de mantenimiento en una semana;

- el valor 4 corresponde a la necesidad de una operación de mantenimiento en un día;

- el valor 5 corresponde a un defecto muy grave que requiere la suspensión de la circulación de trenes y la inmediata eliminación del defecto.

5 Se ha de considerar ahora la medición del ancho de vía, cuyo valor nominal es de 1435 mm. Según la lógica recién descrita, cuando el sistema mide en un determinado punto de la vía un valor de ancho de vía igual a 1440 mm genera un defecto con índice de gravedad igual a $h_1 = 1$, ya que una desviación de 5 mm no se considera grave con respecto a la medida nominal. Para explicar mejor la lógica, si en el mismo punto se mide un valor de ancho de vía igual a 1465 mm, al mismo defecto se le asignaría un valor igual a 4 del índice de gravedad, lo que requeriría una operación de mantenimiento en 24 horas.

Supongamos ahora que a una distancia $x_{12} = 0,5$ m con respecto al punto en el que se generó el defecto con índice de gravedad igual a 1, el sistema visual detecta la ausencia de ambos pernos en los acoplamientos interior y exterior del carril derecho.

10 A este segundo defecto, tomado individualmente, se le asigna un índice de gravedad $h_2=2$, lo que significa una operación de mantenimiento en tres meses.

15 Sin embargo, la estrecha distancia entre los dos defectos permite prever un posible aumento de ancho de vía en poco tiempo, debido a la ausencia de dos pernos en el carril derecho, pero esta evolución del defecto, aunque técnicamente previsible, no es señalada por los sistemas de detección conocidos en el estado de la técnica, que consideran los defectos individualmente. Por tanto, en caso de utilizar alguno de los sistemas conocidos en el estado de la técnica, las operaciones de mantenimiento se realizarían en tres meses, permitiendo así que el defecto de ancho de vía evolucione hacia una condición de mayor riesgo para la circulación.

20 En cambio, el sistema de acuerdo con la presente invención, al proporcionar el cálculo del índice de gravedad total según lo explicado anteriormente, incluso en presencia de defectos, que no se consideran graves individualmente, indica la necesidad de una operación de mantenimiento más inminente.

De hecho, suponiendo una relación de amplificación $a_{12}=2$ para la presencia combinada de un tipo de defecto $d_1 =$ defecto de ancho de vía y un tipo de defecto $d_2 =$ ausencia de acoplamientos, el cálculo del índice de gravedad total se obtendría con la fórmula (2) ya indicada, la cual, en este caso, daría el siguiente valor:

$$h_t = h_1 + \left(e^{-\frac{x_{12}}{a_{12}}} \right) \cdot h_2 = 1 + \left(e^{-\frac{0,5}{2}} \right) \cdot 2 = 2,56 \rightarrow 3$$

25 El valor calculado h_t , ya que es mayor que 2,5, se redondea a 3, y por tanto, de acuerdo con la escala de gravedad que se acaba de describir, se determina la necesidad de una operación de mantenimiento en una semana.

Por tanto, se observa cómo la presencia de dos defectos cercanos que, tomados individualmente, indicarían la necesidad de una operación de mantenimiento en tres meses, es detectada por el sistema de acuerdo con la presente invención como un defecto que requiere una operación de mantenimiento en una semana.

30 En el caso del ejemplo recién explicado, esto reduce drásticamente la evolución del defecto de ancho de vía. Sin embargo, es evidente que lo que se acaba de describir es solo un ejemplo del método, y que se pueden asignar diferentes valores numéricos a los factores de amplificación o a los índices de gravedad, sin salirse del alcance de la invención que está definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario, que comprende:

- al menos tres módulos de diagnóstico montados en un vehículo ferroviario genérico, de los cuales:
 - un primer módulo, denominado módulo geométrico, está configurado para medir al menos una característica geométrica de la vía férrea;
 - un segundo módulo, denominado módulo de aceleración, está configurado para medir en al menos un punto de dicho vehículo las aceleraciones laterales y/o verticales transmitidas desde la vía férrea a dicho vehículo;
 - un tercer módulo, denominado módulo visual, está configurado para adquirir imágenes de elementos de la vía férrea y analizarlos para verificar la presencia de anomalías;
- medios para detectar la posición del vehículo ferroviario;
- medios electrónicos configurados para adquirir datos detectados por dichos módulos de diagnóstico y para calcular, para cada detección realizada por cada módulo, un índice de gravedad representativo de la desviación de la detección con respecto a la condición estándar de la vía férrea sin defectos,

caracterizado por que dichos medios electrónicos están configurados para:

- a) calcular para cada detección de cada módulo un índice de gravedad inicial (h_1) indicativo de la amplitud de la desviación de la detección con respecto a la condición estándar sin defectos;
- b) asociar a cada índice de gravedad inicial (h_1) un parámetro (d_1) indicativo del tipo de defecto potencial;
- c) asociar cada índice de gravedad inicial (h_1) y respectivo parámetro (d_1) indicativo del tipo de defecto potencial con su posición de adquisición (x_i), definiendo así un defecto potencial que tiene las características de: una posición (x_i), un parámetro de tipo (d_i) y un índice de gravedad inicial (h_1);
- d) calcular para cada defecto potencial definido en el punto c) un índice de gravedad global (h_t), en función de dicho parámetro (d_i) indicativo del tipo, de dicho índice de gravedad inicial (h_1), y de las distancias relativas (x_{ij}) con respecto a otros defectos potenciales detectados, de sus parámetros de tipo y de su índice de gravedad inicial;
- e) comparar dicho índice de gravedad global (h_t) con un umbral crítico para determinar si dicho defecto potencial necesita o no una operación de mantenimiento.

2. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicho índice de gravedad global (h_t) viene dado por la suma de:

- dicho índice de gravedad inicial (h_i) y de
- una contribución relativa a cada defecto potencial detectado en un área predefinida cercana a dicha posición (x_i) de dicho defecto para el cual se calcula el índice de gravedad global (h_t).

3. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que dicha contribución relativa a cada defecto potencial (h_j) detectado en un área predefinida cercana a dicha posición de detección (x_i) de dicho defecto para el que se calcula el índice de gravedad global (h_t) viene dada por el producto del índice de gravedad (h_j) de dicho defecto potencial multiplicado por un término que es función de la distancia relativa entre dichos dos defectos (x_{ij}) y de dichos parámetros de tipo de los dos defectos (d_i, d_j).

4. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que dicho término función de la distancia relativa entre dichos dos defectos (x_{ij}) y de dichos parámetros de tipo de los dos defectos (d_i, d_j) se calcula como exponencial negativa de la relación entre la distancia de los dos defectos (x_{ij}) y un coeficiente de amplificación (a_{ij}), función de dichos parámetros de tipo de los dos defectos.

5. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho umbral crítico depende de dicho parámetro de tipo.

6. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que la anchura de dicha área predefinida es de 1 km.

7. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos parámetros geométricos comprenden al menos un parámetro seleccionado de entre: ancho de vía, peralte, alineación, nivelación longitudinal, torsión de la vía o cualquier otro parámetro derivado de medidas geométricas sobre el carril.

8. Dispositivo para detectar defectos en equipo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que dichas

anomalías visuales detectadas por medio de dicho módulo visual comprenden al menos una anomalía seleccionada de entre: ausencia o anomalía de acoplamientos, anomalía de uniones, cantidad insuficiente de piedra triturada, ausencia o aflojamiento de tornillos de traviesa para las traviesas y de pernos de unión para las uniones, presencia de fracturas en traviesas y carriles o cualquier otra anomalía morfológica de los elementos que constituyen el equipo.

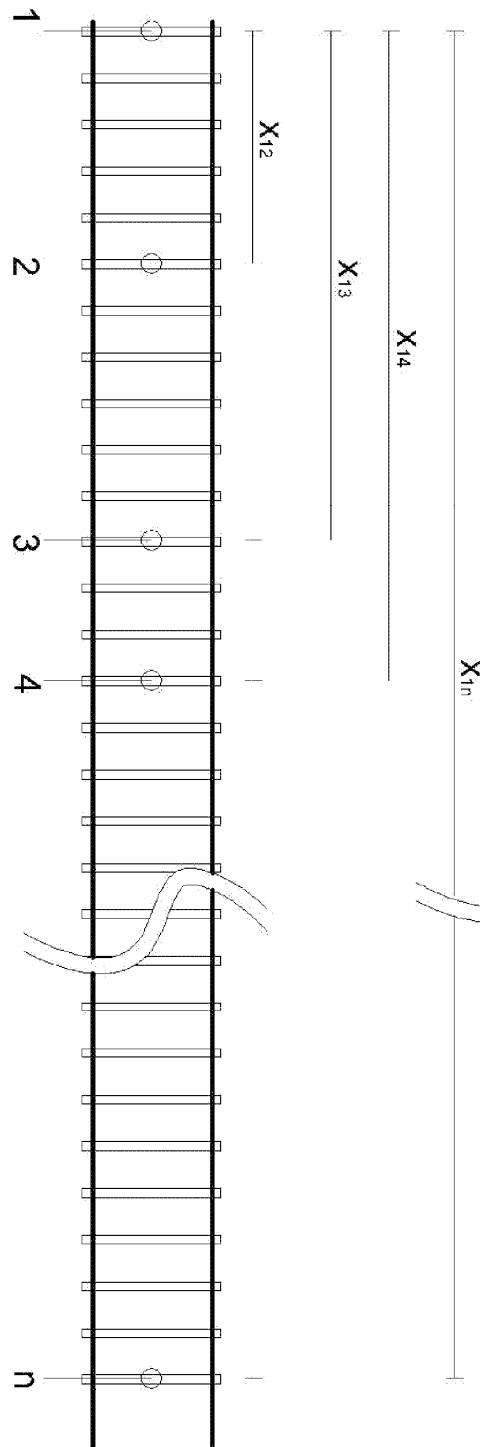


Fig. 1