

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 003**

51 Int. Cl.:

G01N 3/48 (2006.01)

G01N 33/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2015** **E 15185099 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** **EP 2995926**

54 Título: **Procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea y conjunto de caracterización del asiento de una vía férrea que comprende un dispositivo para visualizar el interior de un suelo**

30 Prioridad:

15.09.2014 FR 1458644

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

06.08.2019

73 Titular/es:

**SOL SOLUTION (100.0%)
ZA des Portes de Riom Nord, 23 avenue Georges
Gerswin
63200 Riom, FR**

72 Inventor/es:

**GOURVES, ROLAND y
HADDANI, YOUNES**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 722 003 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

Procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea y conjunto de caracterización del asiento de una vía férrea que comprende un dispositivo para visualizar el interior de un suelo

5

[0001] La invención se refiere a un procedimiento de caracterización de capas de asiento de una vía férrea por acoplamiento de un ensayo penetrométrico y geoendoscópico.

[0002] La invención tiene por objeto establecer un diagnóstico geotécnico y obtener, con la mayor precisión posible, parámetros que permiten caracterizar la naturaleza y el estado hídrico de diferentes capas de asiento de una vía férrea en servicio. Esto permite en concreto evaluar si los trabajos de renovación o de reparación son necesarios en la vía.

[0003] La invención también se refiere a un dispositivo para visualizar el interior de un suelo, siendo este dispositivo denominado habitualmente "geoendoscopio". La invención se refiere en conclusión a un conjunto de caracterización de un suelo, comprendiendo dicho dispositivo, un penetrómetro dinámico ligero tipo Panda (marca registrada) y una unidad de tratamiento.

[0004] Las vías férreas con balasto, desarrolladas durante casi dos siglos, son construidas por medio de un conjunto de elementos diseñados para soportar el peso de los vagones. Entre estos elementos, se distingue la superestructura, o estructura, que comprende raíles, dispuestos sobre las traviesas y abrazaderas para fijar los raíles a las traviesas. La superestructura también comprende zapatas de cimentación, que transmiten la carga soportada por los raíles al suelo y una capa de balasto, con posiblemente una subcapa de balasto. El balasto es un colchón de rocas trituradas, que asegura la transmisión uniforme hasta la plataforma de tensiones inducidas por el paso de los vehículos ferroviarios. El balasto también permite estabilizar las traviesas y amortiguar las vibraciones mecánicas y acústicas relacionadas con el paso de un tren, lo que participa en la comodidad de los pasajeros a bordo de los trenes. El balasto se proporciona además para drenar el agua de lluvia a fin de limitar los problemas de congelación en las vías. Se distingue además la infraestructura, que está constituida por una plataforma.

[0005] En la práctica, los elementos de la vía están diseñados para transmitir el peso de los trenes a la plataforma. La superestructura permite normalmente reducir la tensión ejercida en la plataforma por un factor del orden de 20.000 con respecto a la ejercida en los puntos de contacto entre las ruedas y el raíl. Esto permite evitar en concreto que la plataforma sea deformada por el balasto.

[0006] La velocidad, el peso de los trenes y la densidad del tráfico han aumentado significativamente con los avances tecnológicos de los últimos años, lo que provoca un desgaste acelerado de los componentes de la vía, en concreto del balasto. El balasto necesita por ello ser mantenido más intensamente con el fin de que otros componentes de la vía no se dañen. Así, las operaciones de reparación de las vías, como los asentamientos discontinuos y diferenciales, son más frecuentes, lo que provoca un fuerte aumento de los costes de mantenimiento y, en ciertos casos, de las renovaciones tempranas. De hecho, se estima que el mantenimiento de balasto y de la geometría de la vía representan aproximadamente la mitad del costo total de mantenimiento de las vías férreas, lo que proviene en concreto debido a que los trabajos se llevan a cabo por la noche.

[0007] Para resistir a las cargas, los componentes de la superestructura han evolucionado. Las traviesas de hormigón pretensado se utilizan ahora ya que presentan una vida útil de tres veces superior a la de las traviesas de madera. Los perfiles del raíl más pesados y las abrazaderas elásticas se han desarrollado para soportar el volumen del tráfico. Las zapatas de subraíl y subtraviesa se han integrado en la estructura para amortiguar las vibraciones. Los geotextiles y las subcapas bituminosas se aplican a la base de la plataforma para garantizar el drenaje y la distribución de las cargas.

50

[0008] En cambio, no se ha progresado en relación con la protección del balasto. Para hacer frente a las exigencias cada vez mayores, los valores de espesor y dureza mínimos se impusieron para el balasto. Sin embargo, este sigue siendo el elemento que se degrada más rápidamente en una vía férrea. Esta degradación se acelera por las tensiones debidas al tráfico, pero también las debidas a los trabajos de mantenimiento, como el relleno, que se han vuelto más frecuentes.

55

[0009] La degradación del balasto se traduce por un desgaste de las partículas, es decir, un cambio en el tamaño de los granos, pero también por el aumento del suelo, lo que da como resultado en concreto tensiones dinámicas generadas en la vía por el paso de los trenes. Se considera entonces dos capas, denominadas habitualmente "capa de balasto sucio" y capa "intermedia". La capa de "balasto sucio", que se encuentra entre la capa intermedia y la capa de balasto, está formada por balasto, así como finos procedentes en concreto del desgaste del balasto. La "capa intermedia" es creada por interpenetración de las capas del suelo soporte con posibles capas de materiales, tales como piedras machacadas, gravilla, arena, o incluso escoria, que son resultantes de la construcción de la línea o de las operaciones de mantenimiento. Esta capa es bastante heterogénea y contiene, entre otros, más finos del suelo soporte y más partículas finas que el balasto. La creación de estas dos capas en una sección de vía

65

plantea problemas de estabilidad mecánica e hidráulica, como un mal drenaje, una trituración de los granos de la capa de balasto "sano", un asentamiento de la vía, o incluso una deformación de la plataforma.

5 **[0010]** Para hacer frente al deterioro de las vías, un amplio programa de renovación de las vías se puso en marcha en el territorio francés. El problema que se plantea es establecer de manera eficaz y económica un diagnóstico del estado de las vías férreas, con un objetivo particular de detectar las capas de "balasto sucio" e "intermedia". Dada la longitud de las vías, los medios de caracterización del suelo deben permitir auscultar de manera fiable, barata y rápida, el mayor número de puntos posibles a lo largo de una vía.

10 Entre estos medios, se conoce el tren con aparato de toma de muestras del suelo, que permite tomar muestras de la sección de la vía. Los espesores de las diferentes capas del suelo se miden manualmente gracias a un medidor o a un metro y se transcriben manualmente en una hoja de trabajo. Esta técnica de auscultación no es la más adecuada ya que solo existe un único tren con aparato de toma de muestras del suelo en la Red Ferroviaria Nacional y el costo del tipo de intervención es elevado. De hecho, cuatro personas, entre ellas un conductor con alto salario por hora son
15 generalmente necesarios para realizar los sondeos. Además, la toma de muestras del suelo se realiza en general entre los dos raíles, mientras que la zona más sensible está bajo las traviesas. Esta técnica también carece de precisión en la medición de los espesores de las capas ya que existe un riesgo de desplazamiento durante el ascenso del aparato de toma de muestras del suelo, especialmente para los materiales arenosos. Esta técnica no permite finalmente medir la resistencia del suelo.

20 **[0011]** Una técnica más elaborada consiste en el uso de un penetrómetro dinámico ligero tipo Panda, producto comercializado por la sociedad SOL SOLUTION, y de un ensayo geoendoscópico. Véase, por ejemplo, el documento FR-A1-2938276. El principio consiste en medir la resistencia del suelo como una función de la profundidad al hundir un tren de varillas del penetrómetro en el suelo. Las varillas se retiran a continuación para dar paso a tubos hendidos,
25 en los que se desliza un endoscopio. Así pues, un vídeo se graba para el punto auscultado y se guarda en una grabadora digital. La interpretación de los espesores de las capas del suelo se realiza manualmente con la ayuda de un metro, mirando los cambios de naturaleza de los suelos en la pantalla del geoendoscopio o de la grabadora. Los resultados se transcriben a continuación en una hoja de trabajo. El técnico efectúa al final un análisis cruzado con los resultados obtenidos con el penetrómetro Panda para llevar a cabo un diagnóstico.

30 **[0012]** Pese a ser interesante, esta técnica de auscultación es relativamente larga debido a la transcripción manual de datos y no existe una medición automática y continua en cuanto a la profundidad a la que se graban las imágenes y el vídeo del geoendoscopio. El diagnóstico del estado del suelo se basa en parte en la interpretación del técnico, lo que puede ocasionar errores.

35 **[0013]** Una técnica de auscultación similar se describe en el documento WO-A-2010/082002 y tiene por objeto caracterizar las diferentes capas de un medio filtrante, o filtro, formando un sistema de purificación de agua. Este filtro comprende una parte superior formada esencialmente de gravillas, una parte intermedia de filtración formada de arena lavada y una parte inferior también a base de gravillas. El ensayo penetrométrico proporciona información sobre la
40 compacidad de las diferentes capas del medio filtrante, mientras que el ensayo endoscópico permite comprobar los estados de colmatado y saturación del medio filtrante. Un análisis automático de imágenes se lleva a cabo posteriormente al ensayo endoscópico para caracterizar las diferentes capas del medio filtrante pero no se menciona una medición automática de la profundidad a la que se toman las imágenes. Esta medición parece innecesaria en este caso puesto que el ensayo geoendoscópico no tiene por objeto determinar la profundidad de las diferentes capas del
45 medio filtrante.

[0014] Estos inconvenientes son los que se entienden más, particularmente remediar la invención proporcionando un procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea que permite superar las dificultades técnicas y prácticas de aplicación de los sondeos encontradas con los medios actuales.

50 **[0015]** A tal fin, la invención se refiere a un procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea por ensayos penetrométrico y geoendoscópico, como se define en la reivindicación 1.

[0016] Gracias a la invención, los errores sistemáticos de la toma de medición se evitan ya que la profundidad a la que se toman las imágenes de la cámara se mide automáticamente. Es más, el tiempo de realización y explotación de los sondeos se acorta debido a que los datos obtenidos por los ensayos geoendoscópico y penetrométrico se acoplan y analizan automáticamente.

[0017] Los aspectos ventajosos, pero no obligatorios, de tal procedimiento de caracterización se especifican
60 en las reivindicaciones 2 a 6.

[0018] La invención también se refiere a un conjunto de caracterización del asiento de una vía férrea, como se define en la reivindicación 7.

65 **[0019]** Los aspectos ventajosos, pero no obligatorios, de tal conjunto se especifican en las reivindicaciones 8 y

9.

[0020] La invención y otras ventajas de la misma se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción de un modo de realización de un procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea conforme a su principio, dado únicamente a título de ejemplo y que se refiere a los dibujos en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de un penetrómetro dinámico ligero utilizado en la implementación de un procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea según la invención,

10 - la figura 2 representa una vista en perspectiva en despiece de un portapuntas y de una punta que pertenece a un tren de varillas del penetrómetro dinámico de la figura 1 y de una variante que muestra un portapuntas y una punta de diferentes diámetros,

- la figura 3 es una vista en perspectiva de un dispositivo para visualizar el interior de un suelo de vía férrea según la invención, que se utiliza también para la implementación del procedimiento de caracterización del asiento según la invención,

15 - la figura 4 es un diagrama que representa las diferentes etapas de la realización del procedimiento de caracterización del asiento de una vía férrea según la invención,

20 - la figura 5 muestra un ejemplo de penetrograma y un ejemplo de tres gráficos que ilustran la variación de parámetros relativos a las imágenes registradas por medio del dispositivo de la figura 3, como una función de la profundidad en el suelo, y

25 - la figura 6 es un ejemplo de una tabla de resultados obtenidos para la implementación del procedimiento de caracterización del suelo según la invención.

[0021] En la figura 1 se representa un penetrómetro dinámico ligero 2 del tipo Panda (marca registrada). Este penetrómetro 2 tiene una masa inferior a 20 kg, de modo que es fácilmente transportable por un operador. Este penetrómetro 2 es, además, poco voluminoso, lo que facilita las intervenciones con acceso restringido. También se puede plegar rápidamente en caso de urgencia.

[0022] El penetrómetro dinámico 2 se extiende generalmente a lo largo de un eje Z2 que, durante un ensayo, es vertical. Incluye, en la parte superior, un cabezal de martinete 20 adaptado para recibir un golpe de martillo 4 para clavar un tren de varillas 6 en el suelo. El penetrómetro 2 también comprende un mango 22 para mantener el tren de varillas 6 derecho durante el golpe de martillo. El tren de varillas 6 se extiende de manera rectilínea a lo largo del eje Z2 y comprende una o más varillas cilíndricas ensambladas entre sí. Cada varilla del tren de varillas 6 presenta un diámetro D6, por ejemplo del orden de 14 mm. Un portapuntas 8 se atornilla a un extremo inferior del tren de varillas 6. Como su nombre indica, el portapuntas 8 se adapta para ser ensamblado con una punta cónica 10 de penetración en un suelo S. Aquí, el suelo S representa el asiento de una vía férrea, es decir, que comprende todas las capas de asiento de una vía férrea.

[0023] Como se ve mejor en la figura 2, el portapuntas 8 comprende una parte superior roscada 8a, lo que permite atornillarlo en el extremo inferior del tren de varillas 6. El portapuntas 8 también comprende un cilindro inferior 8b de diámetro D8. En la práctica, el diámetro D8 es el mismo que el diámetro D6 de la o las varillas del tren de varillas 6.

[0024] La punta cónica 10 comprende una parte superior cilíndrica y una parte inferior cónica. Esta punta 10 sobresale, es decir, que presenta una sección en la base del cono que es más larga que la del portapuntas 8. En la práctica, el diámetro máximo de la punta 10 es del orden de 22 mm. Esta punta cónica 10 comprende un alojamiento cilíndrico 10b de recepción del cilindro inferior 8b del portapuntas 8. El diámetro D8 de este cilindro es sustancialmente igual al diámetro del alojamiento cilíndrico formado en la punta 10.

[0025] Como alternativa representada en la figura 2, una punta cónica 10' que no está en la sección que sobresale también se puede utilizar. Esta punta cónica 10' se proporciona para ser ensamblada con un portapuntas 8' del mismo diámetro. Expulsa menos tierra durante el ascenso pero no se hunde con tanta facilidad en el suelo como la punta 10.

[0026] La pequeña sección de cualquiera de las puntas cónicas 10 y 10' permite reducir la dureza del sondeo y evitar el cierre de la perforación después de la retirada del tren de varillas 6 del suelo.

[0027] Además, la punta cónica 10 o 10' no se fija al portapuntas 8 o 8', es decir, que durante la retirada del tren de varillas 6, la punta cónica 10 o 10' permanece en el fondo de la perforación. Esto permite evitar que la punta 10 se roce contra las paredes de un agujero, o perforación, A durante la retirada y que el agujero A se vuelva a tapar. Esto resulta especialmente importante cuando el suelo sondeado es del tipo arenoso.

[0028] El penetrómetro 2 también comprende una carcasa 30, provista de un mango 31. Esta carcasa 30 está adaptada para ser colocada en el suelo durante un ensayo. La carcasa 30 comprende una porción 32 de guía del tren de varillas 6 en su movimiento de penetración en el suelo S. Esta porción de guía 32 es atravesada por el tren de varillas 6 de manera que el mismo no pueda interferir cuando el cabezal de martinete 20 es golpeado por el martillo 4.

[0029] El penetrómetro 2 también comprende medios de medición del hundimiento del tren de varillas 6 en el suelo S. Estos medios comprenden un alambre tensado 26 que se une, por una parte, a un anillo 24 solidario con una parte móvil del penetrómetro 2, en este caso, el cabezal de martinete 20 en el ejemplo de la figura 1 y, por otra parte, a una rueda 28 contenida en la carcasa 30. El alambre 26 se mantiene tensado por medios no representados, tales como un resorte que actúa en la rueda. Cuando el cabezal de martinete 20 recibe un golpe de martillo, como se representa por la flecha F1 en la figura 1, el tren de varillas 6 y el cabezal de martinete 20 se hunden en el suelo S y el cable 26 se destensa. Este último se tensa de nuevo, haciendo girar la rueda 28 alrededor de la cual se enrolla el alambre 26. La amplitud de rotación de la rueda 28 se mide por un ordenador 36, que es capaz de deducir la profundidad a la que el tren de varillas 6 se hunde en el suelo S. Este ordenador 36 incluye por ejemplo un codificador rotatorio.

[0030] Además, la carcasa 30 está conectada al cabezal de martinete 20 por un cable 34. Este cable 34 permite recoger, junto a un sensor de fuerza, no representado, alojado en el cabezal de martinete 20, la fuerza de martinete aplicada al mismo por el operador. Esta medición se transmite acto seguido al ordenador 36. Así, este sensor de fuerza forma con los medios de medición del hundimiento del tren de varillas 6 en el suelo S medios de medición de la resistencia del suelo como una función de la profundidad.

[0031] Un cable 12 comprende un primer extremo unido a la carcasa 30 y un segundo extremo 120 conectado a un lector 14, como un aparato digital portátil del tipo "Personnal Digital Assistant" (Asistente Digital Personal en español). Este lector 14 comprende una pantalla 140 que permite al operador visualizar la resistencia del suelo como una función de la profundidad. Comprende asimismo botones de control 142 y una antena de geolocalización 144.

[0032] Además, en la figura 1, el tren de varillas 6, el cable 34, el alambre 26 y el mango del martillo 4 se cortan con una longitud para una mejor visualización.

[0033] En la figura 3 se representa un dispositivo 1 para ver el interior de un suelo S. Este dispositivo 1 se llama habitualmente geendoscopio y comprende un tubo 62, adaptado para ser insertado verticalmente en un agujero A formado en el suelo. El tubo 62 comprende varias ventanas 620 distribuidas por toda la altura del tubo. Estas ventanas 620 permiten que la cámara 66 visualice el interior del suelo. En una variante no representada, se puede considerar un tubo hendido por toda su altura, es decir, que no se extiende 360° en sección, lo que permitiría que la cámara visualice las imágenes del suelo a través de la hendidura realizada en el tubo. La cámara 66 está suspendida al final de un alambre 64 y se desliza de forma manual o de forma controlada en el interior del tubo 62. Esta cámara 66 está provista de medios de iluminación no representados, que son necesarios para la grabación de imágenes. En el ejemplo, la cámara 66 está adaptada para grabar a la vez imágenes y una secuencia de vídeo.

[0034] El dispositivo 1 comprende medios de medición automática y continua de la posición de la cámara 66 mientras se desliza en el interior del tubo 62, es decir, a la profundidad a la que se registran las imágenes. Estos medios de medición incluyen una carcasa 60 que es solidaria con el tubo 62 y que se dispone en un extremo superior del mismo. La carcasa 60 está provista de una apertura no representada para la inserción de la cámara 66. Contiene una rueda 68 alrededor de la cual se enrolla el alambre 64, en el extremo en el que se fija la cámara 66. Un extremo del alambre 64 está unido a la rueda 68. Esta rueda 68 está acoplada a un codificador rotatorio 70 para medir la amplitud de rotación de la rueda 68 y deducir el desplazamiento de la cámara 66 en el suelo S. En concreto y, a modo de ejemplo, el codificador rotatorio 70 puede comprender un disco que gira por el movimiento de la rueda 68, por ejemplo por medio de una correa. Este disco está provisto de imanes, que activan un contador cuando pasan ante un sensor, por ejemplo del tipo efecto Hall, puesto que generan un campo magnético. En la práctica, el codificador rotatorio 70 es un codificador electrónico, pero también puede tratarse de un codificador óptico.

[0035] El dispositivo 1 comprende dos cables 72 y 74, que son cada uno procedentes de la carcasa 60 y que están conectados a un adaptador 80. El cable 72 transmite al adaptador 80 las imágenes y/o vídeos tomados por la cámara 66 mientras que el cable 74 transmite al adaptador 80 la medición de la profundidad llevada a cabo por el codificador rotatorio 70. El adaptador 80 permite convertir las señales enviadas por la cámara 66 y el codificador rotatorio 70 en un formato explotable por un aparato digital portátil 82, del tipo "Personnal Digital Assistant" (Asistente Digital Personal en español), al cual transmite la información. Este aparato 82 comprende una interfaz de visualización que tiene un dial 86 para visualizar en directo el vídeo tomado por la cámara 66 y un dial 88 de las últimas imágenes grabadas por la cámara 66. Asimismo, comprende un rectángulo 90 de visualización de la profundidad a la que se encuentran la cámara 66 y una antena de geolocalización 84.

[0036] En la figura 3, los cables 72 y 74 y el tubo 62 se representan parcialmente en longitud para una mejor visualización.

[0037] Anteriormente se describe un procedimiento de caracterización de un suelo por acoplamiento de un ensayo penetrométrico y geoendoscópico. Este procedimiento se describe con referencia a la figura 4.

5 **[0038]** Este procedimiento de caracterización se inicia con un ensayo penetrométrico, que está geolocalizado a través de la antena 144. Durante este ensayo, el operador posiciona el tren de varillas 6 verticalmente en contacto con el suelo S en una ubicación seleccionada. El operador coge entonces el martillo 4 y golpea, en una etapa 100, el cabezal de martinete 20 del penetrómetro 2 para clavar la punta 10 del tren de varillas 6 en el suelo S. El tren de varillas 6 crea entonces un agujero A en el suelo S.

10 **[0039]** A continuación, en una etapa 102, la variación de la resistencia del suelo $q_d(Z_i)$ como una función de la profundidad Z_i se determina a partir de la medición de la fuerza de martinete ejercida por el operador y la medición de la profundidad Z_i . Resulta entonces conveniente determinar si el ensayo penetrométrico se ha completado, que está representado por una etapa 103 en la figura 4. De hecho, como una función de la compacidad del suelo, es posible que el operador no haya golpeado muy fuerte el cabezal de martinete 20 y deba recomenzar el ensayo y golpear más fuerte para clavar aún más el tren de varillas 6 en el suelo S. Esto se representa por el circuito de retorno a la etapa 100.

20 **[0040]** En cambio, si el ensayo penetrométrico ha finalizado, es decir, si se alcanza la profundidad requerida, el penetrómetro 2 es capaz de proporcionar al operador un penetrograma, que se muestra en la interfaz 140 del lector 14. Este penetrograma consiste en mostrar la resistencia del suelo, por ejemplo en MPa, como una función de la profundidad Z_i , por ejemplo en metros. Además, un primer conjunto de datos que comprende la serie de valores de resistencia $q_d(Z_i)$ para cada valor de profundidad Z_i , así como las coordenadas GPS de la ubicación del ensayo se almacenan en la memoria en la etapa 104. Este primer conjunto de datos se puede almacenar en cualquier medio de soporte apropiado, como una tarjeta o una llave. Este medio de soporte es retirado entonces del penetrómetro 2 por un operador y se conecta a una unidad de tratamiento no representada, tal como un ordenador de obra o de oficina. Esto permite transferir el primer conjunto de datos a la unidad de tratamiento. Alternativamente, el primer conjunto de datos puede ser transferido del penetrómetro 2 a la unidad de tratamiento directamente por una forma cableada o por medio de una conexión inalámbrica.

30 **[0041]** Una vez finalizado el ensayo, el tren de varillas 6 se retira del suelo en una etapa 105 y en ese momento comienza el ensayo geoendoscópico. Este ensayo geoendoscópico está geolocalizado ya que el aparato digital portátil 82 comprende una antena de geolocalización 84. Una primera etapa 106 de este ensayo consiste en hundir el tubo 62 del geoendoscopio 1 en el agujero, o perforación, A dejado por el tren de varillas 6. A continuación, la cámara 66 de grabación de imágenes se desliza en el interior del tubo 62 en una etapa 108.

40 **[0042]** En paralelo, la posición de la cámara 66 en el interior del tubo 62 se mide automáticamente en una etapa 110. De esta manera, es posible conocer la profundidad a la que se graba cada imagen grabada por la cámara 66 mientras que esta última se desliza en el interior del tubo 62. En contraste con las técnicas de medición conocidas de la técnica anterior, en las que la posición de la cámara 66 se medía de forma manual con un metro hundido en el tubo cuando el operador parecía observar en la pantalla del geoendoscopio un cambio de naturaleza del suelo, la posición de la cámara 66 se mide electrónicamente, es decir, de forma automática y continua, por medio del codificador rotatorio 70. Esto permite reducir los errores de medición de la posición de la cámara y facilita la interpretación de los resultados. Aquí, el hecho de medir continuamente significa que los puntos de medición están separados de un valor insignificante para la aplicación respectiva. En la práctica, el codificador 70 permite medir la posición de la cámara 66 cada 1 mm.

50 **[0043]** Durante el ensayo geoendoscópico, un segundo conjunto de datos que comprende las imágenes $Im(Z_i, i)$ registradas por la cámara 66, la profundidad Z_i a la que cada imagen ha sido grabada y las coordenadas GPS de la ubicación del ensayo se almacena en la memoria en la etapa 112. Este segundo conjunto de datos se puede almacenar en cualquier medio de soporte apropiado, como una tarjeta o una llave. Este medio de soporte es retirado entonces del dispositivo 1 por un operador y conectado a la unidad de tratamiento. Esto permite transferir el segundo conjunto de datos a la unidad de tratamiento. Alternativamente, el segundo conjunto de datos puede ser transferido del dispositivo 1 a la unidad de tratamiento directamente por una forma cableada o por medio de una conexión inalámbrica.

55 **[0044]** Posteriormente, el procedimiento comprende una etapa 113 para determinar si se ha completado el ensayo geoendoscópico, es decir, si la cámara 66 alcanza el fondo del agujero A. Si no es el caso, el ensayo geoendoscópico continúa hasta que la cámara 66 alcanza el fondo del agujero A, como se representa por el circuito de retorno en dirección de las etapas 108 y 110. En cambio, si el ensayo ha finalizado, el operador puede transferir el segundo conjunto de datos en la unidad de tratamiento.

60 **[0045]** Esta unidad de tratamiento lleva a cabo un análisis 114 de las imágenes grabadas por la cámara 66 como una función de la profundidad a la que fueron tomadas. Este

análisis consiste en estudiar la variación de diversos parámetros relativos a las imágenes grabadas por la cámara 66 como una función de la profundidad Z_i . En concreto, el tratamiento de imágenes llevado a cabo por la unidad de tratamiento se basa en el análisis de tres parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$ y $M3(Z_i)$ que son características de las imágenes grabadas por la cámara 66 como una función de la profundidad. En la práctica, estos tres parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$ y $M3(Z_i)$ reflejan variaciones de los diferentes valores relacionados con imágenes, como el contraste, la luminosidad, etc. Los tres parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$ y $M3(Z_i)$ se almacenan en la memoria del geoendoscopio en la etapa 116. En una variante no representada, pueden utilizarse más o menos parámetros para el análisis.

10 **[0046]** La unidad de tratamiento puede mostrar, en una etapa 118, gráficos de visualización de tres parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$ y $M3(Z_i)$ como una función de la profundidad Z_i . Un ejemplo de tales gráficos se representa en la figura 5. En esta figura, se distingue diferentes zonas A, B, C y D que provienen de las variaciones observadas en los diferentes gráficos. Como se representa por los dos corchetes en la figura 5, los gráficos de los tres parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$, $M3(Z_i)$ se obtienen por medio del geoendoscopio 1, mientras que se obtiene el penetrograma por medio del penetrómetro dinámico ligero 2.

15 **[0047]** El hecho de que los ensayos penetrométrico y geoendoscópico están basados en la geolocalización puede permitir, en el caso en el que se realicen varios ensayos con diferentes ubicaciones espaciadas entre sí, en la unidad de tratamiento, acoplar o asociar cada primer conjunto de datos al segundo conjunto de datos correspondiente. Esto permite además identificar en un mapa todos los lugares en los que se llevaron a cabo los ensayos.

20 **[0048]** Mediante el acoplamiento entre los resultados procedentes del ensayo geoendoscópico y los procedentes del ensayo penetrométrico, la unidad de tratamiento compila el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos y distingue automáticamente, por medio de un algoritmo implementado en una etapa 120, los cambios de la naturaleza del suelo, es decir, las diferentes zonas A, B, C y D. En concreto, la etapa 120 comprende una primera subetapa que consiste en determinar automáticamente los valores de profundidad (Z_i) significativos, a partir de los cuales los diferentes parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$, $M3(Z_i)$ relativos a las imágenes grabadas y la resistencia del suelo $q_d(Z_i)$ varían sustancialmente. A continuación, la etapa 120 comprende una segunda subetapa que consiste en llevar a cabo un análisis estadístico, por ejemplo una media, de los valores de profundidad significativos para estimar con la mayor precisión posible el espesor de las capas del suelo S.

25 **[0049]** La etapa de acoplamiento 120 incluye una tercera subetapa que consiste en analizar los valores de los diferentes parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$, $M3(Z_i)$ relativos a las imágenes grabadas en el espesor de las diferentes capas para determinar el estado hídrico de estas últimas.

30 **[0050]** Se desprende de la salida de la etapa 120 un cuadro de estimaciones de la naturaleza, la compacidad, el espesor y el estado hídrico de las diferentes capas constitutivas del suelo sondeado. Un ejemplo de tal cuadro se representa en la figura 6. Este cuadro se muestra por la unidad de tratamiento en la etapa 122.

35 **[0051]** Como se ha mencionado anteriormente, las etapas 110, 112, 114 y 120 están automatizadas, es decir, que se llevan a cabo automáticamente por la unidad de tratamiento, el penetrómetro 2 o el geoendoscopio 1, sin intervención humana.

40 **[0052]** En el ejemplo, el estado hídrico de las diferentes capas del suelo S se determina mediante el ensayo geoendoscópico, es decir, a partir de la variación de los parámetros $M1(Z_i)$, $M2(Z_i)$, $M3(Z_i)$ como una función de la profundidad Z_i . La naturaleza de las diferentes capas del suelo se determina a partir de los valores de compacidad y del estado hídrico. Por ejemplo, la primera capa del suelo sondado presenta una alta compacidad y un contenido bajo de agua, la unidad de tratamiento deduce mientras que es probable que se trate de una capa de balasto. En cambio, como la última capa es muy húmeda y moderadamente compacta, la unidad de tratamiento la clasifica como una capa de limo.

45 **[0053]** Este tratamiento automático de imágenes procedentes del ensayo geoendoscópico y el acoplamiento automático con los datos de resistencia del suelo obtenidos con el penetrómetro 2 permiten obtener una caracterización rápida del estado del suelo y de su composición. El penetrómetro 2, el dispositivo 1 y la unidad de tratamiento forman un conjunto de caracterización de un suelo. Para mayor seguridad, se prevé que el experto en la materia valide los resultados de la unidad de tratamiento, por ejemplo comparándolos con el vídeo grabado por el geoendoscopio 1.

50 **[0054]** Las características técnicas de las variantes y modos de realización planteados más arriba pueden combinarse entre ellas para generar nuevos modos de realización de la invención.

60

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de caracterización del asiento (S) de una vía férrea, por ensayos penetrométrico y geodendoscópico, comprendiendo este procedimiento las etapas que consisten en:
- 5 a) golpear (100) un cabezal de martinete (20) de un penetrómetro dinámico ligero (2) para clavar la punta (10) de un tren de varillas (6) en el asiento,
- b) medir (102) la resistencia del asiento como una función de la profundidad de hundimiento del tren de varillas,
- 10 c) retirar (105) el tren de varillas del asiento,
- d) clavar (106) un tubo (62) en un agujero (A) dejado por el tren de varillas, y
- 15 e) deslizar (108) una cámara (66) de grabación de imágenes en el interior del tubo,
- y estando **caracterizado porque** comprende las etapas adicionales automatizadas que consisten en:
- f) medir (110) de forma continua la posición de la cámara (66) a medida que se desliza en el interior del tubo (62), es decir, la profundidad (Zi) a la que se graban las imágenes, y
- 20 g) acoplar (120) un análisis de las imágenes grabadas como una función de la profundidad con las mediciones de resistencia del suelo para caracterizar las diferentes capas del asiento.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende una etapa adicional que consiste en geolocalizar la posición en la que se realizan las etapas a) a f).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** la etapa c) se lleva a cabo dejando la punta (10) del tren de varillas (6) en el fondo del agujero (A).
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el análisis de las imágenes grabadas por la cámara (66) como una función de la profundidad (Zi), durante la etapa g), se lleva a cabo a partir de la variación de diferentes parámetros (M1(Zi), M2(Zi), M3(Zi)) relativos a las imágenes grabadas.
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la etapa g) incluye dos subetapas automatizadas que consisten en:
- i. determinar automáticamente los valores de profundidad (Zi) significativos, a partir de los cuales los diferentes parámetros (M1(Zi), M2(Zi), M3(Zi)) relativos a las imágenes grabadas y la resistencia del asiento varían
- 40 sustancialmente, y
- ii. llevar a cabo un análisis estadístico, por ejemplo una media, de los valores de profundidad significativos para estimar el espesor de las capas del asiento (S).
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la etapa g) incluye otra subetapa automatizada que consiste en:
- iii. analizar los valores de los diferentes parámetros (M1(Zi), M2(Zi), M3(Zi)) relativos a las imágenes grabadas en el espesor de las diferentes capas para determinar el estado hídrico de estas últimas.
- 50 7. Conjunto (1, 2) de caracterización del asiento (S) de una vía férrea, que comprende un penetrómetro dinámico ligero (2), que incluye:
- un cabezal de martinete (20),
- 55 - un tren de varillas (6), equipado con una punta (10) de penetración en el asiento, y
- medios (34, 26, 36, 28) de medición de la resistencia del asiento como una función de la profundidad (Zi),
- 60 estando este conjunto **caracterizado porque** comprende además:
- un dispositivo (1) para visualizar el interior de un suelo (S), que comprende:
- una cámara endoscópica (66) de grabación de imágenes,
- 65

- un tubo (62) de deslizamiento de la cámara, que está adaptado para clavarse en un agujero (A) realizado en el suelo, y

- medios (68, 70) de medición automática y continua de la posición de la cámara (66) mientras se desliza en el interior del tubo (62), es decir, a la profundidad (Zi) a la que se registran las imágenes,

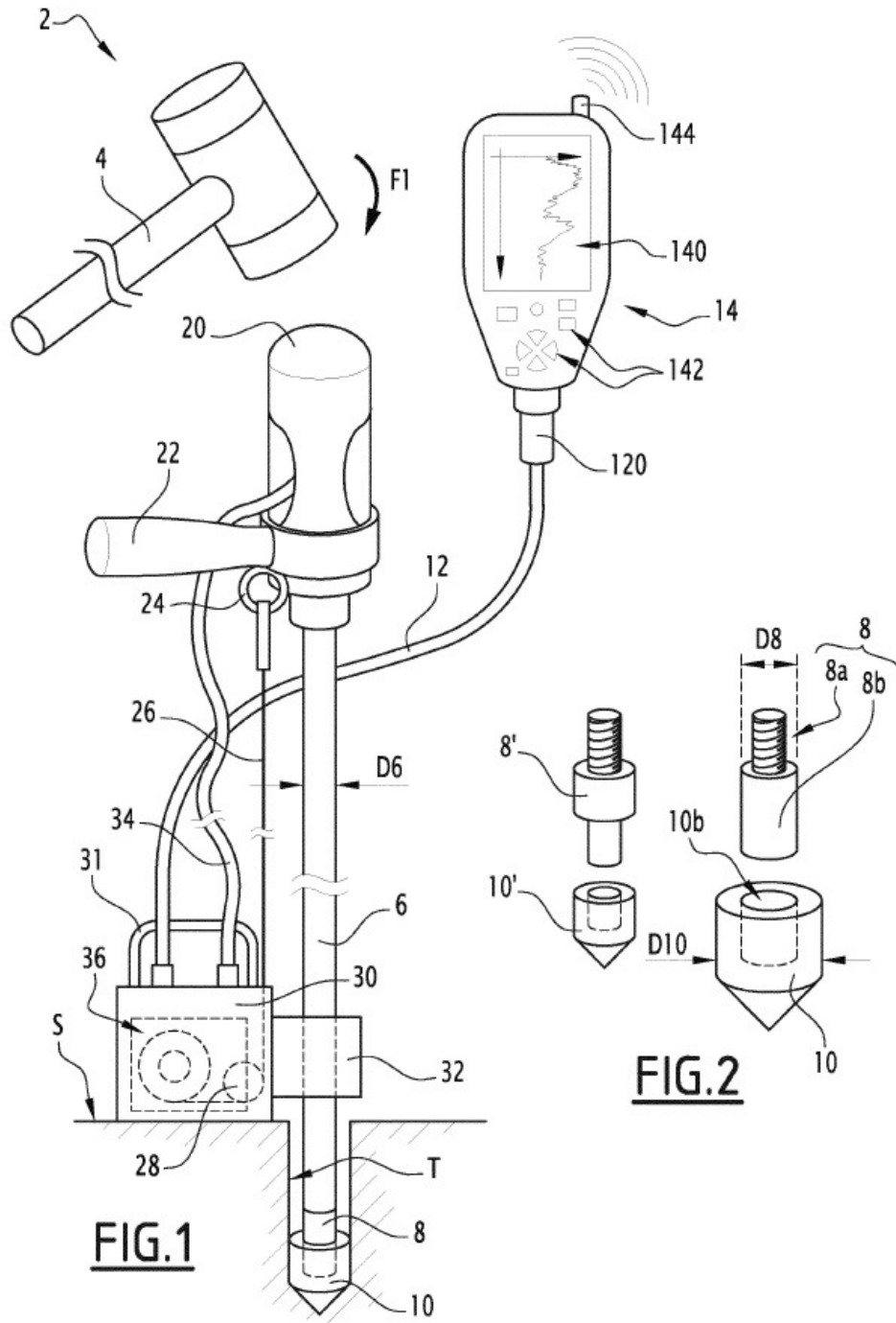
- una unidad de tratamiento, configurada para acoplar las imágenes, grabadas por el dispositivo (1), con las mediciones de resistencia del asiento, proporcionadas por los medios de medición del penetrómetro (2), para caracterizar las diferentes capas del asiento.

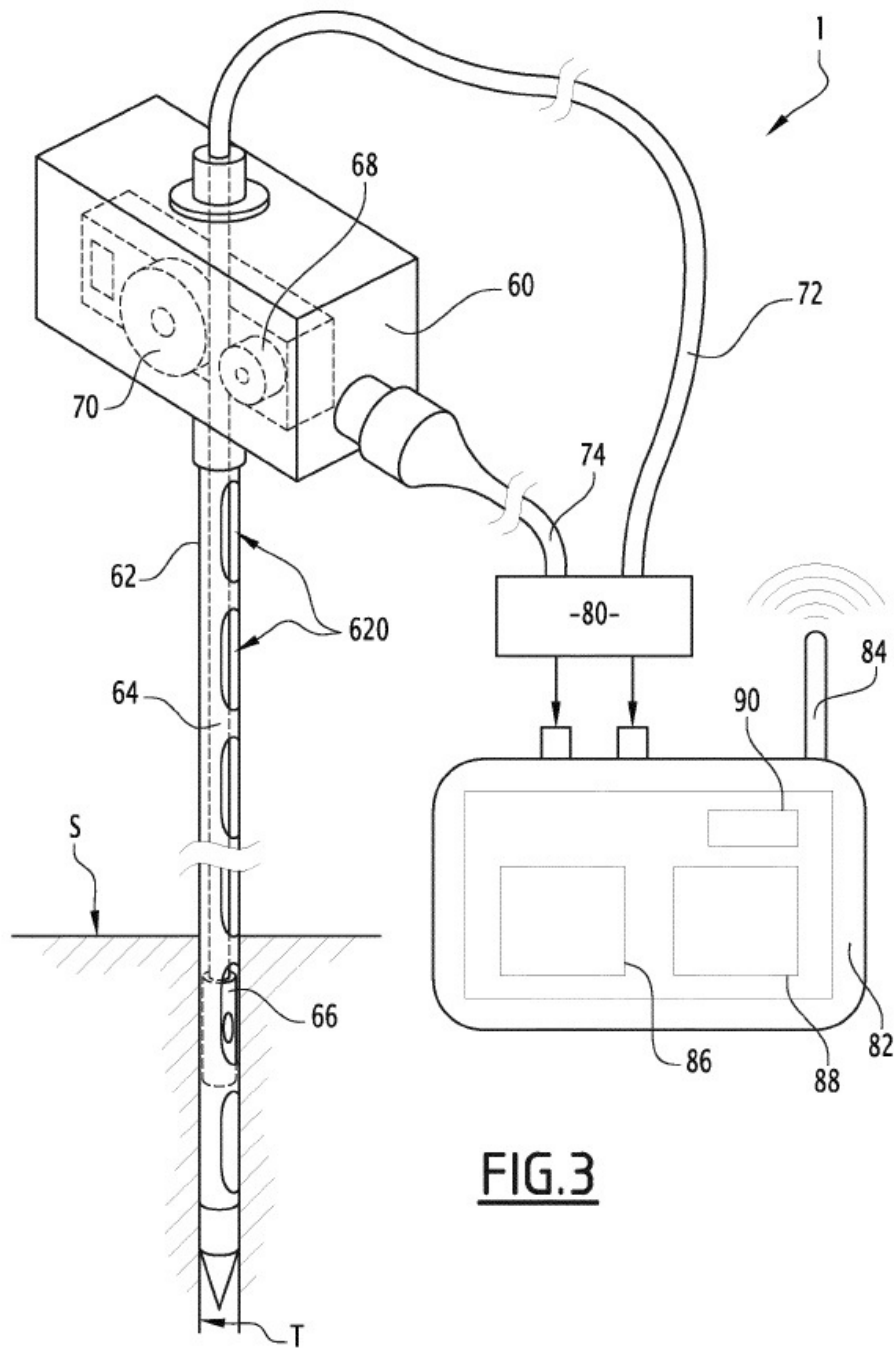
10

8. Conjunto según la reivindicación 7, **caracterizado porque** los medios de medición (68, 70) del dispositivo (1) comprenden un codificador rotatorio (70) y **porque** la cámara (66) está suspendida al final de un alambre (64) que se enrolla alrededor de una rueda móvil (68) acoplada al codificador rotatorio.

15

9. Conjunto según una de las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado porque** el dispositivo (1) está provisto de una antena de geolocalización (84).





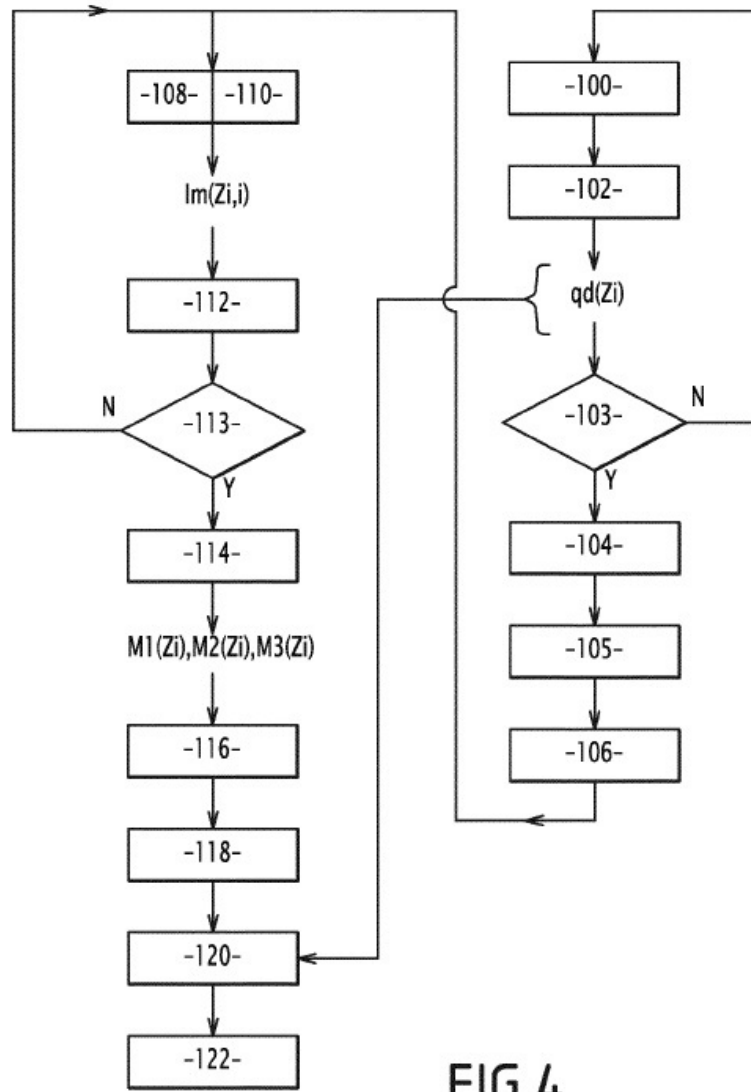


FIG. 4

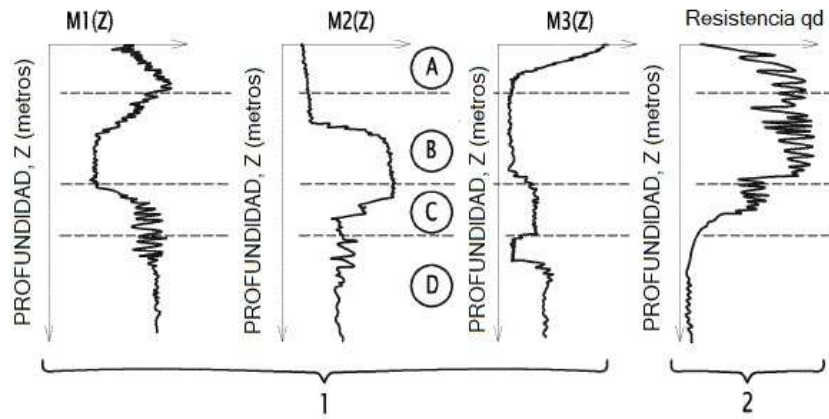


FIG.5

CAPA	TIPO	NATURALEZA	ESPEJOR	COMPACIDAD	% EN PESO
A	BALASTO SANO	BALASTO	0,35 m	COMPACTO	SECO
B	BALASTO SUCIO	BALASTO/ARENOSO	0,24 m	MUY COMPACTO	HÚMEDO
C	COLUMNA INTERMEDIA	ARENOSO/FRANCO	0,17 m	COMPACTO	HÚMEDO
D	PLATAFORMA	LIMO	0,40 m	MEDIO	HÚMEDO

FIG.6