

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 702**

21 Número de solicitud: 201430936

51 Int. Cl.:

G01N 15/08 (2006.01)

E01C 23/00 (2006.01)

E01C 23/01 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

20.06.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

22.12.2015

71 Solicitantes:

**CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y
CONTROL DE OBRA, S.A. (100.0%)
CALLE BENAQUE, 9
29004 MÁLAGA ES**

72 Inventor/es:

**ESCRIBA MARIN, Sergio y
JIMÉNEZ REDONDO, Noemí**

54 Título: **MEDIDOR CONTINUO DE DRENABILIDAD Y PERMEABILIDAD IN-SITU PARA PAVIMENTOS DE CARRETERA**

57 Resumen:

Medidor continuo de drenabilidad y permeabilidad in-situ para pavimentos de carretera.

La invención consiste en un sistema de auscultación de pavimentos de carretera que permite medir la permeabilidad y drenabilidad de mezclas drenantes o abiertas con una fiabilidad, representatividad, repetibilidad y rendimiento mayor que las técnicas actuales.

Este sistema mide la permeabilidad y, de forma indirecta, el índice de huecos y grado de compactación, valores muy útiles durante la fase de construcción del pavimento. Además, durante la fase de explotación el sistema puede detectar charcos indicativos de la presencia de suciedad o aplastamientos, que en ambos casos hacen recomendable acometer tareas de mantenimiento.

El aparato inventado consiste en una unidad móvil que dispersa un caudal controlado de agua sobre la superficie del pavimento y mediante una cámara termográfica comprueba si la capa de aglomerado drenante es capaz de evacuar toda el agua vertida en un tiempo determinado.

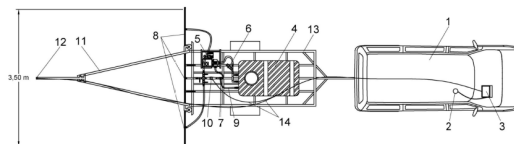


Figura 1

DESCRIPCIÓN

MEDIDOR CONTINUO DE DRENABILIDAD Y PERMEABILIDAD IN-SITU PARA PAVIMENTOS DE CARRETERA

5

Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector de técnico de la auscultación y control de calidad de firmes de carretera, en concreto en lo relativo a mezclas bituminosas drenantes o abiertas.

10 Estado de la técnica

La principal característica de las mezclas bituminosas drenantes o abiertas es el elevado índice de huecos, el cual le confiere sus propiedades funcionales. Este porcentaje de huecos es, además, un criterio de aceptación o rechazo durante la ejecución de la obra, pues está relacionado con el grado de compactación alcanzado que, por otra parte, es
15 condicionante de las características resistentes y durabilidad del pavimento.

Actualmente existen diversos procedimientos para la **medida del porcentaje de huecos** en mezclas bituminosas, todos ellos recogidos en la serie de normas UNE-EN 12697. Sin embargo, los resultados son siempre puntuales, presentan a menudo poca fiabilidad y un
20 grado de repetibilidad muy bajo, sobre todo en los pavimentos drenantes. Por otra parte, todos estos métodos requieren la extracción de varios testigos y su ensayo en laboratorio, lo cual tiene dos grandes inconvenientes: El daño causado en el pavimento y el tiempo que se necesita para obtener el resultado.

25 Numerosos estudios han comprobado que existe una relación directa entre el porcentaje de huecos conectados y la permeabilidad de la mezcla. Sin embargo, la **medida de la permeabilidad in-situ** es, si cabe, más problemática. La norma que regula este ensayo es la UNE-EN 12697-40:2013. Este ensayo presenta numerosos inconvenientes en su ejecución y una importante imprecisión en sus resultados.

30

Sería por lo tanto deseable contar con un método de medida de la permeabilidad in-situ fiable, repetible y de alto rendimiento. **Obtenida la permeabilidad, se calcularía indirectamente el porcentaje de huecos y el grado de compactación.** Ambos resultados estarían disponibles in-situ y de forma inmediata, permitiendo que durante la ejecución de la
35 obra se pudieran tomar medidas correctivas que eviten un posterior rechazo de la unidad de

obra, lo cual conllevaría el levante de la capa de aglomerado e importantes pérdidas económicas para el contratista.

Pero este método de medida no sólo sería aplicable durante la fase de construcción, sino también durante el **mantenimiento de la carretera**. Al ser un método de alto rendimiento y extensivo a toda la superficie del pavimento, se podría determinar rápidamente en el **grado de suciedad** en cientos de metros cuadrados de pavimento. La suciedad es importante en los pavimentos drenantes porque al taponarse los poros con polvo, grasas o lodo se pierden sus características funcionales, siendo necesario llevar a cabo una limpieza con chorros de agua a presión. El nuevo método de medida permitiría determinar cuándo debe llevarse a cabo esta tarea de mantenimiento y comprobar posteriormente su efectividad.

Otra aplicación en fase de mantenimiento es la **detección de roderas o aplastamientos** en determinadas zonas del pavimento. En estos lugares el porcentaje de huecos es menor y el pavimento no es tan drenante como en zonas sanas.

Descripción de los dibujos

Para completar la descripción realizada, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un dibujo en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Vista de planta del dispositivo objeto de la invención

Figura 2.- Alzado del dispositivo objeto de la invención

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de auscultación de pavimentos de carretera formado por una unidad móvil que dispersa un caudal controlado de agua sobre la superficie del pavimento y comprueba si la capa de aglomerado drenante es capaz de filtrar toda el agua vertida en un tiempo determinado.

La unidad móvil está formada por los siguientes elementos:

- Un depósito de agua
- Una motobomba de agua
- Un filtro

- Un juego de válvulas
- Tuberías de conexión de polietileno
- Un caudalímetro digital
- Tres lanzas de agua abatibles
- 5 • Una cámara termográfica
- Un soporte extensible y abatible para la cámara termográfica
- Un receptor GPS
- Un remolque con freno sobre el que van montados los anteriores equipos
- Un ordenador portátil
- 10 • Cables de datos para conexión de la cámara termográfica, caudalímetro digital y receptor GPS al ordenador portátil.

El remolque (13) va tirado por un vehículo (1) capaz de mantener velocidades reducidas, del orden de 5km/h. Esta velocidad es controlada mediante el receptor GPS (2) conectado al ordenador portátil (3).

El depósito (4), que irá vacío durante el transporte, tiene capacidad suficiente para que, bombeando el caudal de cálculo y circulando a una velocidad determinada, se pueda irrigar una longitud suficiente de carretera. En caso de que el caudal deba ser muy elevado o la longitud requerida de ensayo mayor y el volumen del depósito no fuese suficiente, se puede cerrar el flujo en una o dos de las tres lanzas, midiendo de esta forma un tercio o dos tercios del ancho de carril.

La motobomba (5) toma el agua de la salida inferior del depósito. Entre estos dos elementos se interpone un filtro (6) por si el agua con la que se llena el depósito está sucia. A la salida de la bomba se coloca una primera válvula (7) que deriva el flujo hacia las lanzas de agua (8) o de vuelta hacia el depósito a través de un by-pass (9). Mediante esta válvula se regula el caudal bombeado hacia el pavimento. Dicho flujo es controlado mediante un caudalímetro digital (10) que, conectado por medio de cable de datos (14), comunica al ordenador portátil el caudal exacto en cada momento.

En la parte trasera de la unidad móvil figura una estructura tubular (11) que permite situar la cámara termográfica (12) a unos 3m de altura y a una distancia de 3-4m desde el plano vertical donde se encuentran las lanzas de agua. La cámara se orienta hacia abajo, perpendicular al pavimento. La altura indicada está condicionada por la óptica de la cámara

termográfica, de modo que se logre abarcar el ancho completo del carril (3,5m). La distancia horizontal a las lanzas de agua es la suficiente para que, a la velocidad a la que se mueve el remolque, transcurra el tiempo suficiente para que el pavimento filtre el agua vertida. La cámara está conectada por medio de cable de datos (14) al ordenador portátil situado en el interior del vehículo (1).

La cámara termográfica es capaz de diferenciar las zonas de charco de agua de las zonas de pavimento mojado, donde ya se distingue el árido. Si el pavimento es perfectamente homogéneo, aparecerá en la imagen una línea recta que diferencia la zona mojada de la que todavía está inundada. En todo caso, la cámara abarca un ángulo suficiente para detectar esta línea de contacto aunque sea irregular a lo ancho del carril.

El ordenador portátil almacena las imágenes captadas por la cámara termográfica y, de forma síncrona, la posición y velocidad dada por el GPS y el caudal registrado por el caudalímetro.

Mediante este equipo se pueden realizar varios ensayos:

- Medida de permeabilidad: El objetivo es determinar la relación entre la permeabilidad medida en campo “ k_r ” y la teórica “ k_t ” de la muestra de referencia en laboratorio. Esta relación permite determinar de forma indirecta el índice de huecos y el grado de compactación, valores que son criterios de aceptación o rechazo durante la puesta en obra del material. El procedimiento es como sigue:
 - Se determina en laboratorio la permeabilidad teórica “ k_t ” de varias mezclas bituminosas drenantes de igual dosificación pero diferente grado de compactación, y por consiguiente de diferente índice de huecos.
 - Se fija la velocidad del vehículo “ v ” y la distancia de la cámara termográfica al plano de lanzas de agua “ D ”
 - Se determina el tiempo “ t ” que el agua recién vertida tiene para filtrarse en el pavimento hasta que es alcanzado por el cenit de la cámara termográfica.

$$t = \frac{D}{v}$$

- Se calcula el caudal “ Q ” que debe bombearse sobre 1x1m de pavimento para que justo cuando la cámara termográfica pase por su vertical se haya filtrado por completo.

$$Q = k_t \cdot S = k_t \cdot 1 = k_t$$

- Este caudal se multiplica por el ancho de las lanzas desplegadas, entre 1,2 y 3,5m, y así se obtiene el caudal que debe bombearse durante el ensayo.
- Si la cámara detecta pavimento mojado pero no inundado en el centro de la imagen significa que el agua se ha filtrado antes de lo estimado, es decir, que la permeabilidad del aglomerado es superior a la teórica, $k_r > k_t$.
- Si, por el contrario, el pavimento bajo la cámara está inundado, es decir, existe una lámina de agua aún sobre la superficie, significa que el agua aún no ha tenido tiempo de filtrarse, por lo que la permeabilidad del aglomerado es inferior a la teórica.
- Mediante la relación obtenida en laboratorio y la posición exacta del contacto mojado-inundado se obtiene el índice de huecos y grado de compactación.
- Los cálculos y la interpretación de los resultados varía si la carretera posee pendiente longitudinal o transversal, en cuyo caso deben introducirse coeficientes correctores.

- Medida de drenabilidad: En este caso el objetivo es comprobar si el pavimento cumple su principal requerimiento funcional, mantenerse sin charcos, durante la máxima lluvia teórica en la zona de ensayo. Para ello, el protocolo es el siguiente:
 - Se fija la velocidad del vehículo “v” y la distancia de la cámara termográfica al plano de lanzas de agua “D”
 - Se determina el tiempo “t” que el agua recién vertida tiene para filtrarse en el pavimento hasta que es alcanzado por el cenit de la cámara termográfica.

$$t = \frac{D}{v}$$

- Se calcula la máxima intensidad de lluvia “I” según la normativa de drenaje de carreteras de aplicación.
- Se calcula el caudal a bombear por metro cuadrado para que se vierta sobre el pavimento la cantidad de agua que caería durante la máxima lluvia en un periodo igual al tiempo de concentración “Tc”, pero en un tiempo de “t” segundos.

$$Q = I \cdot S \cdot \frac{t}{T_c} = I \cdot \frac{t}{T_c}$$

- Este caudal se multiplica por el ancho de las lanzas desplegadas, entre 1,2 y 3,5m, y así se obtiene el caudal que debe bombearse durante el ensayo.
- 5 • Por los requerimientos funcionales del pavimento drenante, la superficie debe estar libre de charcos durante toda la lluvia, incluso en su pico de intensidad. La cámara termográfica detecta la presencia de charcos y el software de usuario calcula el porcentaje en superficie, el cual es un indicador de la drenabilidad del pavimento.
- 10 • Si el pavimento está sucio y los poros están obturados aparecerán más zonas de charcos, lo cual indicará que debe realizarse una labor de limpieza.
- 15 • Una vez se lleve a cabo la limpieza, puede volver a pasarse con la unidad móvil y comprobar si la drenabilidad del pavimento se ha recuperado, lo cual indicaría que la tarea de mantenimiento se ha llevado a cabo de forma efectiva.
- 20 • Si el pavimento está fatigado, por ejemplo en zona de roderas, también habrá menos huecos y de nuevo aparecerán zonas de charco. En este caso se habrá detectado un defecto estructural en lugar de funcional.
- Los cálculos y la interpretación de los resultados varía si la carretera posee pendiente longitudinal o transversal, en cuyo caso deben introducirse coeficientes correctores.

REIVINDICACIONES

1. El objeto de la invención es un MEDIDOR CONTINUO DE DRENABILIDAD Y PERMEABILIDAD IN-SITU PARA PAVIMENTOS DE CARRETERA destinado a conocer la permeabilidad y drenabilidad de mezclas bituminosas drenantes o abiertas. El sistema se caracteriza porque comprende:

- Un dispositivo móvil que vierte agua sobre el pavimento de forma homogénea y con un caudal controlado, formado por un depósito de agua (4), una motobomba (5), un caudalímetro digital (10) y tres lanzas de agua (8), además de valvulería (7), filtro (6) y tuberías de conexión (9).
- Una cámara termográfica (12) suspendida de un soporte metálico (11) a una altura y distancia determinada de las lanzas de agua.
- Un remolque (13) sobre el que van montados los anteriores equipos.
- Un receptor GPS (2).
- Un ordenador portátil (3) al que van conectados la cámara termográfica, el caudalímetro y el GPS.

2. Procedimiento para la medida de la permeabilidad in-situ de pavimentos de carretera por medio del sistema descrito en la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

- Determinación en laboratorio de la permeabilidad teórica " k_t " de varias mezclas bituminosas drenantes de igual dosificación pero diferente grado de compactación, y por consiguiente de diferente índice de huecos.
- Cálculo del caudal "Q" que debe bombearse sobre el ancho de carril ensayado para que justo cuando la cámara termográfica pase por su vertical el agua se haya filtrado por completo.
- Circulación con la unidad móvil descrita en la reivindicación 1 bombeando el caudal definido en el cálculo anterior y grabando con la cámara termográfica la superficie del pavimento.
- Determinando de la relación entre la permeabilidad teórica y real a partir de la interpretación de las imágenes de la cámara termográfica.
- Mediante correlaciones determinadas en laboratorio, determinación del índice de huecos y grado de compactación.

3. Procedimiento para la medida de la drenabilidad, entendida como la característica funcional que hace que el pavimento drenante se mantenga sin charcos incluso en el momento de máxima intensidad de lluvia. Este procedimiento emplea el sistema descrito en la reivindicación 1 y está caracterizado porque comprende las siguientes etapas.

- 5 - Cálculo del caudal "Q" que debe bombearse sobre el ancho de carril ensayado y que simule la máxima lluvia estimada en la zona de pruebas.
- Circulación con la unidad móvil descrita en la reivindicación 1 bombeando el caudal definido en el cálculo anterior y grabando con la cámara termográfica la superficie del pavimento.
- 10 - Determinación del porcentaje de zonas encharcadas y valor de drenabilidad.
- Identificación de las causas de fallo de drenabilidad y recomendaciones de mantenimiento.

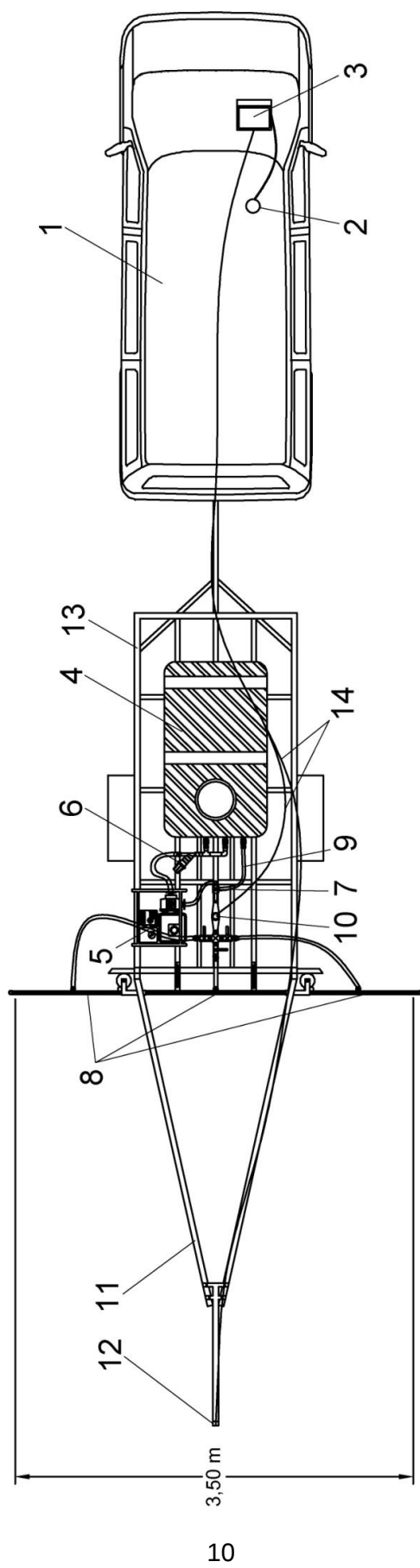


Figura 1

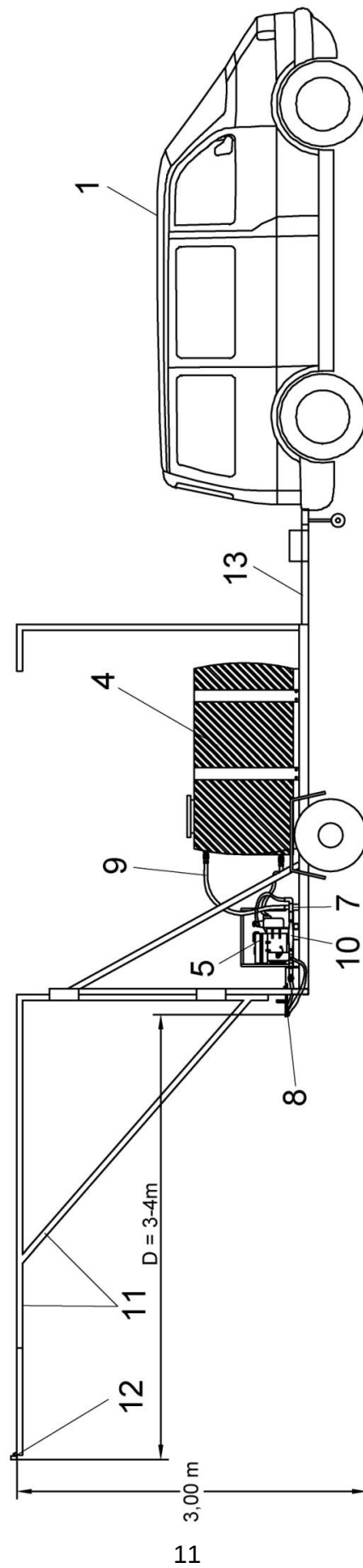


Figura 2