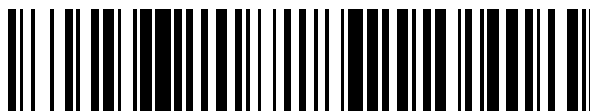


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 096**

51 Int. Cl.:

E01B 1/00 (2006.01)

E01B 21/00 (2006.01)

E01F 5/00 (2006.01)

A01G 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2018 E 18154774 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3358076**

54 Título: **Vía férrea vegetalizada con recirculación de agua de lluvia**

30 Prioridad:

03.02.2017 FR 1750946

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2021

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (50.0%)
48 rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen-sur Seine, FR y
SOL PAYSAGE SARL (50.0%)**

72 Inventor/es:

MARIÉ, XAVIER

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 805 096 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

Vía férrea vegetalizada con recirculación de agua de lluvia

- 5 **[0001]** La invención se refiere al campo de las vías férreas vegetalizadas para la circulación de vehículos guiados, del tipo que comprende un elemento de soporte de la vía férrea, un suelo reconstituido y una cubierta vegetal, estando el elemento de soporte de la vía férrea enterrado en el suelo reconstituido y estando el suelo reconstituido recubierto por la cubierta vegetal.
- 10 **[0002]** Los vehículos guiados se definen como cualquier vehículo del tipo tren, metro, tranvía, etc., aunque este tipo de vías férreas vegetalizadas, también conocidas como vías "verdes", se utilizan más particularmente para líneas de tranvía en las zonas urbanas.
- 15 **[0003]** En el documento DE 297 06 920 U1 se expone una vía del tipo mencionado anteriormente para la cual el suelo reconstituido tiene una capa de drenaje y un sustrato fértil, destinado a permitir el desarrollo de las raíces de la cubierta vegetal y en contacto directo con la capa de drenaje sobre al menos una porción de la misma, y para la que el elemento de soporte de vía férrea comprende vigas de soporte de los rieles a derecha e izquierda, y las vigas descansan sobre la capa de drenaje formando así una capa de soporte, y definiendo entre ellos un hueco central que permite el contacto entre el sustrato fértil y la capa de drenaje.
- 20 **[0004]** También se sabe, por ejemplo, en el documento KR 2011/0108501, que una vía férrea vegetalizada tiene un sistema de riego para regar automáticamente la cubierta vegetal.
- 25 **[0005]** Puede tratarse de un sistema de riego por suministro de agua, o en la superficie, por ejemplo, mediante el riego con boquillas de aspersión situadas cerca de la vía, o por goteo; o en la profundidad, por ejemplo, mediante una red de tuberías microporosas enterradas a unos diez centímetros por debajo de la superficie del suelo para humedecer el suelo cerca de las raíces de las plantas de la cubierta vegetal.
- 30 **[0006]** Sin embargo, los sistemas de riego de tipo localizado que suministran agua en un punto o línea (goteo o tubería microporosa) están mal adaptados o incluso son bastante ineficientes para un césped, que es una alfombra continua de plantas. De hecho, solo se benefician las raíces cerca del punto o la línea de suministro de agua.
- 35 **[0007]** Además, un sistema de riego, que ya tiene un coste de instalación significativo, es difícil de mantener. A menudo sus componentes visibles son objeto de vandalismo. Este es particularmente el caso de las boquillas de aspersión.
- 40 **[0008]** Pero, sobre todo, se obstruye rápidamente si no recibe suministro de una red de agua potable, lo que requiere un reemplazo frecuente de ciertos componentes. Este reemplazo a veces puede ser delicado, en particular para componentes enterrados, como las tuberías microporosas.
- 45 **[0009]** Esta es la razón por la cual, para limitar el tiempo de este efecto de incrustación, se utiliza agua limpia tomada de la red de distribución de agua potable urbana.
- [0010]** Por lo tanto, esto representa un alto coste operativo, especialmente porque, como cualquier circuito de agua, está sujeto a fugas.
- [0011]** Todo esto conduce a una rentabilidad relativamente baja del suministro de agua en relación con las necesidades de la vegetación.
- 50 **[0012]** Por lo tanto, la invención tiene por objeto paliar el problema mencionado anteriormente.
- [0013]** Con este fin, la invención tiene como objeto una vía férrea vegetalizada según las reivindicaciones anexas.
- 55 **[0014]** Aprovechando mejor el agua de lluvia que cae en el paso de la vía, la invención permite prescindir de un sistema de riego adicional para el mantenimiento de la vegetación que hay en la vía o alrededor de ella.
- 60 **[0015]** La invención y sus ventajas se entenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada de una realización particular, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo, haciéndose esta descripción en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- la figura 1 es una representación esquemática en perspectiva de un elemento de soporte de la vía;
 - la figura 2 es una sección transversal de una vía férrea vegetalizada según una realización que incorpora el elemento de soporte de la vía de la figura 1 y que tiene un suelo reconstituido que comprende una capa de soporte y un sustrato fértil, que constituye en sí mismo una capa inferior y una capa superior, recibiendo esta última una
- 65

cubierta vegetal, en particular un césped; y,

- la figura 3 es una sección transversal de una vía férrea vegetalizada según una realización que incorpora el elemento de soporte de la vía de la figura 1 y que comprende un sistema de recirculación del agua de lluvia que cae sobre la vía, para el riego de la cubierta vegetal.

5

[0016] Una vía férrea vegetalizada, como la vía 50 ilustrada en las figuras, tiene dos filas de rieles ubicadas de manera que están al ras de la superficie del suelo. La vía comprende uno o más elementos de soporte ferroviario enterrados debajo de la superficie del suelo y sobre los cuales se fijan los rieles. La vía comprende un suelo reconstituido 40, fértil, alrededor o a lo largo de los elementos de soporte ferroviario para rellenar, al menos

10

parcialmente, la zanja formada en el suelo para recibir la vía. Finalmente, la vía incluye una cubierta vegetal que consta de plantas sembradas o plantadas en la capa superficial del suelo reconstituido.

DESCRIPCIÓN DEL SOPORTE

15 **[0017]** Preferiblemente, el elemento de soporte de la vía es del tipo mostrado en las figuras 1 y 2. Sin embargo, como una variante, se podrían usar otros tipos de elementos de soporte ferroviario.

[0018] El elemento de soporte de vía férrea 10 comprende, a cada lado de un trazado C de la vía férrea vegetalizada 50, una viga izquierda 11 y una viga derecha 12.

20

[0019] La viga izquierda 11 tiene una cara inferior 21, en contacto con una superficie superior 42 de una capa de soporte 41 del suelo reconstituido 40, como se describirá en detalle a continuación; una cara lateral exterior 22; una cara lateral interior 24; y una cara superior 23.

25

[0020] Simétricamente con respecto a un plano sustancialmente vertical que pasa a través del trazado C, la viga derecha 12 tiene una cara inferior 25 en contacto con la superficie superior 42 de la capa de soporte 41; una cara lateral exterior 26; una cara lateral interior 28; y una cara superior 27.

[0021] Las vigas 11 y 12 tienen una primera altura h1. Por ejemplo, la primera altura varía entre 20 cm y 40

30

[0022] La cara superior, 23, 27 de cada una de las vigas, 11, 12, comprende una pluralidad de durmientes 30. Un durmiente es una base, de plástico o de metal, que tiene varillas de anclaje selladas en el hormigón de las vigas. Las sujeciones 31 fijadas a la base permiten mantener en posición un riel 32. Las bases y las sujeciones constituyen

35

un sistema de sujeción de riel.

[0023] Un durmiente tiene un espesor de unos pocos centímetros, por ejemplo 2 cm. Y un riel tiene una altura estándar de 15 cm, por ejemplo.

40

[0024] El elemento de soporte de vía férrea 10 tiene jambas transversales 14 para asegurar las vigas derecha e izquierda, 11, 12, que constituyen refuerzos. Evitan que las vigas derecha e izquierda se alejen una de la otra bajo el efecto de las fuerzas, en particular al pasar los tranvías, en particular en las curvas.

[0025] Las jambas transversales 14 se disponen a intervalos sustancialmente regulares, por ejemplo, cada 1,5

45

m en alineación recta y cada 1,2 m en curvas.

[0026] Una jamba transversal 14 tiene una cara inferior 31 en contacto con la superficie superior 42 de la capa de soporte 41, una cara lateral aguas arriba 32, una cara lateral aguas abajo 34 y una cara superior 33. Los calificativos

50

aguas arriba y aguas abajo aquí son relativos en el sentido de referencia del tráfico de los vehículos en la vía.

[0027] Una jamba 14 tiene una segunda altura h2 igual o inferior a la primera altura h1. En la realización mostrada en las figuras, la segunda altura es menor que la primera altura de modo que, las caras inferiores de las jambas y de las vigas descansan en el mismo plano, la cara superior 33 de las jambas 14 está empotrada verticalmente

55

con respecto a la cara superior 23, 27 de las vigas 11, 12.

[0028] Transversalmente entre las vigas derecha e izquierda, 11 y 12, y longitudinalmente entre dos jambas 14 sucesivas, el elemento de soporte de vía férrea 10 comprende un rebaje 16 central y pasante.

[0029] El elemento de soporte de vía 10 es, por lo tanto, del tipo que comprende vigas a cada lado de un rebaje central que permite la continuidad del suelo reconstituido desde la capa superficial que recibe la cubierta vegetal hasta una capa profunda, como una capa para soportar el elemento de soporte de vía, que luego puede constituir una capa de drenaje.

60

[0030] Como una variante, en comparación con la figura 3, el suelo reconstituido se coloca solo entre las vigas

65

11, 12.

PRIMERA MEJORA DE LA ESTRUCTURA EN CAPAS DEL SUELO RECONSTITUIDO

- 5 **[0031]** El suelo reconstituido está estructurado para presentar varias funciones simultáneamente.
- [0032]** Debe permitir la circulación del aire y la circulación del agua propias para el desarrollo del sistema de raíces de las plantas en la cubierta vegetal.
- 10 **[0033]** Debe tener una capacidad significativa de infiltración de agua en la superficie para limitar los efectos de la saturación y, por lo tanto, la escorrentía en la superficie de la vía.
- [0034]** Debe tener una capacidad más profunda para retener un volumen de agua disponible optimizado para las plantas.
- 15 **[0035]** También debe tener la capacidad de drenar el agua de lluvia que cae en el paso de la vía.
- [0036]** Con referencia a la realización ilustrada en la figura 2, el suelo reconstituido 40 de la vía 50 está compuesto de al menos tres capas, también llamadas "horizontes", cuyas características de espesor, porosidad, permeabilidad, capacidades de retención de agua y aire se determinan específicamente de acuerdo con el clima de la región en la que se encuentra la vía y el tipo de plantas que constituyen la cubierta vegetal 55, a fin de obtener una fertilidad física propicia para el crecimiento de estas plantas y un disponibilidad de agua propicia para la capacidad de recuperación de la cubierta vegetal en ausencia de un sistema de riego o en caso de mal funcionamiento.
- 20 **[0037]** Por porosidad total p se entiende el volumen relativo de huecos (o poros) presentes en un material. Este coeficiente adimensional se obtiene restando de la unidad la relación entre la densidad aparente seca y la densidad real del material. La porosidad total es la suma de la microporosidad: los poros del material cuyas dimensiones características son del orden de 1 mm a 100 mm) y de la macroporosidad: los poros cuyas dimensiones características son del orden de 0,1 mm a 10 mm.
- 30 **[0038]** La macroporosidad es favorable para la absorción y la circulación de fluidos (aire y agua) en el material.
- [0039]** La microporosidad, mediante el uso de fuerzas capilares que se oponen al movimiento del agua por gravedad, es favorable a la retención de agua disponible para la planta.
- 35 **[0040]** Por permeabilidad K se entiende la conductividad hidráulica en la saturación de un material. Este parámetro, expresado en mm/h, corresponde a la velocidad a la que fluye un volumen de agua a través del material, saturado con agua, bajo el efecto de la gravedad. Si un suelo tiene una alta permeabilidad (coeficiente mayor de 10 mm/h), el agua de lluvia se filtra rápidamente en las capas más profundas, mientras que si tiene una permeabilidad reducida (coeficiente menor a 2 mm/h), el agua de lluvia absorbida se estancará en el suelo de modo que el suelo anegado se saturará rápidamente y el agua de lluvia ya no podrá ser absorbida y goteará a la superficie del suelo.
- 40 **[0041]** Un suelo para el que la macroporosidad constituye la mayor parte de la porosidad total tendrá una permeabilidad relativamente alta.
- 45 **[0042]** Por potencial matricial, o potencial hídrico matricial, pF , se entiende un coeficiente adimensional que caracteriza la succión que es necesario aplicar para extraer agua de un material a fin de superar las fuerzas capilares en los poros del material. y de absorción-adsorción de agua sobre las partículas del material.
- [0043]** Esto se ilustra con la arena, por un lado, y la arcilla, por otro lado: la arena, que tiene una porosidad principalmente del tipo macroscópico, no absorbe agua, por lo que el agua presente, incluso en pequeñas cantidades, en una muestra de arena se puede extraer con una succión reducida; por otro lado, la arcilla, que tiene una porosidad principalmente del tipo microscópico, adsorbe fuertemente el agua, por lo que el agua presente en una muestra de arcilla será difícil de extraer. Un suelo arcilloso, con igual cantidad de agua, presenta un potencial matricial intermedio entre el de la arena y el de la arcilla.
- 50 **[0044]** El potencial matricial de un material aumenta cuando disminuye su contenido de agua.
- 55 **[0045]** La transpiración de las plantas extrae el agua del suelo. Sin embargo, esta extracción solo es posible hasta un cierto valor límite del potencial matricial, más allá del cual la planta no puede superar las fuerzas que retienen el agua en el suelo y que aumentan con la salida del agua. Más allá de este valor límite del potencial matricial, establecido en pF igual a 4,2, la planta ya no puede satisfacer sus necesidades de agua y marchita.
- 60 **[0046]** Entonces, con pF igual a 0, el suelo está saturado de agua; con pF entre 2,5 y 3 (dependiendo de las características granulométricas del suelo reconstituido fértil), el suelo se vuelve a secar, es decir que el agua que contiene ya no se pone en movimiento por gravedad, la fuerza de la gravedad se contrarresta por la capilaridad y las
- 65

ES 2 805 096 T3

fuerzas de absorción-adsorción; con pF con un valor de 4,2, el suelo está seco hasta el punto de que las plantas se marchitan de manera permanente.

5 [0047] Por lo tanto, el suelo se caracteriza por un volumen de agua disponible para las plantas entre el punto de secado (pF entre 2,5 y 3) y el punto de marchitez permanente (pF igual a 4,2).

[0048] En la realización de la figura 2, el suelo reconstituido 40 comprende, superpuestas una encima de la otra, una capa de soporte 41, una capa inferior 43 y una capa superior 45.

10 [0049] La capa superior 45 está cubierta por las plantas sembradas o plantadas de la cubierta vegetal 55.

[0050] El elemento de soporte de vía 10 se coloca sobre la capa de soporte 41, que preferiblemente se cubre previamente con una película protectora.

15 [0051] Las capas inferior 43 y superior 45 juntas forman un sustrato fértil por encima de la capa de soporte 41 y, ventajosamente, a cada lado y por encima del elemento de soporte de vía 10.

[0052] Estando perforado el elemento de soporte de vía 10, el sustrato fértil entra directamente en contacto con la capa de soporte en la parte axial de la vía. El suelo reconstituido, por lo tanto, tiene una continuidad que permite
20 la infiltración de agua de lluvia desde la capa superior 45 a la capa de soporte 41 a través de la capa inferior 43.

[0053] La capa de soporte 41 constituye una capa de drenaje para el drenaje de la vía.

[0054] Como variante, el suelo reconstituido comprende varias capas de drenaje sucesivas.

25 [0055] La capa de soporte 41 se extiende sobre un primer espesor e1 entre el fondo sustancialmente horizontal de la zanja hecha en el suelo 9, y una superficie superior 42 sustancialmente horizontal.

[0056] Como el soporte 10 descansa sobre la capa de soporte 41, el material que constituye la capa de soporte
30 41 debe tener características mecánicas adecuadas.

[0057] La capa de soporte 41 tiene que drenar la vía y constituir un depósito para cumplir, si es necesario, los compromisos de tasas de fugas máximas autorizadas para la red de recolección de agua de lluvia de la infraestructura en la que se integra la vía férrea, tiene características hidrodinámicas (porosidad y permeabilidad) adaptadas, en particular a la intensidad máxima de la lluvia en la región donde se encuentra la vía.
35

[0058] La capa de soporte 41 tiene una primera porosidad total p1.

[0059] La capa de soporte 41 tiene una primera permeabilidad K1.

40 [0060] La capa de soporte 41 es drenante. Por lo tanto, tiene una alta porosidad total p1, ventajosamente del tipo de macroporosidad, y una alta permeabilidad K1.

[0061] La posible película protectora en la interfaz entre la capa 41 y el soporte 10 o la capa inferior 43 permite
45 evitar la obstrucción de los poros de la capa de soporte 41. Esta película es, por ejemplo, de un material textil adaptado.

[0062] La capa inferior 43 se extiende sobre un primer espesor e2 entre la superficie superior 42 de la capa de soporte 41 y una superficie superior 44 sustancialmente horizontal.

50 [0063] La capa inferior 43 tiene una segunda porosidad p2.

[0064] La capa inferior 43 tiene una segunda permeabilidad K2.

[0065] La capa inferior 43 tiene una segunda capacidad de aireación ca2 y una segunda capacidad de
55 disponibilidad de agua ce2.

[0066] La capa superior 45 se extiende sobre un tercer espesor e3 entre la superficie superior 44 de la capa inferior 43 y una superficie superior 46 sustancialmente horizontal y a ras de la superficie del suelo 9.

60 [0067] La capa superior 45 tiene una tercera porosidad p3.

[0068] La capa superior 45 tiene una tercera permeabilidad K3.

[0069] La capa superior 45 tiene una tercera capacidad de aireación ca3 y una tercera capacidad de
65 disponibilidad de agua ce3.

[0070] Los materiales constituyentes de cada capa se seleccionan según sus propiedades relativas para respetar las restricciones adaptadas a la fertilidad de la cubierta vegetal:

En cuanto a los espesores, el tercer espesor e3 de la capa superior 45 varía entre el 20 y el 80% del espesor del sustrato fértil, que es igual a la suma del segundo y tercer espesores, pero también a la altura del elemento aumentado por la altura de las placas 31 y los rieles 32.

[0071] El tercer espesor e3 de la capa superior 45 de sustrato fértil se sitúa preferiblemente entre 3 y 20 cm; el segundo espesor e2 de la capa inferior 43 del sustrato fértil se sitúa preferiblemente entre 10 y 40 cm, más preferiblemente entre 20 y 30 cm.

[0072] El primer espesor e1 de la capa de soporte 41 se puede elegir independientemente del segundo y tercer espesores. El primer espesor e1 varía, por ejemplo, entre 10 y 80 cm en función de un compromiso entre la resistencia mecánica que debe proporcionar la capa de soporte 41, la eficiencia del drenaje, la capacidad de constituir un depósito para cumplir, si es necesario, con la tasa de fuga limitada en la red de agua de lluvia de la infraestructura, las características del suelo in situ y la posibilidad de despejar el suelo en la ubicación de la vía teniendo en cuenta las redes enterradas existentes.

[0073] En cuanto a las porosidades, la tercera porosidad p3 de la capa superior 45 es superior al 50%. Preferiblemente, la tercera porosidad p3 es principalmente del tipo de porosidad macroscópica. La capa superior 45 debe promover la penetración del agua de lluvia en las capas más profundas del suelo reconstituido 40, y ser capaz de aceptar un gran volumen de agua antes de la saturación para limitar la escorrentía en la superficie de la vía 50.

[0074] La segunda porosidad p2 de la capa inferior 43 está entre 35% y 70%. Preferiblemente, esta segunda porosidad es principalmente del tipo de porosidad microscópica, para almacenar un volumen de agua útil para constituir una reserva de agua accesible a las plantas mediante la absorción de sus raíces.

[0075] La primera porosidad p1 es preferiblemente superior al 30% y es preferiblemente del tipo de macroporosidad, de modo que la capa de soporte 41 cumple su función de capa de drenaje para llevar el agua de lluvia de infiltración a un circuito de recolección como se describirá abajo.

[0076] Con respecto a las permeabilidades, la tercera permeabilidad K3 es igual a una permeabilidad superficial. Esta es superior a la segunda permeabilidad K2 ($K3 > K2$) de modo que el agua capturada por la capa superior 45 puede infiltrarse rápidamente hacia la capa inferior 43 en la que preferiblemente será retenida.

[0077] La primera permeabilidad K1 es superior o igual a la permeabilidad de la superficie: $K3 (K1 \geq K3)$. Esto es para que la capa de soporte 41 drene eficientemente el agua absorbida por el sustrato fértil, en particular por la capa superior 45.

[0078] La permeabilidad de la superficie K3 es preferiblemente igual o superior a la intensidad de lluvia de referencia en la región en la que se encuentra la vía 50, por ejemplo, igual a 10^{-5} m/s (36 mm/h) en Europa. Esto es para llevar rápidamente a las capas más profundas el volumen de agua de lluvia absorbida por la capa superior 45 y, por lo tanto, retrasar el momento en el que esta capa se saturará y el agua de lluvia comenzará a correr en la superficie de la vía 50.

[0079] El coeficiente K2 es, por ejemplo, entre $5 \cdot 10^{-5}$ m/s y 10^{-7} m/s.

[0080] El coeficiente K1 es, por ejemplo, superior a 10^{-5} m/s, preferiblemente igual a 10^{-4} m/s.

[0081] Con respecto a las capacidades de aireación y disponibilidad de agua, la capa superior 45 se caracteriza por una capacidad de disponibilidad de agua ce3 superior o igual al 5% de su volumen, entre pF igual a 2,5 o 3 y pF igual a 4,2.

[0082] La capacidad de aireación ca3 de la capa superior 45 entre pF igual a 0 y pF igual a 2,5 es igual o superior al 10% de su volumen, preferiblemente superior al 20%.

[0083] La capacidad de disponibilidad de agua ce2 de la capa inferior 43 entre pF igual a 2,5 o 3 y pF igual a 4,2 (es decir, el volumen de agua disponible para la planta) es superior al 5% de su volumen, preferiblemente superior al 10%, por ejemplo, igual a 15% o 20%. La capa inferior 43 constituye así una reserva de agua para la cubierta vegetal.

[0084] La capacidad de aireación ca2 de la capa inferior 43 entre pF igual a 0 y pF igual a 2 es igual o superior al 5% de su volumen, preferiblemente superior al 10%.

[0085] La elección de una capacidad de aireación y una capacidad de disponibilidad de agua elevadas, para la

capa superior y la capa inferior del sustrato fértil, permite el desarrollo, a través del espesor del sustrato fértil, de una red de raíces homogénea y de calidad para las plantas de la cubierta vegetal.

5 **[0086]** La capa de soporte 41 es de un material mineral, que incorpora o no ligantes hidráulicos. Es preferiblemente una base granular u hormigón poroso. Constituye la capa de drenaje y de soporte mecánico del suelo reconstituido.

10 **[0087]** La capa superior 45 y la capa inferior 43 tienen una constitución mineral o, preferiblemente, organomineral. En el último caso, están compuestas de suelo arcilloso (de modo que el agua retenida está esencialmente disponible para la planta). La capa superior 45 es más rica en humus y/o arena que la capa inferior.

[0088] Por lo tanto, el suelo reconstituido tiene una estructura en al menos tres capas de funciones y composiciones complementarias para participar en el ciclo del agua y la fertilidad física del suelo.

15 **[0089]** El sustrato fértil podría tener más de dos capas siempre que se observe un gradiente de permeabilidad de manera que la permeabilidad disminuya en función de la profundidad de la permeabilidad de la superficie. El sustrato fértil tiene una capacidad de disponibilidad de agua entre pF igual a 2,5 o 3 y pF igual a 4,2 que aumenta en función de la profundidad. Preferiblemente, el sustrato fértil también tiene una relación entre una porosidad macroscópica y una porosidad microscópica que disminuye con la profundidad.

20 **[0090]** Con el tiempo, la fertilidad física del suelo reconstituido se traduce en un equilibrio tal que la vía férrea vegetalizada también tiene fertilidad química y biológica naturales, favorables al desarrollo de la cubierta vegetal.

SEGUNDA MEJORA EN EL RECICLAJE DE AGUA DE LLUVIA

25 **[0091]** El agua de lluvia sobrante que no puede mantenerse en la zona de amortiguación del suelo reconstituido 40 se recoge a lo largo de la vía 50 y se reutiliza para regar la cubierta vegetal 55.

30 **[0092]** Para esto, la vía férrea vegetalizada 50 está equipada con un sistema de recirculación de agua de lluvia 60.

[0093] En la realización de la figura 3, este sistema 60 comprende un dispositivo para recoger agua de lluvia que tiene un circuito de drenaje y un circuito de flujo.

35 **[0094]** El circuito de drenaje se coloca debajo de la capa de soporte 41 que constituye la capa de drenaje del suelo reconstituido. Por ejemplo, este circuito incluye un conjunto de salida que consta de un tubo de drenaje longitudinal 62, colocado en una ranura central con caras inclinadas que forman el fondo de la zanja receptora de la vía 50.

40 **[0095]** Ventajosamente, el circuito de drenaje se coloca debajo de la capa de soporte 41, directamente encima de la vía 50. Como variante, el circuito de drenaje se coloca lateralmente a los lados de la vía 50, debajo de la capa de soporte 41.

45 **[0096]** El tubo de drenaje 62 es, por ejemplo, cilíndrico y comprende, en el lado superior, orientado hacia y en contacto con la capa de soporte 41, microperforaciones que permiten que el agua drenada por la capa de soporte 41 sea recogida dentro del tubo 62.

[0097] El tubo 62 está, por ejemplo, rodeado por un geotextil.

50 **[0098]** El conjunto de salida tiene tomas laterales 64, situadas regularmente a lo largo del tubo 62, para llevar el agua recogida por el tubo de drenaje 62 a los depósitos de recuperación 66.

55 **[0099]** Los depósitos 66, tanques grandes integrados en la infraestructura, están preferiblemente enterrados a lo largo de la vía 50, por ejemplo, cada cien metros. Para no debilitar la estructura, se colocan lateralmente lejos de la vía 50.

[0100] La capa de soporte 41 también puede asegurar parcial o totalmente la función del depósito del sistema de recirculación de agua de lluvia. Entonces no se drena en su base, pero funciona con una conexión de salida de desbordamiento.

60 **[0101]** Ventajosamente, el dispositivo de recogida tiene un circuito de flujo para recoger el agua de lluvia que fluye sobre la superficie de la vía cuando la capa superior 45 del suelo reconstituido está saturada. Este circuito incluye bocas de inspección 61 (o incluso rejillas de salida, escotillas de drenaje o su equivalente) en el borde de la vía 50.

65 **[0102]** Preferiblemente, una boca de inspección 61 está conectada por una tubería 63 a la capa de soporte 41,

para conducir el agua de escorrentía directamente a la capa de drenaje que constituye la capa de soporte 41 antes de ser recogida por el conjunto de salida 62, 64.

5 **[0103]** Por lo tanto, el depósito 66 recoge el agua de infiltración y el agua de escorrentía en el paso de la vía 50.

[0104] El depósito 66 incluye un desbordamiento que permite la evacuación del agua almacenada cuando su nivel excede un nivel umbral. Por ejemplo, se proporciona un desbordamiento por gravedad 67 en el depósito. El agua se evacua, por ejemplo, hacia una alcantarilla.

10

[0105] El sistema 60 incluye un dispositivo de rociadores 70. Es preferiblemente un sistema de rociadores adecuado para descargar, con una alta velocidad de flujo, un volumen de agua suficiente para formar una capa de agua de unos pocos milímetros en todo el ancho de una sección de la vía 50.

15 **[0106]** El dispositivo 70 tiene, por ejemplo, una bomba de elevación 72 capaz de llevar el agua extraída del depósito 66 a las boquillas 76 de riego.

[0107] El agua retirada por la bomba se filtra ventajosamente pasando a través de un filtro 68.

20 **[0108]** El sistema 60 incluye un dispositivo de control 80. Este sistema comprende, por ejemplo, una sonda 82 insertada en el suelo reconstituido de la vía 50 para medir al menos la higrometría de las capas profundas del suelo reconstituido 40 que retiene una reserva de agua para la cubierta vegetal. Puede ser una medida de humedad o del potencial matricial.

25 **[0109]** El dispositivo 80 es capaz de determinar el estado de secado del suelo reconstituido según las mediciones entregadas por la sonda.

30 **[0110]** El dispositivo 80 es adecuado para determinar si se requiere una adición de agua, teniendo en cuenta las necesidades fisiológicas de las plantas en el período considerado y un historial del estado de secado del suelo reconstituido. Ventajosamente, el control llevado a cabo por el dispositivo 80 se lleva a cabo según las capacidades de amarillamiento temporal y de reverdecimiento de las plantas (en particular del césped) sin riesgo de marchitarse.

35 **[0111]** Si se requiere una adición de agua, el dispositivo 80 puede determinar la cantidad de agua que se debe suministrar y accionar el dispositivo de rociadores 70 de una manera apropiada. Por ejemplo, el dispositivo de control 80 controla, mediante un enlace inalámbrico de tipo wifi, un actuador 74 para abrir la bomba 72 del dispositivo de rociadores 70.

40 **[0112]** La solución que agrega las dos mejoras presentadas anteriormente, la organización de las capas constituyentes del suelo reconstituido, por un lado, y el sistema de recirculación de agua de lluvia, por otro lado, permite gestionar el agua de lluvia de ocurrencia regular o excepcional. Limita los riesgos de saturación del suelo reconstituido, al tiempo que satisface la necesidad de estabilidad mecánica de las vías. Optimiza las condiciones de aireación y suministro de agua necesarias para el desarrollo de las raíces de las plantas. Las raíces pueden desarrollarse en las capas del sustrato fértil, incluso en la capa de drenaje. Se obtiene un buen enraizamiento aumentando la resistencia de la cubierta vegetal. Por lo tanto, las plantas conservan su apariencia verde y se encuentran en condiciones óptimas de crecimiento. El reciclaje del agua de lluvia permite el desarrollo del agua de lluvia y una reducción en el consumo de agua potable para mantener la cubierta vegetal. En caso de saturación, el agua de escorrentía se recupera, en particular al pasar a través de la capa de soporte de drenaje. Esto contribuye a suavizar con el tiempo la cantidad de agua de lluvia que la infraestructura de recolección de agua urbana debe gestionar en caso de fuertes lluvias.

50 **[0113]** Las dos mejoras presentadas anteriormente se han descrito en el contexto de una sola vía férrea, pero son adecuadas para aplicar a una pluralidad de vías, por ejemplo, en paralelo entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Vía férrea vegetalizada (50) que comprende un elemento de soporte de vía (10), un suelo reconstituido (40) y una cubierta vegetal (55), estando enterrado el elemento de soporte de vía, al menos parcialmente, en el suelo reconstituido y estando el suelo reconstituido cubierto por la cubierta vegetal (55), el suelo reconstituido (40) comprende una capa de drenaje (41) y un sustrato fértil (43, 45), destinado a permitir el desarrollo de las raíces de la cubierta vegetal (55) y en contacto directo con la capa de drenaje en al menos una porción de la capa de drenaje, y el elemento de soporte de vía (10) comprende vigas a derecha e izquierda (11, 12) para soportar los rieles, las vigas descansan sobre la capa de drenaje (41) y luego forman una capa de soporte, y delimitan entre ellas un rebaje (16) central que permite que el sustrato fértil (43, 45) y la capa de drenaje (41) entren en contacto, **caracterizado porque** la vía férrea vegetalizada comprende además un sistema (60) de recirculación de agua de lluvia que comprende un dispositivo (61 a 64) para recoger el agua de lluvia que cae sobre la vía férrea vegetalizada y un dispositivo para rociadores (70) de la cubierta vegetal con el agua de lluvia recogida, y el dispositivo para recoger el agua de lluvia comprende un conjunto de salida (62, 64), dispuesto debajo de la capa de drenaje, para recoger el agua de lluvia que se infiltra a través del suelo reconstituido, y un medio de almacenamiento (66) del agua recogida por el conjunto de salida, y **porque** el elemento de soporte de vía (10) comprende jambas transversales (14) para asegurar las vigas derecha e izquierda (11, 12) que constituyen refuerzos, dispuestas a intervalos sustancialmente regulares, cada jamba transversal tiene: una cara inferior (31) en contacto con la superficie superior (42) de la capa de drenaje (41); una cara lateral aguas arriba (32); una cara lateral aguas abajo (34); y una cara superior (33).
2. Vía férrea vegetalizada según la reivindicación 1, en la que el medio de almacenamiento está formado por la capa de drenaje (41) y al menos un depósito de almacenamiento (66), preferiblemente enterrado.
3. Vía férrea con vegetación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en la que el dispositivo de recogida de agua de lluvia comprende un circuito de flujo (61, 63) para recoger el agua de lluvia que fluye sobre la superficie del suelo reconstituido, llevando preferiblemente el circuito de flujo el agua de lluvia recogida por la escorrentía al medio de almacenamiento (66).
4. Vía férrea con vegetación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el dispositivo de rociadores (70) comprende una bomba (72) capaz de llevar agua desde el depósito de almacenamiento (66) a la cubierta de la planta (55).
5. Vía férrea vegetalizada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende un dispositivo de control (80) adecuado para determinar el suministro de agua necesario a la cubierta vegetal (55) y para controlar el dispositivo de rociadores (70) según el suministro de agua determinado.
6. Vía férrea vegetalizada según la reivindicación 5, en la que el dispositivo de control (80) está conectado a al menos una sonda (82) adecuada para administrar una medición de humedad o de potencial matricial de agua en el sustrato fértil (43, 45), pudiendo determinar el dispositivo de control el suministro de agua necesario para la cubierta vegetal (55) a partir de dicha medición.
7. Vía férrea vegetalizada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el suelo reconstituido comprende una capa de soporte (41) en la superficie superior (42) de la cual descansa el elemento de soporte de vía (10), la capa de soporte que constituye la capa de drenaje, estando el sustrato fértil (43, 45) en contacto directo con una parte de la capa de soporte alrededor del elemento de soporte de vía, teniendo el sustrato fértil una permeabilidad que disminuye en función de la profundidad desde una permeabilidad de la superficie (K3), y teniendo la capa de soporte una permeabilidad (K1) superior a la permeabilidad de la superficie (K3).
8. Vía férrea vegetalizada (50) según la reivindicación 7, en la que el sustrato fértil comprende al menos una capa inferior (43) y una capa superior (45), la capa superior recibe la cubierta vegetal (55), siendo una permeabilidad de la capa superior (45) igual a la permeabilidad de la superficie y siendo una permeabilidad (K2) de la capa inferior (43) inferior a la permeabilidad de la superficie.
9. Vía férrea vegetalizada (50) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el dispositivo de rociadores (70) es capaz de crear una capa de agua en la superficie del suelo reconstituido (40) para regar la cubierta vegetal (55).

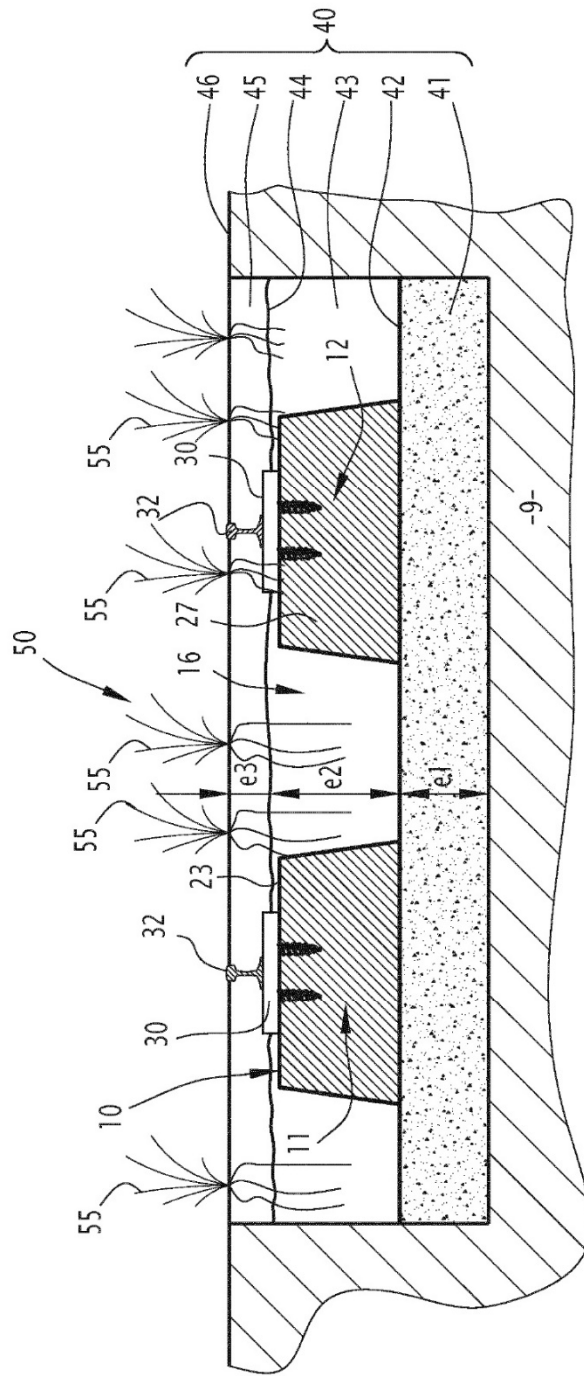


FIG.2

