

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 282**

51 Int. Cl.:

E02D 3/12 (2006.01)

E01C 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2006** **PCT/EP2006/060106**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2006** **WO06089878**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2006** **E 06708388 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 1856332**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de suelos, en particular de suelos secos sensibles al agua**

30 Prioridad:

22.02.2005 FR 0501769

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

18.07.2018

73 Titular/es:

**S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT
(100.0%)**

**RUE CHARLES DUBOIS, 28
1342 OTTIGNIES-LOUVAIN-LA-NEUVE, BE**

72 Inventor/es:

JOLY, CLAUDE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 676 282 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 tratamiento de suelos, en particular de suelos secos sensibles al agua

La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de suelos secos sensibles al agua.

5 De una manera general, los suelos que presentan un déficit hídrico con respecto al contenido óptimo de agua, para poder ser utilizados en la construcción de los trabajos de obras públicas, en la parte terraplén, explanación, coronación de explanación, capas de explanada y capas de firmes, deben ser tratados mediante un procedimiento de tratamiento de suelos que permita la mejora y/o la estabilización de estos últimos.

10 Numerosos suelos naturales contienen arcillas en contenidos muy variables. Las arcillas representan una familia de minerales que se tornan inestables en presencia de agua; entonces, el suelo pasa del estado sólido al estado plástico. Así, las arcillas son responsables de la inestabilidad en las obras construidas.

Se entiende por "tratamiento de los suelos", a los efectos de la presente invención, un procedimiento consistente en modificar el suelo con el fin de que cumpla las funciones a que se destina, en particular la mejora y la estabilización de los suelos. Por lo tanto, un tratamiento de suelo no incluye, por ejemplo, la inserción en el suelo de una capa impermeable, ya que tal operación no modifica en sí el suelo.

15 Se entiende por "mejora" de los suelos, la insensibilización al agua de los suelos por floculación de las arcillas, que permite una circulación a corto plazo, e incluso inmediata, de la maquinaria de construcción y una modificación a largo plazo, que hace insensibles al agua los suelos tratados.

20 La "insensibilidad" al agua significa que el suelo deja de evolucionar hacia el estado plástico, en aportaciones ulteriores de agua, ya sea por capilaridad natural o por las lluvias o las inundaciones; se evita así el paso al estado plástico (pastoso) del suelo y la disminución de la capacidad portante del suelo, que acarrea la destrucción de la obra. La mejora concierne sobre todo a los terraplenes y a la preparación de los suelos en vistas a su estabilización.

25 Se entiende por "estabilización" de los suelos, el aumento de las prestaciones mecánicas para una reutilización en las capas superiores de la obra: explanación, coronación de explanación, capas de explanada y capas de firmes. La estabilización puede obtenerse sobre materiales que hayan experimentado la fase de mejora mediante aumento de la dosificación de cal, que lleva consigo una reacción con los componentes presentes en los suelos o de sintaxia en los suelos calizos.

El término de "cal" representa un conjunto de compuestos que son la cal viva, compuesta principalmente de óxido de calcio, la cal apagada o hidratada, compuesta principalmente de hidróxido cálcico, o una suspensión acuosa fabricada a base de cal viva o de cal hidratada, por ejemplo lechada de cal.

30 Para estabilizar y mejorar los suelos secos, los procedimientos conocidos hasta ahora son tratamientos que convencionalmente se efectúan con cal viva o, en el caso de suelos secos finos como los limos arcillosos, el tratamiento puede efectuarse con lechada de cal.

Para un suelo seco tratado con cal, el procedimiento de tratamiento de suelo seco precisa de las siguientes etapas:

1. una preparación del suelo, que consiste en una disgregación y un esponjamiento del suelo compacto;
- 35 2. una pre-humectación del suelo, generalmente mediante un riego; teniendo esta pre-humectación dos objetivos:
 - a) compensar el déficit hídrico del suelo para llevarlo a su densidad óptima;
 - b) aportar el agua necesaria para el apagado de la cal y/o para el desarrollo de las reacciones puzolánicas;
- 40 3. un mezclado del suelo con el fin de repartir el agua de aportación; en numerosos casos, esta operación se realiza la víspera del tratamiento con cal;
4. un extendido de la cal sobre el suelo pre-humectado;
5. un mezclado del suelo con la cal;
6. un extendido de agua, con el fin de ajustar el contenido al óptimo para el tipo de suelo tratado;
7. un mezclado de acabado.

45 En presencia de suelos finos, sensibles al agua, por ejemplo los limos arcillosos, el tratamiento puede efectuarse con lechada de cal. Este tipo de tratamiento está muy difundido, por ejemplo, en Estados Unidos. El tratamiento comprende, entonces, las siguientes etapas:

1. una preparación del suelo, que consiste en un esponjamiento del suelo compacto;
2. una pre-humectación del suelo, mediante riego, con el fin de compensar en parte el déficit hídrico;
3. un mezclado del suelo, con el fin de repartir el agua de aportación;
4. un extendido de la lechada de cal sobre el suelo pre-humectado;
5. un mezclado del suelo tratado con lechada de cal;
6. un ocasional extendido de agua, con el fin de ajustar el contenido al óptimo para el tipo de suelo tratado;
7. un mezclado de acabado.

Lamentablemente, estos dos procedimientos de tratamiento respectivamente con cal o con lechada de cal presentan múltiples inconvenientes, entre ellos, un elevado número de pasadas de la diferente maquinaria, lo cual encarece los costes y el plazo de ejecución y lleva consigo un gran consumo energético.

En las zonas de obras donde los suelos son tratados con cal viva, la calidad de la mezcla obtenida se ve penalizada además por una sobredosificación de agua en la pre-humectación. Esta sobredosificación hace pasar el suelo a estado plástico, lo cual perturba la circulación de la maquinaria de explanación y lleva consigo la formación de grumos de cal, que, en el mezclado del suelo, no quedan repartidos en el suelo tratado. Por otro lado, el extendido de cal pulverulenta puede ser generadora de polvo, en caso de viento demasiado intenso, y precisar del paro de la obra.

La aportación de agua por extendido sobre el suelo también provoca escorrentías sobre los suelos en pendiente, así como en las huellas dejadas por el paso de las ruedas de las máquinas de extendido, acarreado una irregularidad en los contenidos en agua del suelo.

Asimismo, el extendido de lechada de cal conduce, en la pre-humectación, a una sobredosificación de agua en los puntos donde hay acumulación –en las roderas de las ruedas de la maquinaria, al pie de las pendientes...– Este fenómeno reduce la capacidad portante del suelo y perturba el posterior paso de la maquinaria de construcción. Por añadidura, en el extendido de la lechada de cal, la escorrentía en suelo en pendiente o por las roderas de la maquinaria conduce asimismo a una irregularidad de los contenidos de cales en los suelos tratados.

Además, el control del extendido se realiza tradicionalmente mediante el balizamiento de una superficie sobre la cual se tiene que extender el contenido de un camión cisterna. La dificultad de ajustar el caudal a la velocidad de progresión del camión conduce con frecuencia a no alcanzar la baliza (sobredosificación) o a alcanzarla antes de que la cisterna esté vacía (subdosificación). Este dominio defectuoso del caudal extendido para una superficie dada lleva consigo una aportación heterogénea de cal y de agua sobre el suelo.

Existen también, en el ámbito de la agricultura, enterradores de agua, dotados de dientes distribuidores o de hojas de arado, también distribuidoras, y que permiten un enterramiento de líquidos cargados, como es el estiércol, en los surcos formados en los suelos agrícolas. Estos equipos, por su parte, presentan límites de utilización en varios ámbitos. En especial, no son utilizables en suelos pedregosos; en presencia de rocas grandes (> 150 a 200 mm), que originan una resistencia a la penetración de los dientes. Entonces, un mecanismo incorporado a la extendidora hace salir los dientes del suelo y el líquido va a parar a la superficie, con todos los problemas relacionados con la escorrentía. Por otro lado, su profundidad de enterramiento está limitada a aproximadamente 15 cm, y la aportación de líquido está limitada de 25 a 30 dm³/m².

Finalmente, la distribución transversal del líquido no es regular por toda la anchura de paso de la maquinaria. El líquido viene a parar esencialmente en la cercanía directa de los dientes u hojas. Esta heterogeneidad no se verá corregida en las siguientes etapas del tratamiento del suelo, ni siquiera en un mezclado. En efecto, los mezcladores trabajan el suelo en el sentido de avance del material, y no transversalmente.

Como equipo de este tipo cabe citar el descrito en la solicitud de patente británica GB-A-2180431. En este documento, el procedimiento de tratamiento de suelos comprende

- una excavación en el suelo, hasta una profundidad determinada, de varias zanjas paralelas simultáneamente, y
- una distribución en dichas zanjas de un líquido de tratamiento, eventualmente cargado con una materia en suspensión.

Este equipo presenta los mismos inconvenientes que los indicados anteriormente.

El documento DE 9421169 U1 da a conocer un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención tiene por finalidad paliar los inconvenientes del estado de la técnica proveyendo un procedimiento de

tratamiento de suelos secos sensibles al agua, que permita un enterramiento conveniente y homogéneo de líquido de tratamiento en el suelo, en vistas a su mejora y/o a su estabilización.

Para solucionar este problema, se ha previsto, conforme a la invención, un procedimiento que comprende:

una excavación en el suelo, hasta una profundidad determinada, de varias zanjas paralelas simultáneamente,

- 5 incluyendo cada una de dichas zanjas un surco vertical que presenta una primera anchura (L_1) y, a dicha profundidad determinada, un surco horizontal que tiene una segunda anchura (L_2) superior a la primera, siendo los surcos horizontales de las zanjas vecinas al menos lateralmente adyacentes, y

una deposición en dichas zanjas de una vena continua de líquido, teniendo lugar dicha deposición en el conjunto de los surcos horizontales de las zanjas en toda su anchura,

- 10 caracterizado por que dicho procedimiento es un procedimiento de mejora y/o de estabilización de suelos secos sensibles al agua que contienen arcilla, en el que dicha deposición de una vena continua de líquido es una distribución de un líquido de tratamiento, seleccionado de entre una lechada de cal y una suspensión acuosa a base de cal,

- 15 comprendiendo además dicho procedimiento un asentamiento del suelo que recubre la vena de líquido de tratamiento depositada en los surcos horizontales con enterramiento uniforme del mismo en el suelo que se va a tratar.

Por los términos “excavación de una zanja o excavación de zanjas”, hay que entender una formación de una o de varias zanjas temporales, lo cual implica un esponjamiento de la tierra colindante y tiene como consecuencia que la zanja temporal se desmorona o se asienta rápidamente una vez que se deposita el líquido de tratamiento, este asentamiento permite el enterramiento uniforme del líquido y es prácticamente simultáneo a la excavación.

- 20 Por los términos “surco horizontal que tiene una segunda anchura L_2 ”, hay que entender un túnel cuya anchura es L_2 . De acuerdo con la invención, se deposita una vena continua de líquido en el surco horizontal. Por lo tanto, en el mencionado túnel.

- 25 Seguidamente, el procedimiento comprende un asentamiento del suelo que recubre la vena de líquido de tratamiento depositada en el túnel y el mismo se asienta casi de inmediato por su parte superior, enterrándose el líquido de tratamiento de manera uniforme en el suelo que ha de tratarse. Así, el procedimiento según la invención permite una dispersión lateral homogénea del líquido de tratamiento, puesto que las zanjas en las que se introduce el líquido de tratamiento son excavadas de manera que los surcos horizontales sean lateralmente adyacentes o incluso se traslapan eventualmente entre sí y que ya no haya espacios muertos sin tratar o tratados distintamente entre dos zanjas vecinas.
- 30

Por lo tanto, el procedimiento según la invención recurre a un sistema de enterramiento que permite introducir el líquido de tratamiento a una profundidad predeterminada con una repartición regular en anchura, lo cual facilita la adecuada dosificación del líquido de tratamiento y permite limitar el número de pasadas de maquinaria, cosa que reduce considerablemente los costes.

- 35 A partir de ese momento, al enterrar el líquido de tratamiento que puede ser una lechada de cal o una suspensión acuosa a base de cal, se eliminan los riesgos de sobredosificación de agua o de eventual materia en suspensión. En efecto, el enterramiento de un líquido de tratamiento según la invención puede reemplazar las etapas de humectación previa, de mezclado y de extendido de la lechada de cal, elimina el problema de escorrentía de agua sobre los suelos en pendiente y por las huellas de la maquinaria y, de esta manera, da regularidad al contenido en agua del suelo.
- 40

Ventajosamente, la profundidad predeterminada de enterramiento según la invención es una profundidad de 20 a 75 cm, preferentemente de 35 a 60 cm.

- 45 Dentro del ámbito de la mejora y de la estabilización de suelos secos, por ejemplo, las sucesivas capas de terraplenes pueden alcanzar 50 cm de altura y se puede necesitar, eventualmente, una profundidad de enterramiento superior a 50 cm. A partir de ese momento, el procedimiento según la invención prevé un enterramiento a una profundidad que oscila entre 20 y 75 cm, preferentemente entre 35 y 60 cm.

Ventajosamente, en un modo preferente de realización según la invención, el líquido de tratamiento presenta un contenido de sólidos de hasta 1000 g/dm³, preferentemente de aproximadamente 400 g/dm³. Como líquido de tratamiento, cabe contemplar, por ejemplo, una lechada de cal.

- 50 En otros casos de suelos, se encuentran ciertos materiales rocosos compactos, por ejemplo las pelitas, que precisan de una considerable disgregación antes de su tratamiento para utilización como terraplén, explanación, coronación de explanación, e incluso capa de explanada o capa de firme. En estado natural, estos materiales se materializan en forma de losas compactas. Una aportación de agua permite en parte la exfoliación de estas rocas. Sin embargo, tras

la disgregación, subsisten bloques que tienen un tamaño de hasta 600 mm. Este considerable tamaño hace inadecuados los medios existentes de aportación de agua. Por otro lado, un desmenuzado más fino, necesario a fin de cumplir con las especificaciones del pliego de prescripciones técnicas que dictan no sobrepasar 200 mm para las coronaciones, es prohibitivo en virtud del carácter abrasivo de estas rocas, que acarrea un rápido desgaste de los equipos.

Por este motivo, estas rocas, según el estado anterior de la técnica, deben ser evacuadas, lo cual precisa de una carga, un transporte y un almacenaje costosos. Por otro lado, el material rocoso se debe reemplazar por un material de sustitución fino, lo cual complica el tratamiento del suelo y encarece aún más su coste, debido a los numerosos movimientos de materiales y a la energía necesaria para la reducción granulométrica de las rocas.

Con objeto de solucionar este problema, el procedimiento según la invención, en tales casos de suelos, comprende además:

- una excavación previa en el suelo que ha de tratarse, hasta una profundidad predeterminada, de varias zanjas previas simultáneamente, que incluyen un surco vertical previo que presenta una primera anchura y, a dicha profundidad predeterminada, un surco horizontal previo que tiene una segunda anchura superior a la primera, excavándose las zanjas previas paralelamente de manera que los surcos horizontales previos sean al menos lateralmente adyacentes,
- una distribución de agua en el conjunto de los surcos horizontales previos en toda su anchura, mediante deposición en los mismos de una vena continua de agua, y
- un asentamiento del suelo que recubre la vena de agua depositada en los surcos horizontales previos con un enterramiento uniforme del agua en el suelo que ha de tratarse.

A partir de ese momento, el procedimiento de tratamiento según la invención permite asimismo tratar con agua estas rocas o estas pelitas antes descritas, directamente en el nacimiento de rocas que tienen un tamaño que puede llegar a 600 mm. El procedimiento permite su exfoliación con agua, evita su evacuación y su reemplazo por un material de sustitución. Este suelo podrá ser tratado posteriormente con el líquido de tratamiento con el mismo sistema de enterramiento.

Para la puesta en práctica del procedimiento según la invención, cabe prever un dispositivo, que no forma parte del objeto reivindicado, que comprende:

- un chasis vehiculado,
- al menos dos dientes distribuidores huecos y
- un depósito de líquido de tratamiento, previsto para distribuir dicho líquido de tratamiento a un canal de distribución alojado en cada uno de dichos dientes distribuidores. Este dispositivo está caracterizado por que dichos dientes distribuidores comprenden cada uno de ellos:

una parte de soporte vertical que une el diente distribuidor al chasis, presenta dicha primera anchura e incluye dicho canal de distribución,

una parte de reja horizontal, que comprende una punta anterior de penetración en el suelo, y un distribuidor posterior que está provisto de un orificio de salida que presenta dicha segunda anchura superior a dicha primera anchura y que comunica con dicho canal de distribución de dicha parte de soporte, siendo capaces dichas partes de reja horizontales de dientes vecinos de formar en el suelo surcos horizontales al menos lateralmente adyacentes y estando previstos dichos orificios de salida para depositar en los surcos horizontales una vena continua de líquido de tratamiento.

El dispositivo, dotado de dientes distribuidores huecos, incorpora en profundidad el líquido de tratamiento.

El tipo de diente, a partir de ese momento, se ha diseñado para permitir que la parte de reja permanezca a la profundidad predeterminada, incluso en presencia de rocas de un tamaño superior a 600 mm, en particular en presencia de pelitas, y ahí distribuya, sin rebose en la superficie, las cantidades suficientes de líquido de tratamiento, como por ejemplo una lechada de cal, hasta contenidos en sólidos de 400 g/dm³ e incluso 1000 g/dm³, cuando estas suspensiones contienen agentes fluidificantes. El dispositivo sirve para caudales a partir de 20 a 30 dm³/m², pero el caudal también puede alcanzar fácilmente 90 dm³/m², e incluso hasta 300 dm³/m². Este resultado se obtiene sin riesgo de taponamiento de la alimentación de líquido de tratamiento, ni por el sólido de la suspensión ni por las partículas de suelos.

Además, el diseño único de la parte de reja permite primeramente aflorar las rocas de gran tamaño a la superficie del suelo disgregado, merced a su punta de penetración del suelo de tipo reja de arado, cosa que permite a continuación su exfoliación, y en segundo lugar, permite una distribución equivalente de líquido de tratamiento en cada uno de los dientes con origen en el depósito, merced al distribuidor posterior que presenta un orificio de salida

que presenta dicha segunda anchura superior a dicha primera anchura y que comunica con dicho canal de distribución de dicha parte de soporte. Esto necesita especialmente un correcto equilibrio de las presiones entre las alimentaciones de los diferentes dientes, con origen en el depósito.

Por "vehiculable", se entiende que el chasis puede ser empujado o tirado o bien aún incluso ser automóvil.

- 5 Ventajosamente, el dispositivo comprende un elemento de reforzamiento que une dicha parte de soporte y la parte de reja, lo cual permite resistir a un ocasional choque con rocas de un tamaño superior a 600 mm, en particular con pelitas, como anteriormente se ha descrito.

- 10 En un modo de realización, el chasis presenta una anchura de chasis y los orificios de salida de dichos dientes distribuidores unidos a dicho chasis son, en una vista posterior, directamente adyacentes entre sí, ocupando preferentemente dichos orificios de salida una anchura al menos equivalente a dicha anchura de chasis.

A partir de ese momento, los dientes están alineados de manera tal que la anchura cubierta por cada diente sea complementaria de las demás y, así, cubra sin zonas muertas toda la anchura del chasis. Así, se evita la variación transversal que de líquido de tratamiento enterrado aparece en el tratamiento con equipos convencionales, la cual, tradicionalmente, no se rectifica con una pasada transversal.

- 15 Queda previsto que, en una vista en planta, los dientes distribuidores unidos a dicho chasis estén ubicados al tresbolillo, de manera alineada en al menos dos hileras paralelas. Esto permite una homogénea repartición del líquido de tratamiento. Está claro que los orificios de salida de los dientes no pueden estar perfectamente adyacentes, dado el espesor de su pared, y que, a partir de este momento, ubicar los dientes al tresbolillo permite la excavación de surcos perfectamente adyacentes. Cuando hay presencia de pelitas y estas topan con un diente distribuidor, la roca es desviada lateralmente y no topa con otro diente, puesto que los dientes están ubicados al tresbolillo. Además, los dientes alineados en dos hileras permanecerán mucho mejor hincados en el suelo al avance del chasis vehiculable. Esta disposición reduce el ocasional levantamiento del chasis en la progresión del dispositivo según la invención por un suelo que ha de tratarse. Por este mismo motivo de equilibrado de la resistencia en la progresión, el número de dientes será ventajosamente de 5.
- 20

- 25 En un modo de realización, los dientes tienen una longitud que permite enterrar el líquido de tratamiento a una profundidad de 20 a 75 cm, preferentemente de 35 a 60 cm.

- A partir de ese momento, el enterramiento a la profundidad predeterminada según la invención y la forma de los surcos excavados no plantean problemas en caso de aparición de rocas de un tamaño inferior a aproximadamente 600 mm. Las rocas pasan entre los surcos verticales y, como quiera que los dientes no ascienden, los surcos horizontales adyacentes permanecen adyacentes y el extendido permanece uniforme. El enterramiento del líquido de tratamiento según la invención no se ve desviado por bloques de su trayectoria. El tipo de surco permite permanecer a la profundidad buscada y distribuir en ella, sin rebose superficial, las cantidades suficientes de líquido de tratamiento.
- 30

- 35 Ventajosamente, cada canal de distribución está provisto de un elemento regulador de caudal. El elemento regulador de caudal puede ser un diafragma capaz de ajustar la sección de paso de líquido en el canal de distribución. Se obtiene de este modo una homogénea repartición del caudal en todos los canales de distribución.

Otros modos de realización del procedimiento se indican en las reivindicaciones que se acompañan.

Otras características, detalles y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que a continuación se da, a título no limitativo y haciendo referencia a los dibujos que se acompañan.

- 40 En las figuras, los elementos idénticos o análogos llevan las mismas referencias.

La figura 1 es una vista posterior de un modo preferente de realización del dispositivo, que no forma parte del objeto reivindicado, en el que el chasis comprende cinco dientes huecos distribuidores hincados en el suelo.

La figura 2 es una vista en alzado del modo de realización ilustrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista de perfil del modo de realización ilustrado en la figura 1.

- 45 Como puede verse en la figura 1, fijados al chasis 2 se hallan unos dientes 1. Cada diente comprende una parte de soporte vertical 3 y una parte de reja horizontal 4. La parte de reja 4 comprende una punta anterior 5 (figura 3) de penetración en el suelo y un distribuidor posterior 6 que presenta un orificio de salida 6a. Como se ha dicho anteriormente, la parte de soporte 3 de cada diente 1 comprende un canal de distribución 7 y presenta una anchura L_1 que es inferior a la anchura L_2 de los orificios de salida de la parte de reja de dicho diente. La anchura L_2 es tal que, en una vista posterior (figura 1), los orificios de salida 6a de líquido de tratamiento de los distribuidores 6 sean directamente adyacentes entre sí. A partir de ese momento, a lo ancho del chasis, los orificios de salida 6a de los distribuidores 6 concurren para permitir la deposición de una vena continua de líquido de tratamiento.
- 50

Por lo tanto, la parte de soporte 3 de cada diente 1 comprende un canal de distribución 7 que comunica con un depósito (no ilustrado) de líquido de tratamiento por mediación de una alimentadora de repartición 8 que permite que la dosificación del líquido de tratamiento sea idéntica en cada diente 1.

5 La alimentadora de repartición 8 está equipada, en el modo preferente de realización ilustrado, con cinco salidas 9 enlazadas a una manguera 10 que viene a alimentar el canal de distribución 7 de cada parte de soporte 3 de cada diente hueco distribuidor 1.

10 El líquido de tratamiento llega, proveniente del depósito, a la alimentadora 8, la cual lo reparte entre los canales de distribución 7 de cada diente 1, fluye y penetra en la parte de reja horizontal 4 de cada diente 1, más concretamente en el distribuidor 6, y es llevado a continuación al orificio de salida 6a del mismo. Solo tras el paso del orificio de salida 6a por el surco horizontal excavado por delante por la parte de reja 4 del diente 1 es cuando el terreno natural se asienta merced al esponjamiento de la tierra circundante y cuando éste pasa a recubrir la vena de líquido de tratamiento depositada. La secuencia de excavación de la zanja, de deposición de líquido en los surcos horizontales adyacentes y de asentamiento del suelo se efectúa en este orden a medida que el equipo va avanzando. No obstante, debido a la velocidad de avance, puede decirse que estas 3 fases son casi simultáneas.

15 Cuando el caudal del líquido de tratamiento, por ejemplo de lechada de cal, es inferior a $100 \text{ dm}^3/\text{m}^2$, se puede intercalar una reducción de la sección de paso en el canal de distribución mediante un diafragma 11 en la entrada del canal de distribución 7 para equilibrar el caudal en cada diente 1. Se pueden prever diafragmas intercambiables o también diafragmas con secciones ajustables por control remoto.

20 La altura de la parte de soporte puede llegar a 75 cm, preferentemente 60 cm, y la altura del chasis con respecto al suelo permite el paso de bloques de 600 mm (60 cm). Los bloques de 600 mm, a partir de ese momento, pueden pasar entre los dientes.

Como puede verse en la figura 2, el chasis 2 comprende cinco dientes huecos distribuidores 1 alineados en dos hileras, al tresbolillo. En este modo de realización, el chasis está soportado por ruedas 12.

25 La hilera anterior comprende dos dientes 1 y la hilera posterior comprende tres. Esta disposición permite un mejor reparto del esfuerzo de tracción sobre el chasis y mantener los dientes 1 permanentemente dentro del suelo. Ocasionalmente, se puede añadir un dispositivo de contrapesos laterales enganchados sin más al chasis para mantenerlo apoyado y para mantener perfectamente los dientes hincados en el suelo.

30 En la figura 3, puede verse con mayor detalle el perfil de los dientes huecos distribuidores 1. La parte de soporte 3 comprende una placa de soporte 14 y una pieza de reforzamiento 13 vinculada mediante oportunos medios de fijación 15, como por ejemplo pernos, tornillos, tuercas y análogos. Estos medios de fijación están situados sobre la placa soporte 14. Esta pieza de reforzamiento 13, la rigidez del chasis 2 y los medios de fijación de los dientes al mismo permiten mantener los dientes permanentemente en el suelo y refuerzan el dispositivo con el propósito de conferirle una resistencia suficiente contra los esfuerzos debidos a las rocas y a las pelitas con las que ocasionalmente podría topar. Como ya se ha dicho anteriormente, la parte de reja 4 está equipada con una punta soldada 5 en la parte anterior que se encarga de la penetración en el suelo. Esta punta de penetración de suelo 5 es recambiable en caso de desgaste.

Se va a describir ahora la invención con mayor detalle por medio de ejemplos no limitativos que únicamente se introducen en la presente memoria a efectos ilustrativos.

Ejemplo comparativo 1

40 Una obra de autopista que atraviesa arcillas silíceas, secas, compactas y sensibles al agua precisa del enterramiento de lechada de cal a $400 \text{ g}/\text{dm}^3$ para aportar 30 g de agua y 20 g de cal viva por kg de suelo, esto es, 12 kg de cal por m^2 y 22 dm^3 de agua por m^2 .

Se adoptó la siguiente operativa convencional de tratamiento del suelo.

45 1. Disgregación y esponjamiento del suelo mediante tres pasadas sucesivas de un disgregador de una profundidad de 40 cm, asegurando un triturado de 500 a 600 mm.

2. Reducción por desmenuzando del triturado en la superficie, a menos de 150 a 200 mm en una profundidad de 15 a 20 cm.

3. Enterramiento de lechada de cal mediante cisterna agrícola, equipada con un enterrador convencional de disco combinado y cuchara, a razón de $25 \text{ dm}^3/\text{m}^2$, esto es, 17 g de cal y 25 g de agua por kg de suelo.

50 4. Mezclado a 40 cm de profundidad con un triturado a menos de 30 mm en una pasada.

Al término del tratamiento, se efectuaron tomas de muestras de suelos con el fin de evaluar en laboratorio la calidad del tratamiento.

Este procedimiento de tratamiento mediante equipo tradicional de enterramiento precisó de la etapa 2 de reducción complementaria del triturado a menos de 200 mm, con el fin de evitar las pérdidas de lechada de cal, que se siguen al frecuente levantamiento de los dientes del enterrador.

Por otro lado, los ensayos de laboratorio muestran que el contenido de agua en el suelo es muy heterogéneo y en ocasiones inferior al umbral de alerta, que es del 95 % del contenido de agua a la densidad óptima, e incluso del umbral de rechazo (90 % del contenido de agua a la densidad óptima). En efecto, el contenido objetivo de agua está comprendido entre 144 g y 177 g por kg de suelo. Después de una pasada del enterrador tradicional, el contenido de agua variaba entre 119 g y 177 g/kg de suelo, mostrando déficits inequívocos dispersos. Por el contrario, una segunda pasada del enterrador conduce a contenidos demasiado elevados, comprendidos entre 193 g y 219 g/kg de suelo.

Por lo tanto, una sola pasada de enterrador no permite conseguir el contenido de agua perseguido. Ciertos valores son demasiado bajos y no permiten recibir la plataforma. Se debe reanudar el trabajo. Por lo tanto, habría que poder aumentar la cantidad enterrada a cada pasada.

Por otro lado, se señala la presencia de escorrentía superficial de cara a los surcos de enterramiento. La profundidad de penetración es demasiado baja; habría que aumentarla con el fin de suprimir la escorrentía.

Finalmente, se comprueba que la dispersión de los valores de contenido de agua es demasiado grande, hasta más del 30 % del valor fijado como objetivo: cerca de 60 g de desviación por kg de suelo (119 g/kg a 177 g/kg) entre los valores extremos, en una sola pasada. La repartición del líquido de tratamiento en el suelo no es bastante regular.

Ejemplo comparativo 2

Una obra de autopista que atraviesa materiales evolutivos, del tipo pelitas, rocas muy compactas que, no obstante, se exfolian en presencia de agua, precisa de un enterramiento de 50 dm³ de agua por m², antes del tratamiento con cal.

Para la realización de una coronación de explanación, se adoptó la siguiente operativa convencional de tratamiento del suelo.

1. Disgregación y esponjamiento del suelo mediante una pasada de un disgregador de una profundidad de 40 cm, asegurando un triturado a menos de 600 mm.
2. Carga, evacuación y almacenaje de las pelitas.
3. Aportación del material de sustitución.
4. Humectación del material de aporte mediante enterrador tradicional.
5. Aportación de cal viva.
6. Mezclado del suelo.
7. Ajuste del contenido de agua.
8. Mezclado del suelo.

Este procedimiento de tratamiento mediante equipo tradicional de enterramiento precisó de las etapas 2 y 3 de evacuación de las pelitas y de aportación de un material de sustitución.

En efecto, los equipos tradicionales de adición de agua no permiten tratar directamente la fracción granulométrica de hasta 600 mm de estas rocas (levantamiento de los dientes...). Por otro lado, el número de pasadas necesarias de la maquinaria disgregadora (tractores de orugas o compactadores equipados con dientes de disgregación) para reducir el tamaño de las rocas a menos de 200 mm sería prohibitivo. Además, permanecen enterradas en los materiales rocas de gran tamaño, haciendo el suelo inadecuado para el uso pretendido, que exige una granulometría inferior a 200 mm. Por lo tanto, las pelitas son evacuadas y reemplazadas por un material fino de sustitución, lo cual retrasa la ejecución de la obra y encarece considerablemente los costes.

Por lo tanto, haría falta un equipo que permitiera enterrar el agua en el suelo con la suficiente profundidad para llevar consigo la exfoliación de las pelitas en la masa del suelo trabajado. Este material deberá permitir trabajar en presencia de bloques de tamaño hasta 600 mm.

Ejemplo conforme a la invención 3

Se trata un suelo para la realización de la coronación de explanación de una obra de autopista, similar al del ejemplo comparativo 2 y comprendiendo materiales del tipo pelitas, muy compactas pero que se exfolian en presencia de agua. Se prevé un enterramiento de agua previo al tratamiento con cal.

Se adoptó una operativa de tratamiento del suelo según la invención.

1. Disgregación y esponjamiento del suelo mediante una pasada de un disgregador de una profundidad de 40 cm, asegurando un triturado a menos de 600 mm.
2. Pasada de un compactador, equipado con dientes de disgregación.
- 5 3. Pasada de un equipo de enterramiento, que participa en la descompactación del suelo y adiciona 20 dm³ de agua por m². En esta misma operación de enterramiento, se hacen aflorar a la superficie los bloques de gran tamaño.
4. Pasada de un compactador, equipado con dientes de disgregación o remoción de bloques gruesos.
- 10 5. Enterramiento de lechada de cal con un equipo, con el fin de efectuar una adición complementaria de 30 dm³ de agua por m² y una aportación de cal correspondiente a una dosificación de 1,5 % con respecto a la materia seca del suelo.
6. Mezclado del suelo.

Al término del tratamiento, se efectuaron tomas de muestras de suelos con el fin de evaluar en laboratorio la calidad del tratamiento.

- 15 Este procedimiento de tratamiento según la invención evita en primer lugar las etapas 2 y 3 del ejemplo comparativo 2 de evacuación de las pelitas y de aportación de un material de sustitución. El conjunto de las etapas 2 a 4 del ejemplo comparativo 2 se reemplaza por una humectación directa de las rocas bastas por medio del equipo, enmarcada por dos operaciones de compactación. Por lo tanto, el procedimiento según la invención resulta ser más simple, más rápido y menos costoso, para las etapas 2 a 4 del procedimiento.
- 20 Por otro lado, en el procedimiento según la invención, la aportación de agua puede quedar limitada fácilmente a la etapa 3, evitando todo riesgo de escorrentía, al propio tiempo que se aporta bastante agua para la exfoliación de las rocas. En efecto, el suplemento de agua se aporta reutilizando el equipo de enterramiento para adicionar una lechada de cal en vez de una cal viva, como en el ejemplo comparativo 2. En efecto, el equipo de enterramiento permite inyectar, a la suficiente profundidad (35 a 55 cm), una lechada de cal sin riesgo de escorrentía, presente en
- 25 el ejemplo comparativo 1, con un equipo tradicional. No hay necesidad de corrección hídrica tras la etapa 6, como ocurre en la solución tradicional, en las etapas 7 y 8 del ejemplo comparativo 2.

Por lo tanto, el procedimiento de tratamiento de los suelos según la invención permite la valorización en obra de pelitas que inicialmente se materializan en forma de rocas compactas, tradicionalmente no reutilizadas.

- 30 Igualmente, contrariamente al tratamiento tradicional del ejemplo comparativo 1, el procedimiento según la invención permite ajustarse escrupulosamente a los contenidos de agua perseguidos a TODO lo ancho del equipo, sin zona muerta (zona sin tratar). Por lo tanto, no hay dispersión importante de los valores de los contenidos de agua según la invención, como sucedía con el equipo tradicional del ejemplo comparativo 1. En efecto, el contenido de agua del suelo apenas variaba en ± 2 g/kg suelo, para un objetivo de 175 g/kg.

El equipo de enterramiento cumple, pues, varias misiones:

- 35 - la ayuda en la disgregación del suelo;
- la aportación de agua en un suelo pedregoso, con una repartición constante en el suelo;
- el enterramiento de la cantidad de cal necesaria para el tratamiento del suelo.

- 40 Para una aportación de agua limitada a 50 dm³/m², el procedimiento según la invención ahorra una pasada de enterrador (en comparación con el ejemplo comparativo 1). Por otro lado, el procedimiento según la invención permite evitar el extendido con la cal pulverulenta (en comparación con el ejemplo comparativo 2); asimismo evita la corrección hídrica final y una pasada de mezclado. El equipo aumenta el rendimiento de mezclado, participando en la reducción del tamaño de los bloques en el suelo, evita el desgaste prematuro o la rotura de los rotores, permitiendo la extracción de los bloques de considerable tamaño.

- 45 Claro está que la presente invención no queda en absoluto limitada a los modos de realización anteriormente descritos y que en ella se pueden introducir abundantes modificaciones sin salir del ámbito de las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento que comprende:
una excavación en el suelo, hasta una profundidad determinada, de varias zanjas paralelas simultáneamente, incluyendo cada una de dichas zanjas un surco vertical que presenta una primera anchura (L_1) y, a dicha
5 profundidad determinada, un surco horizontal que tiene una segunda anchura (L_2) superior a la primera, siendo los surcos horizontales de las zanjas vecinas al menos lateralmente adyacentes, y
una deposición en dichas zanjas de una vena continua de líquido, teniendo lugar dicha deposición en el conjunto de los surcos horizontales de las zanjas en toda su anchura,
10 dicho procedimiento es un procedimiento de mejora y/o de estabilización de suelos secos sensibles al agua que contienen arcilla,
comprendiendo además dicho procedimiento un asentamiento del suelo que recubre la vena de líquido de tratamiento depositada en los surcos horizontales con enterramiento uniforme del mismo en el suelo que ha de tratarse,
15 caracterizado por que dicha deposición de una vena continua de líquido es una distribución de un líquido de tratamiento, seleccionado de entre una lechada de cal y una suspensión acuosa a base de cal.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la profundidad predeterminada es una profundidad de 20 a 75 cm, preferentemente de 35 a 60 cm.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el líquido de tratamiento presenta un contenido en sólidos de hasta 1000 g/dm³, preferentemente de aproximadamente 400 g/dm³.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dicha distribución proporciona un caudal de 20 dm³/m² a 300 dm³/m² de líquido de tratamiento.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, antes de dicha excavación, una excavación previa en el suelo que ha de tratarse, hasta una profundidad predeterminada, de varias zanjas previas simultáneamente, que incluyen un surco vertical previo que presenta una primera anchura (L_1) y, a
25 dicha profundidad predeterminada, un surco horizontal previo que tiene una segunda anchura (L_2) superior a la primera (L_1), excavándose las zanjas previas paralelamente de manera que los surcos horizontales previos sean al menos lateralmente adyacentes,
una distribución de agua en el conjunto de los surcos horizontales previos en toda su anchura, mediante deposición en los mismos de una vena continua de agua, y
30 un asentamiento del suelo que recubre la vena de agua depositada en los surcos horizontales previos con enterramiento uniforme del agua en el suelo que ha de tratarse.

