

- 2 -
388322



388322

5 CION DE SUELOS, MEDIANTE LA INYECCION DE DISOLUCIONES ACUOSAS QUE PRODUCEN GELES EXPANSIVOS", tal y como se describe a continuación.

El citado método para la estabilización e impermeabilización de suelos, presenta características propias tales, en cuanto a su originalidad, propiedades, rendimiento económico y empleo práctico se refiere, que le hacen de especial utilización para el fin indicado.

10 La técnica de la "inyecciones químicas", es decir la introducción controlada en suelos granulares ó en formaciones porosas ó fisuradas en general, de mezclas fluidas de soluciones líquidas en reacción, que fraguan ó rigidifican al cabo de un cierto tiempo, está desarrollándose notablemente, especialmente debido al auge de las construcciones subterráneas, que se ejecutan frecuentemente bajo nivel freático, bajo rios, etc. Esta técnica se
15 emplea fundamentalmente en Obras Públicas y en la construcción subterránea en general, por ejemplo, para la estabilización de suelos incoherentes arenosos ó gravosos, especialmente si están bajo agua, como tratamiento previo a la perforación de túneles ó a la apertura de excavaciones a cielo abierto; asimismo, para el sellado de formaciones permeables en el subsuelo de
20 las presas, para la ejecución de pantallas de impermeabilización, en minas, etc. Dados los importantes volúmenes de inyecciones químicas que se requieren para el objeto indicado, se comprende que el precio de los productos es un factor fundamental en esta técnica, de ahí el gran interés en emplear soluciones acuosas de productos químicos económicos.
25

Las "inyecciones químicas" se usan, en general, en aquellos casos donde no penetran las "inyecciones granulares", es decir, las suspensiones en agua de cemento, cenizas volantes, arcilla, etc. También se usan las "inyecciones químicas" para completar los tratamientos de estabilización ó impermeabilización ejecutados en sus primeras fases con inyecciones granulares, por
30 ejemplo para la impermeabilización de suelos aluvionales gruesos.

Una vez que las "inyecciones químicas" han fraguado, se obtiene una masa sólida de rigidez variable, constituida por geles cuya resistencia y propiedades dependen de diversos factores, como por ejemplo naturaleza y concentración de los componentes, temperatura, edad, etc. Estos geles se suelen dividir en duros, semiduros, ó blandos, según sus resistencia. Ahora bien,
35

388322



388322

en el terreno la resistencia de la formación inyectada, depende no sólo de las características del gel, sino también de las del propio terreno como su compacidad, granulometría y presión efectiva de confinamiento.

40 Cuando la misión de las inyecciones es únicamente de impermeabilización, la resistencia del gel tiene poca importancia siempre que sea suficiente para resistir la presión del agua sin ser expulsado de la formación porosa. Por ello, para este objeto se suelen emplear geles blandos, que, en general, tienen rigidez suficiente y suelen ser más económicos y menos fusirables que los geles duros.

45 El ideal es que las "inyecciones químicas", antes de su fraguado, estén constituidas por soluciones acuosas estables, homogéneas y fluidas, que sean fáciles de preparar, que no se deslían fácilmente con el agua del terreno y, que tengan un tiempo de fraguado controlable. Después del
50 fraguado es de desear que los geles adquirieran pronto su rigidez máxima, que tengan buena adherencia con las superficies sólidas de la formación porosa, que sean poco permeables, que tengan poca retracción y que sean estables en las condiciones de la obra. Asimismo, los geles deben ser suficientemente elásticos para que puedan seguir las deformaciones del
55 terreno sin fisurarse.

Con las formulaciones y el método de la patente, se pueden obtener geles cuyas consistencias pueden variar desde blandas a muy duras, y que expansionan considerablemente durante el periodo de fraguado, lo que les diferencia fundamentalmente de los demás geles. La expansión puede controlarse a voluntad, pudiendo alcanzar el gel volúmenes hasta del doble
60 del volumen de la mezcla líquida original, si existe espacio suficiente para que se produzca la expansión. En caso contrario, el gel queda confinado, desarrollándose una presión de expansión que pone en carga el terreno, lo que origina un aumento de la resistencia del mismo, y un mejor
65 contacto con las superficies sólidas. Posteriormente, con el tiempo esta presión de expansión origina una consolidación del propio gel y por lo tanto un aumento de su resistencia intrínseca.



70 Este proceso de expansión se debe a la formación de burbujas gaseosas en el seno de la mezcla líquida, antes y durante el periodo de rigidificación del gel, produciéndose una masa porosa y ligera, pero de elevada impermeabilización, ya que los poros están incomunicados. El hinchamiento del gel facilita el contacto con las superficies sólidas de la formación porosa y el llenado de los poros y de las oquedades existentes, produciéndose un excelente sellado aún en huecos de tamaño considerable.

75 La presencia de una gran cantidad de burbujas esféricas llenas de gas, imparte propiedades muy interesantes al gel, como por ejemplo: Menor retracción, mayor estabilidad, mayor elasticidad y menor fisurabilidad, en relación con los geles equivalentes sin burbujas. Por otra parte, la pequeña densidad del gel, que según el contenido gaseoso y el grado de confinamiento
80 suele variar entre 1 y 0,5 puede suponer una ventaja apreciable en ocasiones.

El tiempo de rigidificación del gel se controla con facilidad, desde menos de 3 minutos a más de 20 minutos, pudiendo adquirir el gel, una rigidez apreciable pocos minutos después de su fraguado, lo que tiene especial interés cuando se trata de sellar formaciones porosas u oquedades en las que
85 el agua tiene una presión considerable.

Generalmente, uno de los componentes básicos de la composición es el silicato sódico de calidad comercial, que se suministra normalmente disuelto en agua. La relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ del silicato comercial empleado varía generalmente entre 3,0 y 4,0 y la densidad entre 42° Bé y
90 25° Bé. En lugar de silicato sódico también puede emplearse silicato potásico, si bien esta alternativa será excepcional dado el mayor precio del silicato potásico.

La solución del silicato sódico, adicionada de un compuesto oxidante y gasificante, como el agua oxigenada, se mezcla mediante un método que puede ser continuo ó discontinuo, con otra solución que contiene los reactivos orgánicos ó inorgánicos que provocan la gelificación y la descomposición del agua oxigenada, con desprendimiento de oxígeno gaseoso. Esta mezcla puede realizarse mediante un mezclador del que la aspira la bomba, ó bien en
100 la propia tubería de inyección, antes de penetrar la mezcla líquida en la formación a inyectar.

-1 JUN 1971



000344

388322

105

Como resultado de las reacciones químicas que se producen al ponerse en contacto la "solución de silicato sódico y de agua oxigenada", con la "solución reactivo", que contiene los reactivos orgánicos ó inorgánicos que se indican más adelante, se produce al cabo de un tiempo regulable la gelificación de la masa y el desprendimiento simultáneo de gas oxígeno en forma de burbujas. El resultado es una masa porosa y ligera, de rigidez variable, según los casos, constituida bien por ácidos silícicos hidratados bien por silico-aluminatos alcalinos hidratados ó por la mezcla de ambos, dependiendo de los reactivos que se empleen.

110

115

El empleo del agua oxigenada tiene un doble objetivo; por un lado es el agente que suministra el gas oxígeno responsable de la formación de las burbujas que producen la expansión del gel y por otro lado oxida, al menos en parte, los compuestos de la "solución reactivo", como por ejemplo metanal, transformándoles en ácidos que reaccionan a su vez con el silicato sódico produciendo ó colaborando a la gelificación. La "solución reactivo" puede consistir en una disolución de productos inorgánicos y orgánicos, por ejemplo aluminato sódico y metanal, ó bien de productos orgánicos únicamente, por ejemplo aldehidos y amidas solubles en agua, ésteres, y sus mezclas, de forma que la solución resultante sea uniforme y homogénea, de ahí la importancia de que todos los componentes sean totalmente solubles en el sistema. Si no es así, se produce, facilmente la segregación de algún componente, lo que supone resultados variables y poco controlables.

120

125

Los procesos químicos que dán lugar a los geles expansivos, objeto de esta Patente son, al menos en algunas de las fases, diferentes a los que tienen lugar en la obtención de los geles conocidos a base de silicato. Así, las reacciones que usualmente tienen lugar en la obtención de los geles duros y semiduros conocidos a base de silicato, consisten fundamentalmente en una esterificación, para lo cual se suelen emplear ésteres que frecuentemente son poco solubles en agua, lo que puede dar lugar a dificultades para conseguir geles de tiempo de fraguado y propiedades constantes. Sin embargo, en la formación de los geles, objeto de la presente Patente, intervienen reacciones de oxidación y neutralización, con desprendimiento simultáneo de oxígeno. Estas reacciones de oxidación y neutralización pueden producirse simultáneamente con otras de esterificación, descomposición, etc.,

130

135



388322

388322

pero que en los geles expansivos de que se trata todos los reactivos son solubles en el sistema, lo que justifica la sencillez de la preparación de las soluciones reaccionantes, el facil control de las operaciones y la reproducibilidad de los resultados.

140 Debido al hinchamiento considerable que experimentan durante su fraguado los geles, objeto de la Patente, se consigue por metro cúbico de espacio rellena-

do, el coste de estos geles puede ser bastante inferior al coste de los geles usuales a base de silicato, si hay espacio suficiente para la expansión, lo que es usual en los suelos granulares y en las formaciones porosas en general.

145 Por otra parte, el costo debido a la mano de obra y al equipo de inyección será tambien inferior al de los geles usuales, si nos referimos al volumen relleno por el gel, ya que el proceso de expansión es espontáneo.

Se comprende que el gel, objeto de esta Patente, tiene numerosas aplicaciones, especialmente donde haya que estabilizar, rellenar e impermeabilizar

150 formaciones porosas, oquedades subterráneas, cavernas, socavones, espacios vacios situados detrás de muros, bóvedas de túneles, etc. Por ejemplo, en presas, túneles, galerías colectoras, pozos de petróleo, minas, tuberías subterráneas de agua de gran diámetro agrietadas, pantallas de impermeabilización, y construcciones subterráneas en general, especialmente si están situadas

155 bajo agua. La mezcla líquida penetra facilmente en los suelos granulares, arenosos ó gravosos, impermeabilizándoles y dándoles una resistencia a la compresión que puede variar entre menos de $0,2 \text{ Kg/cm}^2$ y más de 20 kg/cm^2 según el gel empleado y las condiciones de confinamiento.

Como se ha indicado, tambien pueden entrar a formar parte de la "solución reactivo" compuestos inorgánicos y orgánicos conjuntamente, por ejemplo,

160 aluminato sódico y metanal. En este caso el metanal provoca la descomposición del agua oxigenada, produciéndose oxígeno gaseoso y transformándose el metanal en ácido metanoico, que reacciona a su vez con el silicato sódico, produciéndose ácidos silícicos hidratados. Simultáneamente el aluminato sódico

165 disuelto reacciona tambien con el silicato sódico, produciéndose silicoaluminato sódico hidratado. El resultado es un gel que contiene en su masa multitud de burbujas esféricas incomunicadas llenas de gas oxígeno.

Para la ejecución de la inyección se mezclan primeramente dos soluciones solubles entre sí, que denominaremos: (a) la "solución silicato" y (b) la "so-



388322
388322

170 lución reactivo". La "solución silicato" incluye agentes oxidantes, además
 del propio silicato sódico. La "solución reactivo" incluye las sustancias
 reductoras, que provocarán la descomposición del agua oxigenada y se trans-
 formarán en ácidos; además puede incluir otros compuestos orgánicos e inor-
 gánicos que reaccionarán simultáneamente con el silicato sódico. El contac-
 175 to entre las dos soluciones (a) y (b) puede realizarse mediante su pre-
 mezclado en un tanque del que aspira la mezcla líquida la bomba de inyección
 ó bien mediante un sistema continuo de doble corriente, en el que la "solu-
 ción silicato" y la "solución reactivo" se bombean por tuberías independien-
 tes, que se juntan y mezclan en una tubería única poco antes de entrar en
 180 la formación a inyectar. En ocasiones, la mezcla líquida puede verterse ó
 inyectarse simplemente por gravedad.

La "solución silicato" está compuesta, en general, por una solución acuosa
 de silicato sódico y del compuesto oxidante, con ó sin adición de cataliza-
 dores de oxidación.

185 La "solución reactivo" está formada, en general, por compuestos químicos
 orgánicos solubles en agua, capaces de dar ácidos por oxidación, asimismo
 solubles en agua, como por ejemplo los aldehidos y los alcoholes, de fórmu-
 la general":



190 y sus mezclas, donde R es hidrógeno o un radical hidrocarbonato (alifático,
 lineal o ramificado, cíclico ó aromático, saturado ó no saturado, sustituido
 ó no sustituido). Simultáneamente la "solución reactivo" puede contener
 otras sustancias, orgánicas ó inorgánicas, compatibles entre sí, y solubles
 en agua ó en el sistema y que puedan reaccionar independientemente con el si-
 licato sódico, como amidas, por ejemplo formamida, y ésteres, por ejemplo
 195 acetato de etilo. Entre los compuestos inorgánicos utilizables se encuentran
 el aluminato sódico, el bicarbonato sódico, el ácido fosfórico y el ácido
 clorhídrico.

Para la obtención de geles blandos expansivos, en la "solución reactivo"
 se incluye, además de las sustancias reductoras indicadas, compuestos inor-
 gánicos compatibles con aquéllas y solubles en agua, que sean capaces de
 200



reaccionar simultáneamente con el silicato sódico, como por ejemplo alumina-
to sódico, bicarbonato sódico, etc.

205 A continuación se exponen algunos ejemplos de dosificaciones para la obten-
ción de geles expansivos a base de silicato. Las soluciones se expresan en
volumen y las proporciones que se indican están calculadas para obtener 1 li-
tro de mezcla líquida, es decir antes de producirse la expansión.

1.- Gel expansivo a base de silicato sódico y reactivos orgánicos

Silicato sódico	(40° Bé)	:	530 cc
Agua oxigenada	(30%)	:	10 cc
Formol	(40%)	:	5 cc
Formamida		:	30 cc
Acetato de Etilo		:	30 cc
Agua		:	395 cc

210 Con esta dosificación se obtiene un gel expansivo semiduro a duro dependien-
do de las condiciones de confinamiento. El tiempo de gelificación es próxi-
mo a 15 minutos a 20° C. La expansión libre es del orden de 40%. Aumentan-
do la proporción de componentes activos y el confinamiento se puede aumentar
considerablemente la resistencia.

2.- Gel expansivo a base de silicato sódico y reactivos orgánicos

Silicato Sódico	(40° Bé)	:	600 cc
Agua oxigenada	(30%)	:	20 cc
Formol	(40%)	:	5 cc
Formamida		:	75 cc
Agua		:	300 cc

215 Con esta dosificación se obtiene un gel expansivo semiduro a muy duro depen-
diendo de las condiciones de confinamiento. El tiempo de gelificación es pró-
ximo a 20 minutos a 20° C. La expansión libre es del orden de 60%.

3.- Gel expansivo a base de silicato sódico y reactivo inorgánico y orgánico.

Silicato Sódico	(31° Bé)	:	250 cc
Agua oxigenada	(30%)	:	5 cc
Formol	(40%)	:	5 cc
Solución alumi- nato sódico al 5%		:	420 cc
Agua		:	320 cc



220

Con esta dosificación se obtiene un gel expansivo blando a semiduro, dependiendo de las condiciones de confinamiento. El tiempo de gelificación es próximo a 5 minutos a 18° C. La expansión libre es del orden de 50%.

4.- Gel expansivo a base de silicato sódico y reactivo inorgánico y orgánico.

Silicato Sódico (40% Bé)	:	250 cc
Agua oxigenada (30%)	:	5 cc
Formol (40%)	:	5 cc
Solución bicarbonato sódico al 5%	:	500 cc
Agua	:	240 cc

Con esta dosificación se obtiene un gel expansivo blando a semiduro, dependiendo de las condiciones de confinamiento. El tiempo de gelificación es próximo a 8 minutos a 18° C. La expansión libre es del orden de 25%.

NOTA DE REIVINDICACIONES

225

La presente PATENTE DE INVENCION, cuyo registro se solicita, por veinte años en España, a favor de Don Alvaro LOPEZ RUIZ, de nacionalidad española, domiciliado en Madrid, Paseo de Onésimo Redondo nº 18 - D, por: "METODO PARA LA ESTABILIZACION E IMPERMEABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA INYECCION DE DISOLUCIONES ACUOSAS QUE PRODUCEN GELES EXPANSIVOS", recaerá sobre las particularidades características de las siguientes REIVINDICACIONES:

230

1ª.- Método para la estabilización de suelos ó formaciones porosas y para el relleno e impermeabilización de huecos, mediante la introducción en los poros ó huecos de una mezcla líquida que se transforma en un tiempo controlable en un gel expansivo que estabiliza e impermeabiliza la formación porosa ó los huecos, socavones ó cavernas tratados. La mezcla líquida contiene como componentes fundamentales silicato sódico, agua, un compuesto oxidante soluble en agua y un compuesto orgánico soluble en agua, capaz de transformarse en ácidos al oxidarse. La mezcla puede contener tambien otros productos orgánicos ó inorgánicos solubles en el sistema, que reaccionan simultáneamente con el silicato sódico presente.

235

240

ME



388322

388322

- 245 2ª.- Método según la reivindicación anterior, igualmente caracterizados porque la mezcla líquida se transforma en un tiempo controlable, desde menos de 5 minutos a más de 20 minutos, en un gel que expansiona durante el fraguado, debido a la formación de gran número de burbujas gaseosas en la masa, y rigidifica posteriormente, convirtiéndose en una masa sólida, porosa y ligera, que dá cohesión e impermeabilidad a las formaciones granulares incoherentes tratadas. Asimismo rellena e impermeabiliza las oquedades, socavones, ó cavernas tratados con la mezcla líquida citada.
- 250 3ª.- Método según la reivindicación anterior, igualmente caracterizados porque la mezcla líquida reaccionante, que se transformará en un tiempo controlable en un gel expansivo, puede introducirse en las formaciones porosas ó en las oquedades, socavones ó cavernas, según los casos, mediante inyección con una bomba ó simplemente por gravedad. Según convenga, la mezcla final puede realizarse mediante un método discontinuo ó un método continuo.
- 255 4ª.- Método según la reivindicación 1ª, por la que uno de los componentes básicos es el silicato sódico, cuya relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ puede variar entre 3,0 y 4,0. La densidad de los silicatos sódicos comerciales suele variar entre 42º - 38º Bé para los de relación molecular 3,0 a 3,5 y entre 32 - 28º Bé para los de relación 3,6 a 3,9. La proporción en volumen de silicato sódico comercial respecto de la mezcla final puede variar entre 260 el 15% y el 75%.
- 5ª.- Método según la reivindicación anterior, por la que se puede emplear silicato potásico en vez de silicato sódico.
- 265 6ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual el compuesto oxidante puede ser cualquier producto capaz de transformar en ácidos los aldehidos ó alcoholes que se describen en la reivindicación 9ª, en presencia de silicato sódico en las concentraciones indicadas en la reivindicación 4ª;
- 270 7ª.- Método, según la reivindicación 6ª, según la cual se pueden emplear en algunos casos catalizadores para acelerar el proceso de oxidación que transforma los aldehidos ó alcoholes en ácidos.
- 8ª.- Método, según la reivindicación 6ª, según la cual un compuesto oxidante apropiado es el agua oxigenada. La proporción en volumen de este compuesto,

ME

388322



388322

referido a agua oxigenada al 30% en peso, puede variar entre 0,1% y 7% del volumen de la mezcla líquida total recién preparada.

275

9ª.- Método según la reivindicación 1ª según la cual el compuesto orgánico capaz de transformarse en ácidos al oxidarse, pueden ser los aldehídos ó alcoholes solubles en agua de fórmula general:



280

y sus mezclas, donde R es hidrógeno ó un radical hidrocarbonado (alifático, lineal ó ramificado, cíclico ó aromático, saturado ó no saturado, sustituido ó no sustituido).

285

10ª.- Método según la reivindicación 9ª, por la que uno de los compuestos orgánicos adecuados es el formol, ó aldehído fórmico. La proporción el volumen de este compuesto referido a formol comercial al 40% en peso, puede variar entre 0,1% y 10% del volumen de la mezcla líquida total recién preparada.

290

11ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual, además de los compuestos oxidantes y de los compuestos orgánicos capaces de transformarse en ácidos por oxidación, la mezcla puede contener una amida soluble en agua, por ejemplo formamida.

295

12ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual además de los compuestos oxidantes, y de los compuestos orgánicos capaces de transformarse en ácidos por oxidación, la mezcla puede contener un ester, por ejemplo acetato de etilo.

300

13ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual además de los compuestos oxidantes y de los compuestos orgánicos capaces de transformarse en ácidos por oxidación, la mezcla puede contener aluminato sódico.

14ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual además de los compuestos oxidantes y de los compuestos orgánicos capaces de transformarse en ácidos por oxidación, la mezcla puede contener bicarbonato sódico.

15ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual se puede dejar de añadir expresamente el compuesto capaz de transformarse en ácidos al oxi-

ME

388322



388322

-1 JUN

darse, como por ejemplo metanal, cuando los demás reactivos orgánicos ó inorgánicos añadidos, producen la descomposición del agua oxigenada, con formación de burbujas y expansión y gelificación de la masa.

305 16ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual, además de los compuestos oxidantes y de los compuestos orgánicos capaces de transformarse en ácidos por oxidación, la mezcla puede contener ácidos inorgánicos tales como ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y sales ácidas del ácido fosfórico.

310 17ª.- Método según la reivindicación 1ª, según la cual además de los compuestos químicos activos citados, se puede añadir a la mezcla cargas tales como arcilla, bentonita ó cenizas volantes.

18ª.- " METODO PARA LA ESTABILIZACION E IMPERMEABILIZACION DE SUELOS MEDIANTE LA INYECCION DE DISOLUCIONES ACUOSAS QUE PRODUCEN GELES EXPANSIVOS".

315 Todo conforme a lo descrito en la precedente Memoria, que consta de doce hojas, foliadas y mecanografiadas por una sola cara.

MADRID, 1 de JUNIO de 1.973.

P. A. EL AGENTE OFICIAL DE LA
PROPIEDAD INDUSTRIAL,
HELIODORO POLO

p. p.

Fdo. M. Polo

ME