

22 ENE. 1956

444 181

P.- 62.149

Case No: 5521

Int. Cl.: E02D 31/02 -

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

A nombre de KYOKADO ENGINEERING CO., LTD.

entidad japonesa

establecida en 3-15-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japon.

por: "UN METODO DE CONSOLIDAR UN SUELO"

POOR
QUALITY

Este invento se refiere a un método de solidificar o consolidar una variedad de suelos tales como, por ejemplo, suelos de deficiente calidad y suelos que pierden agua, inyectando o impregnando en dichos suelos un endurecedor, y más particularmente a un método de inyectar un endurecedor en dichos suelos, en el cual el endurecedor es una solución de vidrio soluble cuyo valor de pH se ajusta para que esté dentro del intervalo de débil (baja) acidez a débil (baja) alcalinidad, (siendo el pH aproximadamente 5 a 9), con lo cual se impide la existencia de casi todas las contaminaciones tales como las contaminaciones de aguas subterráneas y las contaminaciones de suelos.

En este invento, la expresión "proceso de inyección o impregnación" significa que se inyecta o impregna un endurecedor en un suelo de deficiente calidad o en un suelo que pierde agua (en lo sucesivo denominado simplemente "suelo de deficiente calidad" cuando sea aplicable) tal como los encontrados en el trabajo de excavación para la cimentación de edificios y en el trabajo de excavación para el "metro" (o ferrocarril subterráneo), o en el suelo de cimentación de una presa o de un talud, o en los materiales que forman dichos suelos (tales como la tierra de relleno o los materiales desechados) con lo cual se consolidan aquellos suelos de modo que los mismos se cambian

a suelos o muros aislantes resistentemente endurecidos (impermeables al agua) que se disponen en los suelos para detener la fuga de agua en ellos.

5 Recientemente, las contaminaciones debidas a la construcción tales como las contaminaciones de agua subterránea y las contaminaciones de suelos han ocurrido frecuentemente debido al empleo de endurecedores del tipo de alto peso molecular. Por consiguiente, el empleo de tales endurecedores ha sido prohibido. Por tanto, existe
10 una fuerte demanda en la técnica para el desarrollo de endurecedores que no causarán tales contaminaciones debidas a la construcción tal como se ha descrito anteriormente.

15 Un procedimiento de inyección que emplea un endurecedor del tipo de vidrio soluble (en lo sucesivo denominado como "un proceso de inyección del tipo de vidrio soluble", cuando sea aplicable), siendo dicho endurecedor una solución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo o un reaccionante, es popular en la técnica debido a que es de una seguridad considerablemente alta. En este proceso de inyección del tipo de vidrio soluble convencional,
20 se utiliza la característica de gelificación del vidrio soluble en el intervalo alcalino puesto que el vidrio soluble por si mismo es alcalino. En otras palabras, el proceso de inyección del tipo del vidrio soluble convencional
25 utiliza el principio de que si se añade gradualmente

a una solución de vidrio soluble un agente reactivo áci -
do, aumentando gradualmente la cantidad de agente reacti-
vo ácido que se ha de añadir en un momento, el valor del
pH de la solución mixta resultante se disminuye, mientras
5 que se acorta también el tiempo de gelificación de la mis-
ma. A cualquier caudal, la gelificación del vidrio solu-
ble se efectúa en el intervalo de pH 11 a pH 10 (Tabla I).
Al final, si tal endurecedor se introduce en canales de
irrigación o ríos, indudablemente se impartirán influen -
10 cias indeseables a los seres humanos, al pescado, a las
plantas y a todo lo relacionado con ellos.

Tabla - 1

Mezcla % en peso				Tiempo de gelificación	
5	Vidrio soluble N°3 (%)	Reaccionante (%)	Agua (%)	pH 20°C	Temp. 20°C
		42,5	Fosfato sódico primario 1,0 Acido fosfórico 2,3	Resto	11,3
10	"	Fosfato sódico primario 1,0 Acido fosfórico 2,5	"	11,2	1'
	"	Fosfato sódico primario 1,0 Acido fosfórico 2,8	"	11,1	30"
15	37,2	Fosfato sódico primario 1,9 Acido fosfórico 1,5	"	11,1	1'35"
20	"	Fosfato sódico primario 1,0 Acido fosfórico 1,5	"	11,2	31'15"

Esta dificultad es causada por el hecho de que en el proceso de inyección del tipo de vidrio convencional, la cantidad de agente reactivo se ajusta de modo que el endurecedor está dentro del intervalo alcalino,

lo cual controla el tiempo de gelificación.

Por consiguiente, en el presente invento la idea o principio es que no se considera que "el tiempo de gelificación del endurecedor es controlado por la adición del agente reactivo a la solución de vidrio soluble". Es decir, en este invento, que se basa en la idea o principio de que "el vidrio soluble se añade a la solución del agente reactivo" se emplea la gelificación con el valor del pH sustancialmente en el intervalo neutro, en el proceso de inyección, con el fin de eliminar la producción de contaminaciones debidas al proceso de inyección del endurecedor. Así, se ha obtenido el presente invento.

Más específicamente, si se añade vidrio soluble a la solución de agente reactivo ácido y la cantidad de vidrio soluble se aumenta gradualmente, la solución resultante llegará a ser gradualmente neutra y se acorta el tiempo de gelificación. El tiempo de gelificación es el más corto en la proximidad de la alcalinidad débil. Si la cantidad de vidrio soluble se aumenta adicionalmente, el pH de la solución resultante llega a ser alcalino y el tiempo de gelificación de la misma se aumenta. El inventor de la presente solicitud ha encontrado que tal fenómeno podría aplicarse a un proceso de inyección de endurecedor, y ha completado un nuevo procedimiento o método de inyección de endurecedor en el cual se emplea un endurecedor

dor preparado para que esté dentro del intervalo de acidez débil a alcalinidad débil.

RESUMEN DEL INVENTO

5 Por consiguiente, un objeto principal de este invento es crear un proceso de inyección de endurecedor que escasamente cause contaminaciones tales como las contaminaciones del agua subterránea y las contaminaciones de suelos.

10 Otro objeto del invento es proporcionar un proceso de inyección en el cual se obtiene un suelo consolidado que tiene una durabilidad extremadamente elevada.

Un objeto adicional del invento es proporcionar un proceso de inyección mediante el cual puede mejorarse la impermeabilidad al agua de un suelo.

15 Un objeto adicional del invento es proporcionar un proceso de inyección en el cual un suelo no uniforme que contiene una capa de suelo gruesa y una capa de suelo fina se consolida para obtener un suelo uniforme.

20 Los objetos anteriores y otros del invento han sido conseguidos mediante la creación de un procedimiento de inyectar un endurecedor en un suelo, tal como un suelo de deficiente calidad, con lo cual se consolida el suelo o se detiene la fuga de agua en el mismo, en el cual se emplea una solución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo ácido en calidad de endurecedor y la relación de
25

mezcla de la misma es tal, que el valor del pH de la solución mixta está dentro del intervalo de acidez débil (siendo el pH aproximadamente 5) a alcalinidad débil (siendo el pH aproximadamente 9).

5

La naturaleza, principio, y utilidad del invento serán más evidentes de la siguiente descripción detallada y de las reivindicaciones que se acompañan.

DESCRIPCION DETALLADA DEL INVENTO

10

Como se ha descrito antes, en este invento se emplea una solución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo ácido en calidad de endurecedor para inyectar en un suelo. Sin embargo, puede modificarse añadiendo un agente de control de gelificación a dicha mezcla, y además la solución mixta así modificada por adición de arcilla a la misma. En otras palabras, la solución mixta empleada en este invento puede ser una solución mixta que se obtiene mezclando vidrio soluble, el agente reactivo ácido, y la arcilla o puede ser una solución mixta obtenida por adición de un agente de control de gelificación a la solución mixta así obtenida.

20

Cada una de las soluciones mixtas así obtenidas se preparan de modo que su valor de pH esté dentro del intervalo de acidez débil (siendo el pH aproximadamente 5) a alcalinidad débil (siendo el pH aproximadamente 9) siendo 7 el valor del pH central. Esta preparación se consi -

25

que definiendo la relación de mezcla de los componentes en la solución mixta.

5 Así, el endurecedor empleado en este invento es una lechada neutra que se prepara de modo que su valor de pH esté dentro del intervalo (o el intervalo neutro de pH) de acidez débil a alcalinidad débil, siendo el valor del pH central el de neutralidad.

El control o ajuste del valor de pH y el tiempo de gelificación del endurecedor se efectúa como sigue:

10 Control del valor de pH

15 El vidrio soluble y el agente reactivo ácido se combinan juntos a una cierta relación. Esta relación es tal que el valor del pH de la solución mixta de estos componentes está dentro del intervalo neutro; sin embargo la relación depende de las clases de agente reactivo ácido. Ejemplos de la relación en el empleo del ácido fosfórico como agente reactivo ácido se muestran en la Tabla 2 siguiente:

Tabla - 2

	Mezcla (% en peso)			pH 20°C	Tiempo de gelificación
	Vidrio soluble No3 (%)	Acido fosfórico (%)	Agua (%)		min.' seg."
5	5	3	92	2,3	
	10	"	87	6,2	29' 45"
10	15	"	82	8,4	1' 17"
	20	"	77	10,5	15"
	25	"	72	11,2	42"
	30	"	67	11,3	50"
15	40	"	57	11,3	1' 43"
	50	"	47	11,4	17' 50"
	5	2	93	4,8	435'
20	10	"	88	7,7	3' 40"
	15	"	83	11,6	10' 07"
	20	"	78	11,3	78' 10"
25	25	"	73	11,4	220'

Control del tiempo de gelificación

(A) Control mediante la cantidad de agua:

Si se ajusta la cantidad de agua manteniéndose constante la relación de vidrio soluble a agente reactivo ácido, solamente puede cambiarse el tiempo de gelificación mientras que el valor del pH se mantiene inalterado. En otras palabras, el tiempo de gelificación se reduce o acorta con la disminución de la cantidad de agua, y el tiempo de gelificación se aumenta o alarga con el aumento de la cantidad de agua. (Se hace referencia a la Tabla 3 que figura a continuación).

Tabla - 3

Mezcla (partes en peso)			pH (20°C)	Tiempo de gelificación (20°C)	
Vidrio soluble Nº 3 (partes)	Acido fosfórico (partes)	Agua (partes)		min.	seg."
10	2,5	87,5	6,4	22'	30"
10	2,5	137,5	6,9	29'	57"
10	2,5	287,5	7,0	89'	30"

Así, si se ajustan las cantidades de agua, vidrio soluble y agente reactivo ácido, puede obtenerse un tiempo de gelificación deseado mientras que el valor del

pH se mantiene dentro del intervalo neutro.

(B) Control mediante el agente de control de ge
lificación.

5 Si, en el proceso de inyección del tipo del vi-
drio soluble, se supone que son constantes las condicio -
nes que se refieren a la naturaleza del suelo, la resis -
tencia a la consolidación de la lechada de vidrio soluble
depende de la concentración del vidrio soluble. Por consi-
guiente, si la concentración del vidrio soluble se fija
10 para que tenga una resistencia a la consolidación desea -
da, el valor del pH del endurecedor se determina por la
cantidad del agente reactivo ácido, y el tiempo de gelifi
cación se determina por el valor del pH así determinado.
Así, en el caso en el que el endurecedor es la combina -
15 ción del vidrio soluble y el agente reactivo ácido, el
tiempo de gelificación puede cambiarse variando la canti-
dad del agente reactivo ácido y el valor del pH también
se cambia, como fue descrito anteriormente; esto es, es
imposible ajustar el tiempo de gelificación bajo la condi-
20 ción de que el valor del pH se mantenga sustancialmente
inalterado. (Tabla 4). Naturalmente, es posible cambiar
el tiempo de gelificación cambiando la cantidad de agua;
sin embargo, este método no es deseable debido a que va-
riará la concentración del vidrio soluble.

Tabla - 4

	Mezcla (% en peso)			pH (20°C)	Tiempo de gelificación "min.' seg." (20°C)
	Vidrio soluble Nº 3 (%)	Acido fosfórico (%)	Agua		
5	10	3	87	6,2	29' 45"
	10	2,0	88	7,7	3' 40"
10	10	Acido fosfórico 2,5 Diacetato de etilenglicol 5	82,5	5,1	147'
15	10	Acido fosfórico 2,0 Glioxal 3,0	85	6,5	18' 25"

En este caso, el agente de control de gelificación se emplea para ajustar el tiempo de gelificación. Es decir, en el caso en el que se requiere ajustar el tiempo de gelificación bajo las condiciones en las que la concentración del vidrio soluble se mantiene inalterada y además el valor del pH se mantiene en el intervalo neutro, puede emplearse un agente de control de gelificación tal como una sal y un alcohol.

25

En el caso en el que el agente de control de la

5

10

gelificación es una sal neutra o alcohol, incluso si se añade una cantidad apropiada de tal agente de control de la gelificación a la solución mixta del vidrio soluble y el agente reactivo ácido, el valor del pH de la solución mixta no cambiará, debido a que la sal neutra o el alcohol por si mismo son neutros. Sin embargo, si el agente de control de gelificación es una sal ácida o una sal básica, el pH se desplazará para ser alcalino o ácido. Por consiguiente, es necesario mezclar tres componentes, es decir los componentes del vidrio soluble, el agente reactivo ácido, y el agente de control de gelificación de tal manera que el valor del pH de la solución mixta esté dentro del intervalo de pH neutro, es decir, el intervalo de acidez débil a alcalinidad débil (Tablas 5 y 6).

Tabla - 5

	Mezcla (% en peso)				pH (20°C)	Tiempo de gelificación (20°C) min.'seg."
	Vidrio soluble Nº 3 (partes)	Acido fosfórico (partes)	Agente de control de gel (partes)	Agua (partes)		
5	10	2,5	Fosfato de sodio primario 0	137,5	6,9	22' 30"
10	"	"	2	"	6,5	35' 20"
	"	"	3	"	6,4	37' 05"
	"	"	6	"	6,2	65' 15"
15	"	"	Bicarbonato de sodio 2	"	7,1	19' 20"
	"	"	4	"	7,2	11' 15"
20	"	"	8	"	7,4	3' 20"

Tabla - 6

Mezcla (% en peso)	pH	Tiempo de gelificación			
		min.	seg."		
Vidrio soluble N° 3 (%) Agente reactivo ácido (%) Agente de control de gelificación (%) Agua (%)	20°C	20°C			
		Acido fosfórico	Fosfato de sodio primario		
6,0	1,2	-	Resto	6,5	50'
6,0	0,7	2,0	"	7,2	11'
5,0	1,2	-	"	6,1	25'
5,0	0,5	1,5	"	9,3	125'
5,0	1,0	1,5	"	6,2	32'
5,0	2,0	1,5	"	5,1	60'
5,0	1,0	2,0	"	6,2	12'
5,0	1,0	2,5	"	6,1	3'

Mediante el empleo de tal agente de control de gelificación, el tiempo de gelificación puede cambiarse eficazmente sin variar cualquiera de las concentraciones de vidrio soluble y el valor del pH. Por consiguiente, el empleo de una lechada neutra en el campo puede ser facilitado considerablemente.

La mayoría de los vidrios solubles empleados son

una relación molar que varía de 1,5 a 5,0.

Los agentes reactivos ácidos empleados en este invento se enumeran a continuación:

Agentes reactivos ácidos

5

Acidos

Acidos inorgánicos tales como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico y ácido piro-fosfórico.

10

Acidos orgánicos tales como ácido fórmico, ácido acético, ácido malónico, ácido succínico, ácido maleico, y ácido tartárico.

Aldehidos

15

Dialdehidos tales como glioxal, succindialdehído, malondialdehído, succinaldehído, glutaraldehído y furaldialdehído.

Esteres

Esteres de ácidos grasos de alcoholes monovalentes, tales como acetato de etilo, acetato de metilo, acetato de butilo y acetato de amilo.

20

Esteres de ácidos grasos de alcoholes polivalentes, tales como diacetato de etilenglicol, triacetato de glicerina y diéster de ácido succínico (completamente esterificado).

25

Esteres intermoleculares tales como γ -butiro-lactona y ϵ -caprolactama. (Esteres cíclicos: lactonas).

5 Esteres parcialmente esterificados de alcoho -
les polivalentes, tales como monoformiato de etilengli -
col, monoacetato de etilenglicol, monopropionato de eti -
lenglicol, monoformiato de glicerina, monoacetato de gli -
cerina, monopropionato de glicerina, diformiato de glice -
rina, diacetato de glicerina, monoformiato de sorbita,
monoacetato de sorbita, monoacetato de glucosa, y vinil -
acetato parcialmente saponificado (bajo grado de polime -
rización).

10 Los ésteres de ácidos grasos no saturados ta -
les como el diacetoxietileno, $\begin{array}{c} \text{CHOCCH}_3 \\ | \\ \text{CHOCCH}_3 \end{array}$

15 Carbonatos tales como carbonato cíclico, por
ejemplo carbonato de etileno, carbonato de propileno y
carbonato de glicerilo.

Amidas :

Formamida, dimetil-formamida, cetoamida, dime -
tilacetoamida, amida propiónica, butilamida, acrilamida,
diamida malónica, pirrolidona, caprolactama, etc.

20 [Agente de control de gelificación]

Sales inorgánicas

Cloruros o clorhidratos tales como cloruro de
calcio, cloruro de sodio, cloruro de potasio, cloruro de
amonio, cloruro de zinc y cloruro de aluminio.

25 Sulfatos tales como sulfato de sodio.

Aluminatos tales como aluminato de sodio y alu-
minato de potasio.

Cloratos tales como clorato de sodio, clorato
de potasio, perclorato de sodio y perclorato de potasio.

5

Carbonatos tales como carbonato de amonio, bi-
carbonato de sodio, bicarbonato de potasio y bicarbonato
de amonio.

Bisulfatos tales como bisulfato de sodio, bi-
sulfato de potasio y bisulfato de amonio.

10

Bisulfitos tales como bisulfito de sodio, bisul-
fito de potasio y bisulfito de amonio.

Fluorosilicatos tales como silicofluoruro de so-
dio y silicofluoruro de potasio.

15

Boratos tales como borato de sodio, borato de
potasio y borato de amonio.

Hidrógeno-fosfatos tales como hidrógeno-fosfa-
to de sodio, hidrógeno-fosfato de potasio e hidrógeno-fos-
fato de amonio.

20

Pirosulfatos tales como piro-sulfato de sodio,
pirosulfato de potasio y piro-sulfato de amonio.

Pirofosfatos tales como pirofosfato de sodio,
pirofosfato de potasio y pirofosfato de amonio.

Bicromatos tales como bicromato de sodio, bi-
cromato de potasio y bicromato de amonio.

25

Permanganatos tales como permanganato de pota-

sio y permanganato de sodio.

5 Sales de calcio, aluminio, magnesio o hierro tales como caliza, yeso, alúmina, óxido de hierro, óxido de magnesio, escoria, silicato de calcio y arcilla, cada uno de los cuales produce silicatos por reacción con ácido silícico.

Sales orgánicas

Acetato de sodio, succinato de sódio, formiato de potasio, formiato de sodio, etc.

Alcoholes

10 Alcoholes monovalentes o polivalentes o alcoholes polímeros tales como alcohol etílico, alcohol metílico, alcohol amílico, glicerina y alcohol polivinílico.

15 En el presente invento, el endurecedor antes descrito se inyecta o impregna en una variedad de suelos tales como suelos de deficiente calidad a los que consolidada.

20 En el invento, el término "inyección" significa la inyección normal de un endurecedor bajo presión (en lo sucesivo denominado simplemente "inyección a presión" cuando sea aplicable), una inyección a chorro bajo presión elevada (en lo sucesivo denominada "inyección a chorro a alta presión" cuando sea aplicable), y además la mezcla, el rociado, y la penetración de un endurecedor dentro o
25 fuera de un suelo, incluyendo dicha mezcla la mezcla del

endurecedor con materiales tales como tierra de relleno, y materiales de desecho o residuales. Ni que decir tiene que el método de inyección adecuado se selecciona dependiendo de las condiciones del suelo que ha de ser inyectado con el endurecedor.

5

A continuación, este invento será descrito en detalle con respecto a cada una de las inyecciones antes mencionadas.

Inyección a presión

10

Esta inyección a presión se utiliza frecuentemente cuando el endurecedor se inyecta en un suelo de deficiente calidad que está formado de múltiples capas por capas de suelo gruesas (que contienen espacios de aire en ellas) y capas de suelo fino. Este método es denominado un proceso de lechada múltiple, que incluye los siguientes diversos métodos:

15

1. Método (1). En este método, se emplean los dos líquidos siguientes en calidad de endurecedor:

20

El líquido A que es una solución de uno o dos componentes seleccionados del grupo que consiste de un agente de control de gelificación y una arcilla, y

25

el líquido B que es una solución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo ácido, o una solución mixta obtenida por adición de uno o dos seleccionados del grupo que consiste en un agente de control de gelifica -

ción y arcilla a la solución mixta anterior.

Estos dos líquidos se juntan y se inyectan en el suelo. En este proceso, el líquido B se mezcla de modo que el valor del pH esté dentro del intervalo neutro.

5 2. Método (2). En este método, los dos líquidos A y B descritos en el método (1) anterior se emplean como endurecedor, y estos dos líquidos se juntan y se inyectan en el suelo, pero durante la inyección se suspende la alimen
tación del líquido A de modo que solamente se inyecta el
10 líquido B.

3. Método (3). En este método, se emplean como endurecedor los dos líquidos siguientes A y B:

El líquido A que es una solución de un agente reactivo ácido o una solución que contiene uno o dos com-
15 ponentes seleccionados del grupo consistente en un agente de control de gelificación y arcilla, añadidos a dicho agente reactivo ácido.

El líquido B que es una solución de vidrio solu-
ble, o una solución mixta obtenida por adición de uno
20 o más componentes seleccionados del grupo que consiste en un agente reactivo ácido, un agente de control de gelifi-
cación y arcilla, añadidos a dicho vidrio soluble.

Estos dos líquidos A y B se juntan y se inyec-
tan en el suelo.

25 En este método, cada uno de los líquidos A y B

se mezclan de modo que el valor del pH de los líquidos obtenidos por la unión de ellos se mantiene dentro del intervalo neutro.

5 4. Método (4). En este método, los líquidos A y B descritos en el método (3) anterior, se emplean en calidad de endurecedor, pero el líquido B se mezcla de modo que el valor del pH del mismo se mantenga dentro de un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil. Y una mezcla obtenida combinando los líquidos A y B se inyecta en el

10 suelo, pero durante la inyección, también se suspende la alimentación del líquido A de modo que solamente el líquido B se inyecta en el suelo.

 5. Método (5). En este método, se emplean como endurecedor los dos líquidos siguientes A y B:

15 El líquido A que es una solución de vidrio soluble, o una solución que contiene uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en agente reactivo ácido, agente de control de gelificación y arcilla, añadidos a dicho vidrio soluble.

20 El líquido B que es una solución mixta de vidrio soluble y agente reactivo ácido, o una solución mixta obtenida añadiendo uno o dos componentes seleccionados del grupo que consiste en un agente de control de gel y arcilla, añadidos a la solución mixta de vidrio soluble y

25 agente reactivo ácido.

Se inyecta en el suelo una solución mixta obtenida juntando los dos líquidos.

En este método, cada uno de los líquidos A y B se mezcla de modo que el valor del pH de la solución mixta de A y B está dentro del intervalo neutro.

6. Método (6). En este método, los líquidos A y B descritos en el método (5) anterior se emplean como endurecedor, pero el líquido B se mezcla de modo que el valor del pH del mismo se mantiene dentro de un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil. Y una mezcla obtenida combinando los líquidos A y B se inyecta en el suelo, pero durante la inyección, también se suspende la alimentación del líquido A de modo que solamente se inyecta el líquido B en el suelo.

La combinación de los líquidos descritos anteriormente se realiza a través de una tubería de forma de Y por ejemplo.

En los métodos de inyección antes descritos, incluso si se hace fluctuar la relación en la alimentación de los líquidos A y B, el líquido obtenido combinando los líquidos A y B (en lo sucesivo denominado "un líquido AB" cuando sea aplicable) gelifica primeramente, y luego el líquido B atraviesa la capa de suelo fino consolidando este último, y finalmente tanto la capa de suelo grueso como la capa de suelo fino son consolidadas en su totali -

dad, como resultado de lo cual se obtiene un suelo resistente y uniforme. Así, los métodos de inyección de acuerdo con este invento, al contrario que los métodos de inyección convencionales, nunca causarán la consolidación no uniforme del suelo, porque se solidifica la capa de suelo grueso pero no se solidifica la capa de suelo fino y viceversa. En este caso, el líquido AB consolida la capa de suelo grueso y el líquido B consolida la capa de suelo fino. Por tanto, este método de inyección puede ser denominado como proceso de lechada múltiple.

Puesto que el líquido B es capaz de consolidar por sí mismo, incluso si no se combinan completamente los líquidos A y B, el líquido B consolida por sí mismo sin que el otro ayude. Es decir, el líquido B nunca rebosa del nivel de inyección del suelo, y además el vidrio soluble por sí mismo nunca se introduce en el agua subterránea, tal cual. Así, de acuerdo con este invento, aún cuando no se controle en absoluto las cantidades de alimentación de los líquidos A y B, pueden obtenerse los efectos antes mencionados del invento.

Además, se inyecta en el suelo una cantidad pre determinada del líquido AB, y durante la inyección, se suspende la alimentación del líquido A de modo que solamente se continúa la inyección del líquido B.

En esta operación, el tiempo de gelificación

del líquido combinado AB inyectado primeramente es más corta. Por tanto, cuando el líquido AB ha atravesado grandes espacios de aire, una interfase entre capas de suelo, o una capa de suelo grueso (en lo sucesivo denominada "capa de suelo grueso", cuando sea aplicable), el líquido AB consolida la capa de suelo grueso. Luego se suspende la alimentación del líquido A y solamente se continúa la inyección del líquido B. Sin embargo, puesto que la capa de suelo grueso ha sido impregnada con el líquido combinado AB, el líquido B (que tiene una elevada permeabilidad y un prolongado tiempo de gelificación porque es una solución acuosa) atraviesa la capa de suelo fino poco a poco, y finalmente atraviesa completamente y consolida la capa de suelo grueso.

En este método de inyección, la capa de suelo grueso y la capa de suelo fino son consolidadas sucesivamente por el endurecedor, como resultado de lo cual puede obtenerse fácilmente un suelo resistente y uniforme.

La combinación de los dos líquidos A y B puede efectuarse mediante el empleo de una tubería de inyección doble, o dos tuberías de inyección en paralelo, en lugar de la tubería de forma de Y antes descrita. En este caso, la tubería de inyección doble o las dos tuberías de inyección en paralelo se insertan en el suelo, y la combinación de los dos líquidos A y B puede realizarse inmediata

mante antes o inmediatamente después de que los dos líquidos A y B se descarguen de las tuberías, o en el momento en que los líquidos A y B se descargan de las tuberías.

5 Como es evidente de la descripción anterior, uno de los aspectos específicos de los métodos de inyección reside en que la lechada de combinación de los líquidos A y B y la lechada del líquido B son combinadas ingeniosamente y además, a pesar de tal método sencillo tiene unos efectos considerablemente significativos. Ni que decir
10 tiene que el método de inyección puede practicarse como sigue, dependiendo de las condiciones del campo. Por ejemplo, en el caso del suelo del cual brota agua, el método de inyección puede aplicarse repetidamente al mismo, mientras que se observan las condiciones del derrame de agua,
15 o los líquidos A y B pueden unirse después de que los líquidos A y B se han inyectado separadamente en dicho suelo.

En el caso de que deba modificarse un suelo para obtener uno que tenga una resistencia superior, son
20 aplicables los métodos (3) y (4) en el proceso de lechada múltiple anteriormente descrito. En estos métodos, los líquidos A y B se combinan de modo que el valor del pH del líquido resultante esté dentro del intervalo neutro (Tabla 10-(2)). Es decir, el líquido B se hace que sea un
25 líquido que tenga una elevada concentración de vidrio so-

luble y agente reactivo incorporado. Además, la mezcla se efectúa de modo que el valor del pH esté dentro del intervalo alcalino y el tiempo de gelificación sea suficientemente largo. Por otra parte, se prepara una solución acuosa que contiene agente reactivo ácido como líquido A. Un líquido obtenido combinando los líquidos A y B así preparados está dentro del intervalo de pH neutro y tiene un tiempo de gelificación muy corto, y por tanto puede aplicarse a la capa de suelo grueso o al bloqueo de corrientes de agua que corren en el interior de un suelo. Después de que una cantidad predeterminada del líquido AB, es decir, el líquido obtenido combinando los líquidos A y B ha sido inyectada en el suelo, se suspende la alimentación del líquido A de modo que solamente se inyecta en el suelo el líquido B. En este caso, puesto que el tiempo de gelificación del líquido B es largo como ya se ha descrito, el líquido B atravesará un tramo suficientemente largo del suelo, como resultado de lo cual el suelo puede ser consolidado en un suelo de alta resistencia. Debe advertirse que puesto que tanto la capa de suelo grueso como la trayectoria de la corriente de agua han sido llenadas con el líquido mezclado cuyo valor de pH está dentro del intervalo neutro, el líquido B nunca se derramará a lugares indeseables incluso si es altamente alcalino.

En el método (6) descrito anteriormente, la mez

5 cla del líquido B se efectúa de modo que su tiempo de ge-
lificación sea largo y su valor de pH esté dentro del in-
tervalo neutro, mientras que se prepara una solución acuo-
sa que contiene solamente vidrio soluble en calidad de lí-
quido A. El líquido AB obtenido combinando los líquidos A
y B tiene los aspectos específicos que es bajo en su con-
centración de vidrio soluble, bajo en su valor de pH y
corto en su tiempo de gelificación. Utilizando estos as-
pectos específicos, primeramente el líquido AB, que tiene
10 un tiempo de gelificación corto y una elevada resistencia,
se inyecta en el suelo para llenar la capa de suelo grue-
so del suelo, y luego el suelo es, como conjunto, atrave-
sado colectivamente y consolidado con la lechada neutra.
(Tabla -11- (2)).

15 Inyección por chorro a alta presión

 Esta inyección también es del proceso de lecha-
da múltiple. Se aplica a suelos de deficiente calidad de
acuerdo con por ejemplo, los siguientes métodos:

Método (1)

20 En este método, se emplean como endurecedor un
líquido A que es una solución de uno o dos componentes se-
leccionados del grupo que consiste en un agente de con-
trol de gelificación y arcilla, un líquido B que es una
solución mixta de vidrio soluble y agente reactivo ácido,
25 o una solución mixta obtenida añadiendo uno o dos componen

tes seleccionados del grupo que consiste en agente de control de gel y arcilla a la solución mixta primera. Estos dos líquidos A y B se combinan y se inyectan en el suelo. En esta operación, al menos uno de los líquidos A y B se inyecta en el suelo en forma de una corriente a chorro bajo una presión elevada. Además, debe advertirse que la mezcla del líquido B se efectúa de modo que el valor del pH esté dentro del intervalo neutro.

Método (2)

En este método, se emplean como endurecedor un líquido A que es una solución de un agente reactivo ácido o una solución que contiene uno o dos componentes seleccionados del grupo que consiste en agente de control de gelificación y arcilla, además de agente reactivo ácido y un líquido B que es una solución de vidrio soluble o una solución mixta obtenida añadiendo uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en agente reactivo ácido, agente de control de gel y arcilla además de dicho vidrio soluble. Similarmente como en el método (1), estos dos líquidos se combinan y se inyectan en el suelo. En esta operación, al menos uno de los líquidos A y B se inyectan a chorro bajo presión elevada en el suelo. En el método, la mezcla de cada uno de los líquidos A y B se efectúa de modo que el valor del pH del líquido obtenido combinando los dos líquidos A y B esté dentro del intervalo

lo neutro.

Método 3

En este método se emplean como endurecedor un líquido A que es una solución de vidrio soluble, o una solución que contiene uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en agente reactivo ácido, agente de control de gelificación y arcilla añadidos a dicho vidrio soluble, y un líquido B que es una solución mixta de vidrio soluble y agente reactivo ácido, o una solución mixta obtenida añadiendo uno o dos componentes seleccionados del grupo que consisten en agente de control de gelificación y arcilla a la solución mixta primera. Estos dos líquidos A y B se combinan y se inyectan en el suelo. En esta operación, al menos uno de los líquidos A y B se inyecta a chorro bajo presión elevada en el suelo. En el método, debe advertirse que la mezcla de cada uno de los líquidos A y B se efectúa de modo que el valor del pH del líquido obtenido combinando los líquidos A y B está dentro del intervalo neutro.

En los métodos de inyección antes descritos, los líquidos A y B pueden mezclarse mediante un mezclador, y la solución mixta resultante puede inyectarse a chorro bajo presión elevada.

Estos métodos de inyección serán descritos más concretamente. En primer lugar, se perfora o taladra un

agujero perpendicular al suelo de deficiente calidad, y luego se inserta en el agujero así perforado una tubería de inyección. Esta tubería de inyección es un tubo doble constituido por una tubería exterior y una tubería interior insertada en la tubería exterior. La tubería exterior está abierta por su extremo. Existen en el mercado una amplia variedad de tubos exteriores de diferentes diámetros. Una de las tuberías exteriores tiene un diámetro de 90 mm, por ejemplo. La tubería interior está cerrada por su extremo, pero la pared de la tubería en la parte del extremo está provista de agujeros de boquilla para chorros. Existe en el mercado una amplia variedad de tuberías interiores de diferentes diámetros. Una de las tuberías interiores tiene un diámetro de 40 mm (menor que el diámetro de la tubería exterior) por ejemplo. La tubería interior debe insertarse en la tubería exterior de modo que la porción provista de los agujeros de boquilla para chorros esté sobresaliendo del extremo de la tubería exterior. El número de agujeros de boquilla dispuestos en la pared de la tubería es opcional.

Luego, el líquido B se inyecta a chorro bajo presión elevada, por ejemplo a varias decenas de kg/cm^2 a 1.000 kg/cm^2 , o preferiblemente a una presión de 100 a 500 kg/cm^2 , a través de la tubería interior de la tubería doble en el suelo con lo cual corta y muelle el suelo. En-

tonces, mientras continúa el corte y mullido del suelo, se inyecta el líquido A en el suelo.

5 Los líquidos A y B inyectados se combinan en el suelo y se consolidan. La tubería doble se mueve gradualmente hacia arriba mientras que se hace girar. En esta operación, la operación de corte y mullido del suelo antes citada se continúa todavía. Pronto, la parte del suelo así cortada y mullida se consolida formando una parte de suelo consolidada similar a una columna. Si la tubería 10 doble se mueve hacia arriba sin hacerla girar, se forma un cuerpo consolidado de forma de película (denominado en lo sucesivo "película consolidada" cuando sea aplicable). Como se describirá más adelante, la directividad de la penetración está fijada por la operación de chorro, y por 15 tanto se forma tal película consolidada.

En este método de inyección a chorro a presión elevada, el vidrio soluble inyectado se consolida positivamente, y no solamente resistentemente la capa de suelo grueso sino también la capa de suelo fino. Como resultado, 20 el suelo no uniforme y de deficiente calidad se modifica a un suelo multiconsolidado que es uniforme y resistente. Además, puesto que el suelo se corta y mulle mediante el empleo del líquido B, es suficiente la penetración del endurecedor. Además, el corte y mullido del suelo puede 25 efectuarse en una dirección deseada, y por tanto puede se

leccionarse según se desee la dirección de la penetración.

5 En el método de inyección a chorro a elevada presión, como fué descrito anteriormente, el endurecedor (lechada) que tiene esencialmente el líquido AB obtenido combinando los líquidos A y B sirve para consolidar resis-
10 tentemente la capa de suelo grueso (aumentado con ello es pecialmente la resistencia del suelo) y por otro lado el endurecedor (lechada) que tiene esencialmente el líquido B sirve para consolidar la capa de suelo fino. Como resul-
tado, tanto la capa de suelo grueso como la capa de suelo fino son consolidadas uniformemente como conjunto en una
15 unidad. Así, puede formarse un suelo consolidado que es uniforme y resistente, y es perfecto en la detención del agua o en la impermeabilidad al agua.

Además, puede ser posible en el método antes
20 descrito suspender la alimentación o inyección del líquido A, y después de ello, inyectar solamente líquido B bajo una presión normal, lo cual consolida ampliamente el suelo.

Además, puede ser posible que en primer lugar
25 se lance a chorro agua al suelo bajo una presión elevada para cortar y mullir el suelo, y luego se inyecta la mezcla de líquidos A y B para cortar y mullir el suelo bajo la presión normal, y además puede también ser posible que antes de todo, los líquidos A y B se mezclen en un mezcla

dor, y luego, la mezcla se lance a chorro al suelo bajo una presión elevada.

5 En el método descrito antes, la combinación de los dos líquidos puede conseguirse mediante el empleo de una tubería doble o dos tuberías de inyección paralelas en lugar de la tubería antes mencionada de forma de Y. La combinación de los dos líquidos puede efectuarse inmediatamente antes, o inmediatamente después, o en el momento en el que los dos líquidos se descargan de la tubería do-
10 ble o las dos tuberías de inyección paralelas. A este respecto, ni que decir tiene que si los tiempos de gelificación de los dos líquidos son suficientemente largos, los dos líquidos pueden mezclarse por medio de un mezclador, y los líquidos así mezclados pueden lanzarse a chorro ba-
15 jo presión elevada a través de agujeros de boquillas dispuestos en la parte del extremo de la tubería de inyección por medio de una bomba.

Especialmente en el caso en el que los dos lí-
20 quidos A y B son lanzados a chorro a través de la parte del extremo de la tubería doble o a través de las dos tuberías de inyección paralelas, los líquidos A y B se mezclarán y consolidarán con las partículas del suelo mien-
tras se consolidan por si mismos. Es decir, puede obtenerse, mediante el empleo de una solución de vidrio soluble
25 que tiene una elevada concentración, un suelo consolidado

que tiene una elevada resistencia.

Mezcla

5 En este método, el endurecedor se mezcla con tierra fuera o dentro del suelo para consolidar este último. Esta mezcla puede realizarse en un mezclador. Además, pueden emplearse para formar un suelo consolidado tierra de relleno o materiales de desecho. En este caso, el endurecedor se mezcla con la tierra de relleno o los materiales de desecho para consolidarlos. Los materiales así consolidados se ponen en agujeros perforados en el suelo para formar un suelo consolidado.

Rociado

15 El endurecedor se rocía en el interior o exterior de un suelo para consolidar el suelo o impedir el arrastre por el viento de la arena. El rociado del endurecedor se realiza por medio de una máquina de rociado. Además, es posible que la lechada neutra mezclada con semillas se rocíe sobre la superficie de un talud de una carretera para impedir que la superficie del talud se desgaste por la lluvia y para mantener en ella la siembra suficientemente.

Permeabilidad

25 Los endurecedores de acuerdo con este invento se emplean como líquido de perforación para el taladro. Es decir, si el endurecedor se carga en agujeros perfora-

dos, atravesará las paredes de los agujeros para consolidar estas últimas. Por tanto, las paredes así consolidadas impedirán al agua rebosar o impedirán el daño de las paredes de los agujeros perforados. El endurecedor puede
5 ponerse en una variedad de partes excavadas del suelo tales como las encontradas en la excavación con protección, de modo que el endurecedor atraviesa y consolida las paredes de las excavaciones. Las paredes de las excavaciones así consolidadas impedirán que el agua se derrame o impedirán el daño de las paredes de la excavación. Además, en
10 el caso en el que se construyan paredes de protección de arena insertando miembros de hormigón precolado en agujeros perforados, el endurecedor se pone en el espacio entre el miembro y la pared del agujero con el fin de permitir
15 que el endurecedor atraviese y consolide la pared. Las paredes de los agujeros así tratados pueden impedir el derrame o fuga de agua desde detrás de las paredes.

Además, en el caso en el que se empotren en un suelo tablestacas, el endurecedor se pone en el espacio
20 entre el pilote y el suelo para consolidar el último mediante la permeabilización del endurecedor, obteniendo así efectos similares a los del caso anterior.

Por consiguiente, el proceso de inyección del presente invento, como es evidente de la descripción anterior, tiene los siguientes efectos o méritos diversos:
25

(1) El endurecedor no cambia durante un largo periodo de tiempo manteniendo sustancialmente la neutralidad, y por consiguiente nunca causará contaminaciones tales como las contaminaciones del agua subterránea y contaminaciones de suelos. Esto es evidente debido al hecho de que, como se indica en la Tabla 7, incluso si el endurecedor se cura en agua, el valor del pH del agua de curado se mantiene inalterado, es decir, muestra neutralidad sustancialmente en todos los momentos. (En el método convencional, mostrará la alcalinidad, causando contaminaciones).

Tabla - 7

Mezcla (% en peso)				pH (20°C)			
Vidrio soluble Nº 3 (%)	Acido fosfórico (%)	Fosfato sódico primario (%)	Agua (%)	día			
				1	7	28	90
42,5	2,3	1,0	54,2	8,5	10,5	10,7	10,8
5	1,0	1,5	92,5	6,8	6,7	6,7	6,7

(2) El endurecedor tiende a aumentar su resistencia con el lapso de tiempo en lugar de mantenerla durante un periodo prolongado de tiempo. Por consiguiente, puede decirse que el endurecedor tiene una durabilidad elevada. Este es evidente debido al hecho de que, como se

ha indicado en la Tabla 8, incluso si se cura el endurecedor en agua, la resistencia a la compresión no confinada no cambia con el lapso de tiempo. (En el método convencional, la resistencia disminuye).

5 (3) La viscosidad del endurecedor está dentro de un intervalo de 1,2 a 2,0 cp (mientras que la viscosidad del endurecedor convencional que consolida en el intervalo alcalino está, en general, dentro de un intervalo de 5 a 10 cp), es decir, es muy baja. Por consiguiente, el endurecedor de acuerdo con este invento puede atravesar la casi totalidad de los suelos que permiten el 10 atravesamiento por agua. Por tanto, el endurecedor permite la permeabilización de agua. Por consiguiente, el endurecedor de este invento puede mejorar considerablemente la im 15 permeabilidad al agua de un suelo.

Este invento será descrito con más detalle presentando una variedad de ejemplos.

Ejemplo 1

20 Se dió una inyección experimental a un suelo de arena fina por debajo de la superficie de agua subterránea en Tokio, Japón. La mezcla (tanto por ciento en peso) del endurecedor utilizado fué vidrio soluble número 3 al 5%, ácido fosfórico 1%, fosfato sódico primario al 1,5%, y agua al 92,5%. El ensayo de permeabilidad al agua en el 25 campo dió como resultado un valor $K = 3,8 \times 10^{-4}$ cm/segun

do antes de la inyección, y $K = 6,8 \times 10^{-7}$ cm/segundo después de la inyección. Además, en un ensayo de agua hecho empleando un pozo de observación situado a cinco metros del campo, el ensayo del valor del pH del agua en el pozo se repitió 30 veces. Sin embargo, no se detectaron variaciones significantes del valor del pH, es decir, el valor del pH estaba dentro del intervalo de $7,0 \pm 0,2$.

Si el endurecedor se mezcla con arcilla tal como bentonita, cenizas volantes, o arcilla obtenida en el campo en una proporción de tanto como 1 a 20% en peso del endurecedor, es más eficaz para mejorar la impermeabilidad al agua y para impedir la dilución del endurecedor en la capa de suelo grueso bajo el agua subterránea. Además, si un endurecedor obtenido mezclando lechada neutra y bentonita se emplea como líquido de perforación para taladrado, impedirá positivamente que la pared del agujero perforado sea dañada.

Se formaron en un depósito de agua en un laboratorio un suelo de arena fina y un suelo de arena gruesa y se impregnaron con agua para formar un suelo impregnado con agua. El suelo impregnado con agua así formado fue inyectado con los siguientes endurecedores diferentes en mezcla para realizar un ensayo de comparación del factor de consolidación del agua subyacente de los mismos. Los resultados de ensayo se indican en la Tabla 9.

Tabla - 8

	Mezcla (% en peso)				pH	Asistencia a la presión no confinada (kg/cm ²)			
	Vidrio so- luble N°3 (%)	Acido fó- sórico (%)	Fosfato sódico primario (%)	Agua		1 día	En agua (días)		
							7	28	90
Procedimiento conocido	50	3	-	57	11,4	3,0	1,5	0,8	0,2
	42,5	2,3	1,0	54,2	11,3	3,2	1,8	1,0	0,5
Procedimiento del presente invento	10	3	-	87	6,2	1,5	1,8	2,0	2,0
	"	2,5	2	85,5	6,4	1,8	2,0	2,3	2,3
	15	3	5	77	6,5	2,8	3,0	3,2	3,5

5

10

Tabla - 8

	Mezcla (% en peso)				pH	Resistencia confina 1 día	
	Vidrio so- luble N° 3 (%)	Acido fos- fórico (%)	Fosfato sódico primario (%)	Agua (%)			
5	Procedimiento conocido	50	3	- -	57	11,4	3,0
		42,5	2,3	1,0	54,2	11,3	3,2
10	Procedimiento del presente invento	10	3	-	87	6,2	1,5
		"	2,5	2	85,5	6,4	1,8
		15	3	5	77	6,5	2,8

pH	Resistencia a la presión no confinada (kg/cm ²)				
	1 día	En agua (días)			
		7	28	90	
,2	11,4	3,0	1,5	0,8	0,2
	11,3	3,2	1,8	1,0	0,5
,5	6,2	1,5	1,8	2,0	2,0
	6,4	1,8	2,0	2,3	2,3
	6,5	2,8	3,0	3,2	3,5

	<u>Mezcla (%)</u>	
	(A)	Vidrio soluble Nº 3 6,0 %
		Acido fosfórico 1,2 %
		Agua 9,8 %
5	(B)	Vidrio soluble Nº 3 6,0 %
		Acido fosfórico 1,2 %
		Bentonita 5 %
		Agua 87,8 %
10	(C)	Vidrio soluble Nº 3 5,0 %
		Acido fosfórico 1,0 %
		Fosfato sódico primario 1,5 %
		Agua 92,5 %
15	(D)	Vidrio soluble Nº 3 5,0 %
		Acido fosfórico 1,0%
		Fosfato sódico primario 1,5 %
		Bentonita 5,0 %
		Agua 87,5 %

Tabla - 9

Mezcla	Factor de consolidación en agua (α)	
	Suelo	Arena gruesa
	Arena fina	Arena gruesa
A	3,0	2,0
B	/	3,3
C	3,2	2,2
D	/	3,5

En esta Tabla, $\alpha = \frac{\text{arena consolidada}}{\text{cantidad de inyección}}$ (en volumen)

Cuando, como es evidente de la Tabla 9, la concentración de vidrio soluble es baja, el factor de consolidación en agua en el suelo de arena fina es suficientemente elevado; sin embargo, el factor de consolidación tiende a disminuir en el suelo de arena gruesa porque el líquido inyectado se dispersa y diluye. Sin embargo, se verá que el líquido de inyección al que se ha añadido bentonita es grandemente mejorado en lo que respecta al factor de consolidación.

Ejemplo 2

Empleando las cuatro clases de endurecedores enumeradas en el Ejemplo 1, se hizo un ensayo de comparación de inyección en un suelo grueso que tenía corrientes de

5 agua subterráneas en Tokio, Japón. Los resultados del ensayo de permeabilización de agua antes y después de la inyección se compararon unos con otros. Los resultados se indican en la Tabla siguiente. Como es evidente de esta Tabla, el endurecedor al que se había adicionado bentonita fluye difícilmente por el suelo que tiene corrientes de agua subterránea. Es decir, el suelo se impregna impermeablemente con el endurecedor, como resultado de lo cual se mejora notablemente la impermeabilidad al agua del suelo.

10

Mezcla	Resultado del ensayo de permeabilidad al agua K cm/seg	
	Antes de la inyección	Después de la inyección
(A)	$2,4 \times 10^{-2}$	$8,4 \times 10^{-5}$
(B)	$3,8 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-7}$
(C)	$1,3 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-5}$
(D)	$3,0 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-7}$

15

20

En los endurecedores descritos anteriormente (y también a continuación), se emplea ácido fosfórico del 75%. Con el fin de mejorar la capacidad de dispersión de la arcilla, puede incorporarse un aditivo opcional tal como un activador interfacial, un agente dispersante, un agente para llevar espuma de aire, o un agente de expansión. Ade-

25

más, en el proceso de inyección de acuerdo con este invento, es posible alimentar la solución de vidrio soluble y la solución de agente reactivo por bombas respectivas de modo que las dos soluciones se combinen conjuntamente a través de la tubería de forma de Y y las soluciones así combinadas se inyecten en el suelo (Tabla - 11 -(1) (2)). Sin embargo, es deseable que las cantidades de las dos soluciones se pesen precisamente, y que las dos soluciones así pesadas se mezclen en un mezclador, y la solución resultante se inyecte en el suelo.

Ejemplo 3

Se efectuó en un suelo que comprende arena fina y arena gruesa, un ensayo de inyección de acuerdo con este invento, por debajo de la superficie de agua subterránea en Tokio, Japón.

En este ensayo, la mezcla del endurecedor fue como se ha indicado en la Tabla -10 (1); sin embargo, el líquido A se mezcló con bentonita de 5% en peso. Después de que se inyectaron 3.000 litros del líquido A y también 3.000 litros del líquido B a un caudal de 30 litros por minuto, se suspendió la alimentación del líquido A, y entonces solamente se inyectó el líquido B hasta 3.000 litros a un caudal de 15 litros por minuto. Se realizaron varios ensayos de agua utilizando un pozo de observación situado 7 metros distante del punto en el que se realizó la inyec -

5 ción, antes, durante y después de la inyección. Los resultados de los ensayos de agua mostraron que los valores del pH obtenidos eran 7 ± 0 . El ensayo de permeabilización al agua dió como resultado un valor $K = 4,8 \times 10^{-3}$ cm/segundo antes de la inyección, pero dió como resultado $K = 7,8 \times 10^{-6}$ después de la inyección. Así pues, la inyección podía proporcionar un efecto suficiente en detener el agua.

Ejemplo 4

10 Se realizó un ensayo de inyección experimental en un suelo de arena gruesa por debajo de la superficie de agua subterránea.

Líquido A (Partes en peso)	Líquido B (partes en peso)
Cemento 25	Vidrio soluble 10
Bentonita 3	Acetato de etilenglicol 5
Agua 73	Acido fosfórico 2,5
	Bentonita 3
	Agua 79,5

20 Los líquidos A y B se alimentaron al mismo caudal, (15 litros/minuto) por bombas respectivas. Los líquidos así alimentados fueron combinados conjuntamente por medio de una tubería de forma de Y y se inyectaron en el suelo mediante una tubería de inyección. Después de que habían sido inyectados 500 litros del líquido A y también
25 500 litros del líquido B, se suspendió la alimentación del

líquido A y se inyectaron 3.000 litros del líquido B en el suelo a un caudal de 15 litros/minuto. El tiempo de gelificación del líquido obtenido combinando los dos líquidos A y B estaba dentro de un minuto, y el tiempo de gelificación del líquido B solamente era 147 minutos. Después de la inyección, el suelo así inyectado se excavó. Como resultado, se encontró que el líquido obtenido por combinación de los dos líquidos A y B estaba consolidado alrededor de la tubería de inyección y a lo largo de la interfase del suelo y que el líquido B estaba uniformemente consolidado en un amplio intervalo de la capa de arena gruesa.

El ensayo de permeabilización al agua dió como resultados $K = 8,9 \times 10^{-2}$ cm/segundo antes de la inyección y $K = 4 \times 10^{-6}$ cm/segundo después de la inyección. De acuerdo con el ensayo de agua realizado utilizando un pozo de observación distante 5 metros del campo, los valores del pH antes, durante y después de la inyección eran aproximadamente 6,5.

Ejemplo 5

Se realizó un ensayo de inyección a presión elevada a un suelo de deficiente calidad formado por una capa de arcilla de aluvión en Tokio, Japón.

Se perforó en el suelo un agujero de 100 mm de diámetro y 10 metros de profundidad. Una tubería exterior

de 90 mm de diámetro (una tubería que tenía un extremo abierto para inyectar el líquido A) se insertó en el agujero, y una tubería interior de 40 mm de diámetro (que tenía un extremo cerrado y agujeros de boquilla en la pared de la misma para inyectar el líquido B) se insertó coaxialmente en la tubería exterior, proporcionando así una tubería doble. Más específicamente, en la parte de la pared de la porción de extremo de la tubería interior se dispusieron dos agujeros de boquilla de modo que podía lanzarse una corriente a chorro del líquido perpendicularmente al eje longitudinal de la tubería, y la inserción de la tubería interior se consiguió de tal manera que la porción de extremo de la tubería interior estaba sobresaliendo de la tubería exterior.

Por otro lado, los endurecedores (los líquidos A y B) a inyectar en el suelo de deficiente calidad se prepararon como sigue:

Preparación del líquido A (% en peso)

	Bicarbonato de sodio	10%
20	Agua	el resto

Preparación del líquido B (% en peso)

	Vidrio soluble Nº 3 (densidad relativa 1,4)	10%
	Acetato de etilenglicol	5%
	Acido fosfórico	2,5%
25	Agua	el resto

(La gelificación se efectúa en aproximadamente 147 minutos después de la mezcla).

Cuando los líquidos A y B se juntan, el líquido resultante consolidará en aproximadamente 10 minutos.

5

El líquido B así preparado se inyecta, bajo una presión elevada de 200 kg/cm², a través de una tubería interior que se hace girar, al mismo tiempo que el líquido A también se inyecta a una presión de 10 kg/cm² a través de la tubería exterior. En esta operación, el suelo se corta y mulle mediante la corriente a chorro del líquido B, y simultáneamente el líquido A se inyecta en la parte cortada y mullida del suelo, como resultado de lo cual los dos líquidos A y B se combinan en la parte cortada y mullida del suelo.

10

15

A continuación, se continúa la operación de corte y mullido del suelo y la operación de unión e inyección de los dos líquidos A y B mientras que se mueve gradualmente hacia arriba la tubería doble. Pronto, la parte cortada y mullida del suelo se consolida formando un cuerpo consolidado similar a una columna.

20

De acuerdo con la investigación hecha perforando el suelo así tratado, se encontró que, una parte del cuerpo consolidado similar a una columna cubierto por su diámetro de 30 cm, era el cuerpo consolidado que se formó esencialmente con el líquido obtenido combinando los líquidos A y

25

B y el resto era el cuerpo consolidado que se formó esencialmente con vidrio soluble, y que, como conjunto, tanto la capa de suelo grueso como la capa de suelo fino se modificaron a un cuerpo uniformemente consolidado de 60 a 80 cm de diámetro (lechada múltiple). Esto significa que el endurecedor que incluye esencialmente el líquido obtenido combinando los líquidos A y B atravesó la capa de suelo grueso mientras que el endurecedor que incluye esencialmente el líquido B atravesó la capa de suelo fino. Además, no se observó fuga del líquido B, y se consolidó la totalidad de los endurecedores.

Ejemplo 6

Similarmente como en el Ejemplo 5, se realizó un ensayo de inyección aplicado a un suelo de deficiente calidad formado por una capa de arcilla de aluvión en Tokio, Japón.

Se perforaron cinco agujeros, teniendo cada uno un diámetro de 100 mm y una profundidad de 10 metros a intervalos de 80 cm en el suelo. Por otra parte, se prepararon tuberías de inyección. Una (denominada en lo sucesivo "tubería A" cuando sea aplicable) de las dos tuberías de inyección tenía un diámetro de 40 mm y un extremo abierto, y la otra (denominada en lo sucesivo "tubería B" cuando sea aplicable) tenía un diámetro de 40 mm y una porción de extremo cerrado. Además, estaban provistos en las partes

opuestas de la porción de extremo cerrado de la tubería B dos agujeros de boquilla. Estas dos tuberías, se insertaron en paralelo una en cada agujero perforado en el suelo de tal modo que el extremo (agujeros de boquilla) de la tubería B estaba situado más profundo que el extremo de la tubería A y los agujeros de la boquilla de los tubos adyacentes B estaban alineados para enfrentarse unos con los otros.

El líquido B empleado era el que se indica en la Tabla 5 (4) y el líquido A era una solución mixta de cemento 400 kg/m^3 y bentonita 50 kg/m^3 .

El líquido B se inyectó a una presión elevada de 200 kg/cm^2 a través de la totalidad de las tuberías B en el suelo, y simultáneamente se inyectó el líquido A a una presión de 5 kg/cm^2 a través de todas las tuberías A en el suelo. En esta operación, el suelo fue cortado y mullido en la dirección obtenida conectando los cinco agujeros perforados en el suelo, y por tanto los líquidos A y B se unieron en la parte cortada y mullida del suelo.

La operación de unión e inyección de los líquidos A y B y la operación de corte y mullido del suelo se continuaron adicionalmente mientras que las tuberías A y B fueron movidas gradualmente hacia arriba. Pronto, la parte de suelo cortada y mullida se consolidó formando una película consolidada de 30 cm de anchura y 4 metros de longi-

tud.

De acuerdo con la investigación hecha excavando el suelo así tratado, se encontró que la película consolidada tenía 30 cm de ancho, y la parte central, 10 cm de ancho, de la película consolidada estaba formada por un cuerpo consolidado que esencialmente tenía el líquido A, y la parte del resto estaba formada por un cuerpo consolidado que esencialmente tenía el líquido B o el líquido obtenido combinando los líquidos A y B, y que se obtuvo un cuerpo consolidado formando una unidad como conjunto, con lo cual se detenía completamente la fuga de agua.

Además, no se produjo fuga del líquido B. Se consolidaron en su totalidad los líquidos A y B y por consiguiente fueron escasamente detectadas variaciones en el valor del pH del agua subterránea.

Ejemplo 7

Aquí se describe un ejemplo en el cual el presente invento fue aplicado a la construcción un túnel. Debido a la aplicación de este invento, en esta construcción de túnel pudo obtenerse un efecto de protección de arena y un efecto de detención de agua, excavando con ello el túnel de modo seguro.

El invento se aplicó a una construcción de ensayo de túnel en Tokyo, Japón.

Se perforaron agujeros horizontales, siendo cada

uno de 10 metros de longitud, a intervalos de 30 cm a lo largo de la superficie circunferencial de un cilindro, de 5 m de diámetro, cuyo eje central estaba situado horizontalmente a 8 metros por debajo de la superficie de la tierra. En los agujeros horizontales así perforados se inyectaron las mismas tuberías dobles que en el Ejemplo 5, respectivamente.

A continuación se prepararon los mismos líquidos A y B que los indicados en la Tabla 11. Primeramente se inyectó a chorro el líquido B a una presión de 200 kg/cm² a través de la tubería interior de la tubería doble, mientras que se hacía girar la tubería interior, y simultáneamente se inyectó el líquido A de modo que se juntaron los dos líquidos. Luego, las tuberías dobles se retiraron gradualmente de los agujeros.

De acuerdo con la investigación realizada después de completada la inyección de acuerdo con el invento, se observó que un cuerpo consolidado de forma de columna de aproximadamente 50 cm de diámetro incluyendo esencialmente la combinación de los líquidos A y B se formó horizontalmente alrededor del agujero perforado. Como resultado, en esta construcción de túnel, se obtuvieron el efecto de protección de arena y el efecto de detención de agua con lo cual el suelo pudo ser excavado de modo seguro y por consiguiente pudo realizarse uniformemente la construcción del

túnel.

A este respecto, ni que decir tiene que materiales de refuerzo tales como barras de acero pueden insertarse cuando se perforan los agujeros.

5 Ejemplo 8

En un campo de construcción de protección que implicaba suelos de arena gruesa y fina, el suelo fue consolidado para seguridad y detención de agua de la superficie. Cinco tuberías de agujeros de inyección fueron perforadas en 100 metros de la protección a instalar, y se inyectó en ellas una lechada de tipo de vidrio soluble.

Las lechadas de las siguientes mezclas (A) y (B) se inyectaron en dos agujeros de inyección exteriores y la siguiente lechada de mezcla (C) se inyectó en los tres agujeros de inyección interiores.

	Mezcla (A)	Vidrio soluble Nº 3	10%
	(% en peso)	Acido fosfórico	3,0%
		Bentonita	5%
		Agua	el resto.
20	Mezcla (B)	Vidrio soluble Nº 3	5,0%
	(% en peso)	Acido fosfórico	1,0%
		Fosfato de sodio	1,5%
		Agua	el resto.
	Mezcla (C)	Vidrio soluble Nº 3	5,0%
25	(% en peso)	Acido fosfórico	1,0%

Fosfato de sodio	1,5%
Agua	el resto.

5 El valor del pH para cada uno de los líquidos de las mezclas (A) y (B) fue 6,2, y el del líquido de mezcla (C) fue 10,5.

10 Se realizó un ensayo de agua utilizando un pozo de observación situado 5 metros distante de la zona o lugar de la inyección. De acuerdo con este ensayo de agua, los valores del pH antes, durante y después de la inyección estaban dentro del intervalo de 6 a 7, es decir, los valores del pH variaron escasamente. Además, los valores de la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno medidos variaron también escasamente.

15 Además, de acuerdo con las investigaciones de consolidación realizadas durante los trabajos de protección el suelo estaba consolidado firmemente con el líquido de mezcla A (C), y el ensayo de muestreo demostró una resistencia a la compresión no confinada del orden de 10 kg/cm². Esto significa el hecho de que se formaron capas perfectamente estancas al agua con la lechada neutra a ambos lados, como resultado de lo cual las lechadas de alta resistencia fueron rellenadas positivamente en el interior sin fuga. El hecho de que la lechada puesta en el interior de la parte periférica de la protección no se fugara fue evidente como resultado del ensayo de agua. Así, puede decir-

20

25

se que el efecto de obturación de la lechada neutra fue claramente comprobado.

Ejemplo 9

5 Un agente reactivo de vidrio soluble (agente reactivo ácido, un agente de control de gelificación, o una solución mixta de ellos) puede inyectarse en el suelo antes o después de la inyección de la lechada neutra de acuerdo con este invento. Esto aumentará notablemente no solamente las características de consolidación de la lechada neutra sino que también aumentará la resistencia y la impermeabili-
10 dad al agua del suelo consolidado. Tales ejemplos se describirán a continuación:

Los líquidos mezclados según se indica en la Tabla 10 (1) se emplearon, para consolidar un suelo de arena gruesa en Tokio. En este caso, antes el líquido A se inyectó en el suelo y luego el líquido B se inyectó en él. Como resultado, el factor de permeabilidad al agua se redujo a un décimo (1/10) del detectado y en el caso en el que solamente se inyectó el líquido B.

20 Los líquidos mezclados según se describe en el Ejemplo 6 fueron empleados en un campo de obstrucción de protección de un suelo que contenía arcilla de aluvión en Tokio, Japón. En este caso, primeramente se inyectó solamente el líquido B en el suelo, y después se inyectó el
25 líquido A.

En el caso, en el que solamente se inyectó en líquido B en el suelo, el efecto de detención del agua del mismo era suficiente, pero la estabilidad de la superficie era insuficiente. Sin embargo, en el caso en que adicionalmente se inyectó el líquido A, se mejoró la estabilidad de la superficie, es decir, se obtuvo una estabilidad suficiente de la misma.

Este invento ha sido descrito en detalle anteriormente, sin embargo, debe advertirse que el invento no está limitado por ello. Es decir, el invento puede modificarse como sigue obteniéndose una variedad de efectos.

Tabla - 10

Ina	Líquido A (100 partes en peso)		Líquido B (100 partes en peso)		pH del líquido B (20°C)	tiempo de celi- ficación del líquido B min.' seg." (20°C)	pH de los líqui- dos A + B (20°C)	tiempo de celi- ficación de los líquidos A + B min.' seg." (20°C)	
	Reactivo (partes en peso)	Agua (partes en peso)	Vidrio soluble (partes en peso)	Reactivo (partes en peso)					Agua (partes en peso)
1	Bicarbonato de sodio 10	90	10	Acetato de etilengli- col 5	82,5	5,1	147'	7,4	24' 54"
2	Acido fos- fórico 7,4	92,6	37,4	Acido fos- fórico 2,5 Diacetato de etilen- glicol 3,9	58,7	11,4	62' 10"	8,0	30"

Tabla - 10

Nº	Líquido A (100 partes en peso)		Líquido B (100 partes en peso)			pH de Líquido (20°C)
	Reactivo (partes en peso)	Agua (partes en peso)	Vidrio soluble (partes en peso)	Reactivo (partes en peso)	Agua (partes en peso)	
1	Bicarbonato de sodio 10	90	10	Acetato de etilenglicol 5 Acido fosfórico 2,5	82,5	5,1
2	Acido fosfórico 7,4	92,6	37,4	Diacetato de etilenglicol 3,9	58,7	11,4

Agua rtes en peso)	pH del líquido B (20°C)	Tiempo de geli- ficación del líquido B min.' seg." (20°C)	pH de los líqui- dos A + B (20°C)	Tiempo de geli- ficación de los líquidos A + B min.' seg." (20°C)
82,5	5,1	147'	7,4	24' 54"
58,7	11,4	62' 10"	8,0	30"

POOR
QUALITY

Tabla - 11

No	Líquido A (partes en peso)		Líquido B (partes en peso)		pH del Líquido B (20°C)	Tiempo de Sell- ficación del Líquido B " min. seg. (20°C)	pH de los líqui- dos .A + B (20°C)	Tiempo de selli- ficación de los líquidos A + B min. seg." (20°C)
	Vidrio so- luble No 3	Agua	Vidrio solu- ble No 3	Reactivo				
1	15	35	-	Acido fos- fórico 3	4,7	-	8,4	1', 17"
2	40	10	-	10	40	-	7,0	10"
3	50	5	50	5	50	29' 45"	11,3	1'

Tabla - 11

Nº	Líquido A (partes en peso)		Líquido B (partes en peso)			pH de Líquido (20°C)
	Vidrio soluble Nº 3	Agua	Vidrio soluble Nº 3	Reactivo	Agua	
1	15	35	-	Acido fosfórico 3	47	
2	40	10	-	10	40	
3	31	3	11	3		6,6

Agua	pH del líquido B (20°C)	Tiempo de gelificación del líquido B " min. seg. " (20°C)	pH de los líquidos A + B (20°C)	Tiempo de gelificación de los líquidos A + B " min. seg. " (20°C)
47	6,2	-	8,4	1' 17"
40	-	-	7,0	10"
37	6,2	29' 45"	11,3	1'

**POOR
QUALITY**

Modificación 1

Primeramente, el endurecedor (o la lechada neutra) de acuerdo con este invento se inyecta en el suelo de modo que forme una amplia zona consolidada estanca al agua (en lo sucesivo denominada "un gel" cuando sea aplicable) en el suelo.

A continuación, se inyecta un material de inyección de refuerzo bajo presión elevada en la zona (o el gel). Más específicamente, el material de inyección se distribuye bajo presión elevada en forma de un retículo de arafia en la zona consolidada, rompiendo el gel. Es decir, en este caso, el material de inyección sirve como aglomerado. Como resultado, se obtiene una zona consolidada que ha sido mejorada en cuanto a impermeabilidad al agua y consolidación.

Ejemplos del material de inyección de refuerzos se enumeran a continuación.

Lechada de tipo urea

Esta lechada consiste en un producto de condensación inicial de un producto de urea-formaldehído, urea, ácido sulfúrico, etc.

Lechada de tipo amida acrílica

Este material está constituido por una amida acrílica, dimetilamida, propionitrilo, trietanolamina, sulfato ferroso, ácido cítrico, rojo prusia, y persulfato de

potasio, o está constituido por amida acrílica, sulfato ferroso, ascorbato de sodio, trietanolamina y persulfato amónico.

Lechada tipo uretano

5 Este material está constituido por poliisocianato, dimetil-laurilamina, etc....

Lechada de tipo acrilato

Este material consiste de acrilato de metilo, catalizadores redox etc.

10 Especialmente el material electrolítico aparte de los materiales de inyección de refuerzo es mejor para mejorar la resistencia de la lechada neutra.

15 Lo que es más importante en esta modificación es que incluso si el material de inyección de refuerzo incluye diversos materiales peligrosos tales como materiales alcalinos, materiales ácidos, materiales orgánicos y similares, estos materiales peligrosos jamás salen fuera, debido a que los materiales peligrosos son envueltos por el cuerpo consolidado de la lechada neutra y este cuerpo consolidado tiene una elevada impermeabilidad al agua.
20 Por consiguiente, el agua subterránea en la proximidad de la zona consolidada está escasamente contaminada.

Modificación 2

25 Primeramente, se selecciona la zona de suelos que ha de ser consolidada. Luego, se consolidan porciones

alrededor de la zona inyectando en ella la lechada neutra, con lo cual se forman muros de protección, (para hacer las porciones impermeables al agua). Después, se inyecta un endurecedor deseado (que pueden ser materiales que causen contaminaciones tales como materiales alcalinos y materiales peligrosos) en la zona del suelo rodeada por los muros de protección de modo que la zona del suelo es consolidada fuertemente.

Puesto que las partes alrededor de la zona han sido completamente obturadas con la lechada neutra de elevada impermeabilidad al agua de acuerdo con este invento, cualquiera que sea el endurecedor inyectado en la zona así rodeada por las porciones obturadas o por los muros protectores, el endurecedor jamás fluirá hacia las porciones alrededor de la zona del suelo seleccionada.

Por consiguiente, incluso si se inyecta una lechada de vidrio soluble que emplea un agente de reacción orgánico peligroso en el sitio rodeado por los muros de protección de lechada neutra, el agua subterránea fuera de los muros nunca estará contaminada. Por consiguiente, la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno del agua subterránea es variada de un modo escaso. Además, los materiales peligrosos que no han reaccionado son bloqueados por los muros, y se descomponen por las bacterias del suelo en agua y anhídrido carbónico gaseoso, es

decir, los materiales peligrosos se transforman en materiales no peligrosos.

Por consiguiente, las lechadas de tipo acrílico o las lechadas de tipo urea cuyo uso está prohibido, pueden usarse cuidadosamente para la consolidación de una zona de suelo rodeada por tal muro o muros de protección.

Modificación 3

El agua subterránea es susceptible de ser contaminada por materiales muy alcalinos o aguas lodosas durante los procedimientos de hincar pilotes de óxido de calcio en el suelo, o de proporcionar paredes continuas en el suelo, o de hincar pilotes de hormigón en un suelo. En este caso, antes de comenzar tal proceso, la parte periférica del suelo seleccionada para ser trabajada se trata con una lechada neutra de acuerdo con este invento de modo que se forme un muro de protección estanco al agua. Esto conducirá al hecho de que el agua subterránea no está contaminada por los materiales alcalinos. Además, debe advertirse que los materiales alcalinos facilitan la aceleración de la consolidación de la lechada neutra de este invento.

Modificación 4

Existe un caso en el que los materiales residuales (tales como los procedentes de factorías u hogares domésticos) deben ser quemados en el suelo. En este caso,

antes de hacerlo, el suelo se trata con la lechada neutra de acuerdo con este invento. De este modo, los materiales orgánicos de los materiales de desecho pueden obturarse completamente, y además los componentes solubles en agua de los materiales de desecho facilitarán la aceleración de la consolidación de la lechada neutra del invento y mejoran la resistencia e impermeabilidad al agua.

Modificación 5

Aplicando la lechada neutra de este invento a un suelo en el cual fluye agua residual, puede obtenerse un canal acuoso impermeable al agua. Este canal de agua así creado impide que los materiales peligrosos del agua de desecho rebosen del canal de agua; es decir, la contaminación del agua subterránea en la proximidad de las mismas puede impedirse. Además, debe advertirse que este material peligroso sirve para mejorar la resistencia e impermeabilidad al agua de la lechada neutra consolidada, e impedirá tanto más la fuga del material peligroso.

Modificación 6

En el caso en el que un material peligroso tal como cromo hexavalente se abandone en un suelo, o un suelo se contamine con materiales peligrosos, la parte periférica del suelo se consolida inyectando la lechada neutra de este invento en ella de tal modo que los materiales peligrosos son rodeados por un cuerpo consolidado impermeable

al agua de la lechada neutra. Esto conducirá al hecho de que el agua subterránea no está contaminada por los materiales peligrosos. En este caso es una idea obturar los materiales peligrosos por si mismo aplicándoles directamente una lechada neutra. En este caso también, los materiales peligrosos sirven para mejorar la resistencia y la impermeabilidad al agua del cuerpo consolidado de lechada neutra.

Modificación 7

Los materiales de desecho o los materiales peligrosos son consolidados mediante el empleo de la lechada neutra de acuerdo con este invento, y los materiales así consolidados se abandonan en el mar o en agujeros perforados en el suelo. Si el abandono de tales materiales se realiza de este modo, los materiales nunca se derramarán en aguas subterráneas.

Modificación 8

Paredes de protección se disponen en ambos lados de un canal de agua residual de modo que impida la contaminación del agua subterránea en la proximidad del mismo.

Modificación 9

Basándose en las diversas ventajas tales como la excelente permeabilidad de la lechada neutra de este invento, la notable impermeabilidad al agua y la durabilidad del cuerpo consolidado de la lechada neutra, y la signifi-

cativa característica de mantener los materiales en el cuerpo consolidado, el presente invento puede además ser modificado que sigue:

5 (A) La lechada neutra de acuerdo con este invento se mezcla con un material que sirve para cambiar el material peligroso en un material no peligroso. El material peligroso se consolida inyectando en él la lechada neutra así tratada.

10 Por ejemplo, si la lechada neutra mezclada con sulfato férrico se inyecta en el lugar en que han sido abandonadas escorias de cromo hexavalentes, la lechada neutra obturará el cromo hexavalente de modo que se impide la contaminación del agua subterránea por cromo hexavalente, y simultáneamente el sulfato férrico sirve para reducir el
15 cromo hexavalente a cromo trivalente que no es peligroso.

Basándose en la misma idea, es posible tratar materiales de mal olor aplicándoles lechada neutra mezclada con un agente desodorizante. Además, si la lechada neutra mezclada con permanganato de potasio se inyecta en materia
20 les orgánicos pueden descomponerse dichos materiales orgánicos.

(B) Tratando un suelo con lechada neutra mezclada con material valioso, este material valioso puede mantenerse en el suelo durante un largo período de tiempo.

25 Por ejemplo, si la lechada neutra mezclada con

un fertilizante se inyecta en la raíz de una planta prede-
terminada, el componente fertilizante puede mantenerse en
dicha raíz durante un periodo prolongado de tiempo.

5 Además, si la lechada neutra mezclada con un fer-
tilizante se rocía sobre la superficie de un talud de una
carretera junto con semillas, la lechada atraviesa la su-
perficie e impedirá que dicha superficie del talud sea des-
gastada por la lluvia y mantendrá suficientemente fertili-
zante allí para facilitar el crecimiento de semillas.

10 Similarmente, como en los casos antes descritos,
pueden mezclarse con la lechada neutra de acuerdo con este
invento agentes preventivos, productos químicos empleables
en agricultura o desinfectantes.

15 REIVINDICACIONES

20 Los puntos de invención propia y nueva que se
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Paten-
te de Invención en España, por VEINTE años, son los que se
recogen en las reivindicaciones siguientes:

25 1ª.- Un método de consolidar un suelo u obtener
suelo impermeable al agua inyectando un endurecedor en el
mismo, en el cual se emplea como dicho endurecedor una so-

lución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo ácido, mezclándose dicha solución de modo que el valor del pH está dentro de un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil.

5 2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que dicha solución mixta contiene uno o dos compuestos seleccionados del grupo que consiste en agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho vidrio soluble y dicho agente reactivo ácido.

10 3ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que se emplean como endurecedor un líquido A que es una solución de uno o dos compuestos seleccionados del grupo que consiste en un agente de control de gelificación y arcilla, y un líquido B que es una solución mixta de vidrio soluble y un agente reactivo ácido, y dichos líquidos A y B se
15 unen e inyectan en dicho suelo, mezclándose dicho líquido B de modo que el pH se mantenga en un intervalo de acidez a alcalinidad débil.

20 4ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que dicho líquido B contiene uno o dos compuestos seleccionados del grupo que consiste en agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho vidrio soluble y dicho agente reactivo ácido.

25 5ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que durante la inyección de dichos líquidos A y B, se suspende la alimentación de dicho líquido A de modo que sola-

mente se inyecte en dicho suelo dicho líquido B.

6ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que al menos uno de dichos líquidos A y B se inyecta a presión elevada en forma de una corriente a chorro.

5 7ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que se emplean como endurecedor un líquido A que es una solución de un agente reactivo ácido y un líquido B que es una solución de vidrio soluble, y dichos líquidos A y B se unen y se inyectan en dicho suelo, mezclándose dichos líquidos A y B de modo que el valor del pH del líquido obtenido combinando dichos líquidos A y B se mantenga en un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil.

10 8ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el que dicho líquido A contiene uno o dos compuestos seleccionados del grupo que consiste en un agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho agente reactivo ácido.

15 9ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el que dicho líquido B contiene uno o más compuestos seleccionados del grupo que consiste en un agente reactivo ácido, un agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho vidrio soluble.

20 10ª.- Un método según la reivindicación 9ª, en el cual dicho líquido B se mezcla de modo que el valor del pH se mantenga en el intervalo de acidez débil a alcalini-

25

dad débil, y durante la inyección de dichos líquidos A y B, se suspende la alimentación de dicho líquido A de modo que solamente se inyecte dicho líquido B en dicho suelo.

5 11ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el que al menos uno de dichos líquidos A y B se inyecta a presión elevada en forma de una corriente a chorro.

10 12ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que se emplean como dicho endurecedor un líquido A que es una solución de vidrio soluble y un líquido B que es una solución mixta de vidrio soluble y agente reactivo ácido, uniéndose dichos líquidos A y B e inyectándose en dicho suelo, mezclándose cada uno de dichos líquidos A y B de modo que el valor del pH del líquido obtenido combinando dichos líquidos A y B se mantenga en un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil.

15 13ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que dicho líquido A contiene uno o más compuestos seleccionados del grupo que consiste en un agente reactivo ácido, un agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho vidrio soluble.

20 14ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que dicho líquido B contiene uno o dos compuestos seleccionados del grupo que consiste en un agente de control de gelificación y arcilla, además de dicho vidrio soluble y dicho agente reactivo ácido.

25

5 15ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que se mezcla dicho líquido B de modo que el valor del pH se mantenga en un intervalo de acidez débil a alcalinidad débil y en el que durante la inyección de dichos líquidos A y B, se suspende la alimentación de dicho líquido A de modo que solamente se inyecte en dicho suelo dicho líquido B.

10 16ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que al menos uno de dichos líquidos A y B se inyectan a presión elevada en forma de una corriente a chorro.

17ª.- Un método de consolidar un suelo.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede y con los fines que se han especificado.

15 Esta memoria consta de setenta y una hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

22 ENF. 76

P.A.

Alberto de Elcano
Por Poderes