



⑩ ES	⑪ NUMERO	⑩ A1
	450.195	
	⑫ FECHA DE PRESENTACION	
	27-7-1976	

PATENTE DE INVENCION

P.- 63.680
Latta and
Leonard Case 2-
Spain

⑳ PRIORIDADES:	㉒ FECHA	㉓ PAIS
㉑ NUMERO		
599.383	28-7-75	E.U.A.
708.286	23-7-76	"

㉔ FECHA DE PUBLICIDAD	㉕ CLASIFICACION INTERNACIONAL	㉖ PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	E02D; A01N	

㉗ TITULO DE LA INVENCION

"UN METODO DE PREPARAR UNA ESTRUCTURA DE TIERRA ESTABILIZADA"

㉘ SOLICITANTE (S)

LAURENCE LATTA y JOHN BURTON LEONARD

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1) 1010 Westridge Drive, Portola Valley, California 94025, E.U.A. y
2) 733 Chester Way, Hillsborough, California 94010, E.U.A.

㉙ INVENTOR (ES)

Los mismos solicitantes

㉚ TITULAR (ES)

㉛ REPRESENTANTE

DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ

1 Esta invención se refiere a la estabilización
de tierras y específicamente a un método para formar sub-
bases, bases y capas de desgaste de caminos y pistas de
aeropuertos, la estabilización de dunas de arena y otro
5 material particulado flojo, la reforestación y beneficio
agrícola al mejorar la calidad en todos los casos de los
materiales existentes en el lugar.

Antecedentes de la Invención

10 Se han desarrollado numerosos métodos para es-
tabilizar tierra y se han puesto en uso comercial pero in-
variablemente dichos métodos no se han aplicado universal-
mente a un gran número de usos bastante disímiles, tal co-
mo en la construcción, en el control del contorno de la
15 tierra, en la reforestación y en el beneficio de tierras
agrícolas o ha gozado una aceptación amplia en sólomente
un campo bastante específico tal como la empaquetadura de
pozos de petróleo. Un sistema para la estabilización de
tierras aplicable a una amplia gama de campos y que sea
20 duradero, barata y de aplicación fácil, aplicada con mano
de obra no especializada, pero aún no se han desarrollado
para aplicación universal, se emplean ampliamente los de-
rivados de petróleo en el trabajo de construcción tal como
la formación de bases, sub-bases y capas de desgaste para
25 caminos, pistas de aeropuertos, forros para canales, cana-
les de drenaje, áreas industriales, áreas de estacionamien-
to y usos similares, pero casi invariablemente el costo
del material es tan grande y/o el nivel de la estabilidad
del trabajador y el costo de aplicación es tan elevado que
30 tales proyectos sólomente son posibles cuando pueda justi-

1 ficarse un costo relativamente elevado por metro cuadrado
de la estructura completa. En la industria constructora
de caminos por ejemplo, ha sido bastante extensivo el uso
de plásticos de poliéster y polivinílicos pero por lo gene-
5 ral sólomente como el recubrimiento superior o superficial
aplicado a una capa de desgaste del camino que ha sido cons-
truido con métodos convencionales.

También se emplean ampliamente los derivados
del petróleo para el control del contorno del terreno, pero
10 el material aplicado ha sido sólomente parcialmente satis-
factorio cuando se juzga sobre una base de costo respecto
a la eficacia, puesto que los materiales de bajo costo por
lo general sólomente proporcionan protección a corto plazo
a caso unos cuantos meses o quizá un máximo de un año y
15 los productos muchos más refinados que producen resultados
de mayor duración son invariablemente demasiado caros para
grandes proyectos tal como la estabilización de cientos de
hectáreas de tierra en un sólo proyecto.

Sumario de la Invención

20 La invención proporciona una estructura de
tierra estabilizada, tal como una sub-base, base y/o tapa
de desgaste de una carretera o pista de aeropuerto, una ca-
pa protectora a manera de membrana delgada sobre una base
de forma libre, tal como una duna de arena o una barrera de
25 humedad sub-superficial en un proyecto de beneficio agrí-
cola, así como un método para su construcción, que sea
duradero, económico para aplicar y mantener, que requiera
sólamente equipo convencional y un bajo nivel de habilidad
para aplicar y que haga posible el logro de los objetivos
30 secundarios tal como la delinación cromática y reforestación

1 con poco o nada de cambio en el costo ni en el modo de su
aplicación.

5 La invención incluye específicamente el me-
joramiento de tierras particuladas en su lugar mediante la
mezcla de dichas tierras con una composición química que
puede embarcarse al sitio de la obra en forma concentrada
para su formulación en el sitio de la obra con casi cual-
quier fuente de agua disponible incluyendo agua dulce, agua
10 salada y agua salobre, relación que puede ser tan baja como
de una parte del producto químico respecto a 200 partes por
peso de agua, (si se mezcla previamente a la aplicación
en la tierra), mezclada posteriormente con la tierra en
la presencia de un contenido óptimo de humedad, aplicada,
consolidada (si se requiere), curada y en seguida empleada
15 con o sin tratamiento final. El tratamiento final puede
incluir la aplicación de una capa de desgaste de concreto
asfáltico o cementoso o una mezcla idéntica o modificada
del producto químico de la invención.

20 Una forma de componente químico de la inven-
ción puede describirse como un éster de resina epoxi que
es el producto de la reacción de una resina epoxi del tipo
de éter bisfenol-A-glicidílico con ácidos grasos insatura-
dos con un valor de yodo de cuando menos alrededor de 90 en
que la relación molar de ácido graso respecto a las unida-
des de bisfenol A es de entre alrededor de 0,5 hasta 0,7 o
25 de mayor preferencia dentro de la escala de desde alrededor
de 0,5 hasta 1,5, junto con desde 0 hasta alrededor de 20
por ciento por peso de ácidos grasos libres y desde 0 has-
ta 60 por ciento por peso aproximadamente de ésteres de
30 ácidos grasos de alcoholes o glicoles alquílicos inferior-

1 res, un agente emulsionante y agua, estando presente el agua
en una cantidad de aproximadamente de 25 a 50 por ciento
del peso total del producto químico en su forma concentrada
antes de su mezcla subsiguiente con agua adicional antes
5 de o durante su mezcla con la tierra. Se prefiere que el
producto químico incluya un emulsionante en la forma con-
centrada descrita con antelación. Las composiciones en que
los sólidos, es decir, la porción no acuosa del producto
químico, ha formado alrededor de 54-60 por ciento por peso
10 de la emulsión ha sido empleada con éxito. Puede diluirse
el producto químico sin pérdida de su eficacia (además,
de lo que se puede atribuir a la dilución), con agua en
relaciones del agua respecto al producto de la reacción
desde un mínimo de más 1:1, o de mayor preferencia desde
15 alrededor de 10:1 hasta alrededor de 1000:1. El producto
de la invención es substancialmente sin conjugar.

Pueden emplearse o no secadores, dependiendo
en cierto grado de las condiciones de aplicación y si el
solvente es agua, en cuyo caso casi siempre se prefiere
20 el secador o en caso de que se emplease un solvente orgá-
nico a menudo puede eliminarse el uso del secador.

Descripción de la Invención

25 Un cambio importante del uso de la invención
es la construcción de sub-bases, bases y capas de desgaste
para caminos, pistas de aeropuertos, helipuertos y otros
usos análogos en que la estructura final debe soportar
cargas directas o indirectas. El término "Caminos" y las
variaciones obvias de los mismos se empleará a continuación
30 para denotar este campo.

1 La invención se adapta bien a la construc-
ción de caminos en climas áridos y secos tal como en las
áreas desérticas o en un sentido más amplio en terrenos en
que falta un contenido de humedad óptimo para la construc-
5 ción de caminos durante los períodos disponibles para la
construcción por lo general los meses de verano en el he-
misferio norte.

10 En la construcción de por ejemplo, una sub-
base para un camino tal se sigue el siguiente procedimien-
to.

15 Se toman muestras de la tierra de una diver-
sidad de lugares a lo largo del camino. De estas muestras
se determinan los datos necesarios de la tierra incluyen-
do un análisis de tamiz, el índice de plasticidad, la cla-
sificación AASHO, la densidad máxima en seco, el contenido
óptimo de humedad y el porcentaje de la relación de sus-
tentación californiana a continuación en este C.B.R., des-
pués de la consolidación de una muestra con un contenido
óptimo de humedad.

20 A partir de estos datos se determina la pro-
porción correcta del producto químico respecto a la tierra.
Se comprenderá que la invención puede aplicarse a una am-
plia variedad de gravas, arenas, lodos, o arcillas gruesas,
medianas o finas o cualquier combinación de las mismas o
25 en sentido amplio a cualquier tierra no agrícola. Sin em-
bargo, será evidente que ciertos usos que son análogos o
auxiliares a los usos agrícolas también quedan dentro del
alcance de la invención como resulta evidente a partir de
esta discusión con mayor detalle.

30 La determinación de la proporción óptima se

1 basará en diversos factores incluyendo la resistencia que
requieren los proyectistas del camino y el conocimiento de
la proporción que ha sido encontrada que dá resultados sa-
tisfactorios en aplicaciones iguales o similares. Al lle-
5 var a cabo la determinación pueden formularse una diversi-
dad de muestras empleando distintas proporciones del pro-
ducto químico respecto a la tierra y se llevarán a cabo en
las muestras pruebas tal como la prueba de estabilidad
Marshall, de resistencia a la tensión, de esfuerzo a la
10 tensión, y penetración C.B.R. Puesto que el producto quí-
mico es elemento singular más caro de las estructuras se se-
leccionará la proporción del producto químico respecto a
la tierra en que se requiera la cantidad mínima del produc-
to químico que llene las especificaciones. Una buena tie-
15 rra requiere menos producto químico que una mala tierra y
una cpa de base requiere más resitencia que una capa de sub-
base. Pueden obtenerse buenos resultados cuando el uso
del producto químico en forma concentrada quede dentro de
la escala de desde hasta alrededor de 0,1 hasta 1 por cien-
20 to por peso del producto químico respecto a la tierra. Una
escala típica de cantidad es de 1:8 cc. de producto químico
respecto a 1000 gramos de tierra seca.

En la operación de campo, se embarcará el
producto químico hasta el sitio de la obra en forma concen-
25 trada en cualquier envase de tamaño conveniente. Se ha pro-
bado que resulta eficiente emplear tambores de 106 litros.
La estructura, que por ejemplo puede ser la sub-base de un
camino en seguida se forma como sigue.

30 Al llegar al sitio de la obra, el producto
químico se prepara para agregarse a la tierra. Se logra la

1 preparación mezclando el producto químico en su condición
tomada de los tambores de 206 litros u otro envase con
agua. Si el producto químico en forma concentrada es una
emulsión acuosa, se lleva a cabo la dilución en el campo
5 con agua hasta alcanzar una relación final del agua respec-
to al producto de reacción antes mencionada dentro de la
escala de desde un mínimo de más de 1:1 hasta alrededor de
1000:1. Si por ejemplo, se ha determinado que el contenido
óptimo de humedad de la tierra es de 15 por ciento, y so-
lamente existe en la tierra una humedad de 2 por ciento en
10 el sitio de la obra, se mezcla el producto químico con una
cantidad suficiente de agua, cantidad que puede calcularse
fácilmente de manera que se proporcione un contenido final
de humedad de 15 por ciento en la mezcla de tierra, agua
15 del producto químico.

El producto químico es visible en todas pro-
porciones con agua y por lo general solamente se requiere
un minuto o dos de mezclado con cualquier dispositivo con-
vencional tal como una agitación sencilla o una bomba re-
20 circulatoria para preparar la solución quedando lista para
mezclarse con la tierra. El agua puede tener casi cualquier
condición, caliente o fría, incluyendo agua salada, agua
dulce o bajo muchas condiciones agua salobre o en esencia
cualquier agua disponible en el sitio de la obra sujeto só-
lamente a condiciones desusadas tal como un contenido de mi-
25 nerales extremadamente elevado de un tipo que pudiera afec-
tar perjudicialmente la operación. Aguas de esa naturaleza
se encuentran ocasionalmente en áreas localizadas. El con-
tenido óptimo de humedad para lograr una densidad máxima
30 puede variar de desde alrededor de 2,0 por ciento hasta

1 22,0 por ciento por peso de tierra. Una relación típica
es de 5,0 por ciento de agua es decir 50,0 cc. de agua por
100 gramos de tierra. En esta relación deberá hacerse notar
que las proporciones deberán manifestarse en términos del
5 peso del agua o del peso del producto químico por un peso
determinado de tierra; en los términos de la aplicación fi-
nal en el sitio de la obra, la relación del producto químico
y del agua uno respecto a la otra no da por resultado in-
formación importante de ninguna manera.

10 Si se requiere también puede agregarse al
agua como acelerador del secado acetato de manganeso,
($C_2H_3O_2$)₂ o acetato de cobalto $4H_2O$ de acuerdo con las
condiciones climatológicas para acelerar el secado según
lo requiera el contratista. La cantidad puede variar des-
15 de un centésimo hasta un milésimo por peso del secador res-
pecto del producto químico en forma concentrada. Se ha
encontrado que para la mayoría de las ocasiones se obtienen
los mejores resultados empleando acetato de manganeso y con-
secuentemente el secador preferente es acetato de manganeso.
20 La capa preferente se somete a nivelación y conformación con
cualquier dispositivo convencional. Posteriormente, se for-
ma una mezcla de la tierra, agua y el producto químico mez-
clándolos en un mezclador de lotes y molino amasador de ar-
cilla, y se deposita a lo largo de la capa nivelada y con-
25 formada.

La aplicación de la mezcla a la capa confor-
mada y nivelada puede llevarse a cabo empleando equipo para
caminos normal tal como el equipo Pettibone-Wood, Vogele,
Barber—Green, Koekring, u otro equipo similar o si hay
30 equipo disponible con motoconformadoras normales, mezclado-

1 res o rociadores móviles cedibles apizonadores. Preferente-
mente, la capa siguiente se consolida previamente hasta la
densidad requerida empleando técnicas normales de consoli-
dación. Después de la aplicación de la capa se consolida
5 la mezcla tan pronto como sea posible y preferentemente no
después de 3 a 5 horas para evitar la pérdida de agua y el
fraguado antes de alcanzarse la densidad máxima a través de
la consolidación. Deberá ejercitarse con mucho cuidado para
asegurar que las presiones de consolidación se apliquen de
10 manera substancialmente vertical y se evita el empuje ante-
rior o por delante de la mezcla suelta. Esto puede requere-
rir el uso de una pizonadora de ruedas de hule seguida de
un equipo de ruedas de acero de consolidación vibradora o
una combinación similar de equipos de consolidación. La
15 mezcla cruda puede aplicarse y consolidarse en una sola
capa. Puede variar la profundidad de la capa desde alrede-
dor de 3 hasta alrededor de 30 centímetros. Una capa tí-
pica de base o de sub-base puede tener 30 centímetros y una
capa de desgaste puede tener de 3 a 5 centímetros aún cuan-
do las especificaciones puede requerir profundidades mayo-
res o menores dependiendo del uso último. Si se desea, pue-
den hacerse aplicaciones múltiples pero la experiencia nos
ha mostrado que en la gran mayoría de obras no es esencial
la aplicación múltiple.

25 Ha sido comprobada mediante experimentación
la importancia de la consolidación que mostró que una tierra
estabilizada químicamente que se consolidó hasta una AASHO
100 por ciento modificada tenía una CBR a 0,25 centímetros
de 65 y a 0,5 centímetros de 52, en tanto que la tierra tra-
30 tada idénticamente que se consolidó solamente hasta una AASHO

1 modificada de 95 por ciento tenía una CBR a 0,25 centímetros
de solamente 32 y a 0,5 centímetros de solamente 37.

5 Se aplica preferentemente la mezcla cruda
en un clima seco. Por lo general la superficie después
de la consolidación, estará seca y resistirá la deforma-
ción al taco dentro de 5 o 6 horas de su aplicación aún
cuando el tiempo podría ser mayor o menor dependiendo de
factores tal como las condiciones climatológicas y el tipo
10 de tierra para una tierra arenosa, y suponiendo la aplica-
ción en un día caliente, el tiempo de secado del típico
de la superficie es de 5 a 6 horas.

15 Después de 24 horas de curación la capa por
lo general está lista para recibir una capa superior tal
como una capa de base (y la estructura apenas completada
es una capa de sub-base), o una capa de desgaste. Sin em-
bargo, el tiempo de curación en el campo puede variar des-
de 2 hasta 10 días dependiendo de la temperatura, tierra
nativa, clima y otros factores. Por ejemplo, pueden re-
querirse 4 días de curación a 40^o centígrados o diez días
20 de curación a 30^o centígrados.

25 Una carretera principal puede requerir una
base de 30 centímetros en tanto un camino secundario puede
sólamente necesitar una base de 15 centímetros pero estas
especificaciones variarán de obra en obra. Si las especi-
ficaciones requieren una capa de base sobre una sub-base y
se vaya a emplear la misma tierra en ambas capas puede em-
plearse la misma proporción o una distinta de tierra, agua
y el producto químico.

30 Los regímenes típicos de aplicación para uso
de capa de base en caminos puede variar de desde alrededor

1 de 412 hasta alrededor de 1650 litros del producto químico
por 3344 metros cuadrados de una base de 15 centímetros de
grueso. Se ha empleado con excelentes resultados relaciones
de dilución en el lugar de la obra de desde alrededor de
5 187 hasta 750 litros de agua por cada 3,75 litros del pro-
ducto químico. La consolidación del isonamiento al conteni-
do óptimo de humedad para la tierra deberá siempre llevarse
a cabo hasta una densidad mínima de 100 por ciento.

10 Cualquier capa de desgaste adecuada puede pos-
teriormente aplicarse sobre la capa o capas de base inclui-
yendo concreto, asfalto o MC-70 (aceite para caminos de
petróleo.

15 Alternativamente, puede aplicarse un acabado
superior para proporcionar una superficie flexible, te-
naz y resistente a la abrasión. La superficie resultante
opera como una capa de desgaste en que un incremento ul-
terior de las resistencias a la tensión y a la compresión
de la capa de base han sido incrementadas. Pueden agre-
garse colores como verde o negro al acabado superior para
20 producir una apariencia que sea estéticamente agradable
y funcional. Después de la curación, el acabado forma una
superficie adecuada para tráfico moderado en aeropuertos
o carreteras o áreas para el aterrizaje de helicópteros.

25 El acabo superior puede ser un producto simi-
lar o idéntico a el producto químico descrito con ante-
lación como se emplea en relación con la capa de base.
Dicho compuesto que puede contener opcionalmente agentes
de penetración, endurecedores u otros aditivos dependien-
do del tipo de estructura de la tierra en que se vaya a
30 aplicar, se mezcla preferentemente con un disolvente vo-

1 láttil antes de su aplicación. Puede emplearse cualquier
método de aplicación adecuada incluyendo una simple apli-
cación de rocío. Por ejemplo, un camión sisterna cargado
5 del producto químico líquido con una barra rociadora en que
se mantiene una presión uniforme en la barra rociadora por
gravedad o con una bomba puede emplearse dependiendo de la
cantidad de la solución aplicada en el régimen del volumen de
descarga por la barra rociadora y la velocidad del camión.

10 Para mejores resultados pueden aplicarse una
o dos capas. Para caminos secundarios puede aplicarse un
acabado superior a razón de desde alrededor de 825 hasta
alrededor de 1650 litros por 4103 metros cuadrados en un
total de dos capas. Para usos ligeramente más pesados tal
15 como pistas de aviones ligeros puede requerirse una mayor
cantidad de acabado tal como por ejemplo 2062 litros por
41,03 metros cuadrados. En este caso, se pueden aplicar
2 capas a razón de aproximadamente 825 litros por 4103
metros cuadrados en la primera capas y 1100 litros por
20 4103 m² en la segunda capa. Si la tierra es adecuada pue-
de aplicarse sólo una capa aún a los regímenes más
enriquecidos de aplicación apenas mencionadas.

25 Los siguientes ejemplos generales del uso
de las soluciones estabilizadoras para mejorar cualquier
tipo de tierra no agrícola ni mineral con el fin de faci-
litar su empleo en la construcción definirán ulteriormente
la invención.

EJEMPLO Nº 1

30 El producto químico se mezcló directamente
desde el tambor con agua en una relación de 5 cc. de pro-

1 ducto químico respecto a 50 cc. de agua. El agua contenía
0,1 gramo de acetato de cobalto. En seguida se mezcló uni-
formemente la solución en una duna de arena seca clasifica-
ción AASHO de A-1, aplicada hasta una profundidad de apro-
5 ximadamente 20 centímetros y en seguida se consolidó. Antes
del tratamiento la arena de la duna tenía una CBR de 30 y
una resistencia a la presión de 0. Después de su tratamiento,
la CBR era de 120 y la resistencia a la flexión era como si-
gue: la resistencia a la tensión era de 14,0/kg/cm²; el
10 esfuerzo de tensión era de 30×10^{-4} .

La estructura resultante puede emplearse para
una base para camino o para aeropuerto.

EJEMPLO Nº 2

15 En otra aplicación, se mezcló el producto quí-
mico con agua en una relación de 12 cc del producto quími-
co respecto a 100 cc de agua a la cual se le habían agrega-
do 0,2 gramos del secador de acetato de cobalto. Se mezcló
la solución resultante con tierra lodosa, aplicada hasta
una profundidad de 15 centímetros y consolidada hasta su
20 especificación para formar una capa de sub-base.

Después de 3 días de duración, se aplicó una
capa de base por encima de la capa de sub-base, consistien-
do la base una capa de desgaste de 3 centímetros de grosor
que había sido formada mezclando una pasta formada del pro-
25 ducto químico y agua en una relación de 12 cc del producto
químico por 50 cc de agua para cada 1000 gramos de la tie-
rra arenosa. Después de su consolidación uniforme se per-
mitió curar la capa de desgaste aproximadamente 8 días an-
tes de abrirla al tráfico.

30 La estructura resultante, formada de una capa

1 de base y una capa de desgaste adecuada para emplearse como camino o pista ára tráfico aéreo.

5 Opcionalmente puede rociarse por encima de la superficie de la base una emulsión de alquitrán de carbón negra a razón de desde 3,75 hasta 15 litros por metros cuadrados para servir como protección adicional contra las condiciones climatológicas y derrames de combustible.

EJEMPLO Nº 3

10 En otra aplicación se combinó una tierra plástica de arcilla con cemento Portland en una relación de 1000 gramos de la tierra seca sin tratar respecto a 30 gramos de cemento Portland. Se le agregó a esta mezcla una solución formada de 8 cc del producto químico mezclado con 150 cc de agua conteniendo 0,2 gramos de acetato de cobalto. Se consolidó la composición anterior hasta la especificación del proyecto de 20 centímetros y se dejó curar.

20 La tierra sin tratar tenía una CBR empapada de 5 y una resistencia a la flexión de 0. La tierra tratada tenía una CBR empapada de 97 y una buena resistencia a la flexión, a saber una resistencia a la tensión de $3,7/\text{kg}/\text{cm}^2$ y un esfuerzo a la tensión de 21×10^{-4} . La estructura resultante es adecuada para emplearse como base o sub-base de un camino o de un aeropuerto.

Aún cuando se ha especificado en los ejemplos dados con antelación se ha llegado a la conclusión ahora que el acetato de manganeso dará resultados iguales o mejores.

30 La experiencia en el campo nos ha indicado

que pueden encontrarse problemas de curación substanciales si no se emplea un secador en una pequeña cantidad pero eficaz con el producto químico en sus aplicaciones de campo.

En un caso, una tierra cuyos requisitos químicos se determinaron en laboratorio con gran precisión como se comprobó posteriormente, no se curó rápidamente ni se curó lo suficiente para llenar las especificaciones típicas requeridas para los caminos. La visión de una cantidad pequeña pero eficaz de un secador, y su empleo con el producto químico venció la desventaja de curación en el campo. La siguiente prueba ilustra las ventajas que se ganan con el empleo de un secador en la estabilización de tierras.

Curación de 28 días

<u>Producto Químico y secador</u>	<u>a 20° C</u>	<u>a 50° C</u>
Resistencia a la Tensión Kg/cm ²	10,3	13,9
Esfuerzo de Tensión, x 10 ⁻⁴	29	23
Humedad en el momento de la prueba, %	nada	nada

Curación a 28 días

<u>Producto Químico sin Secador</u>	<u>a 50° C.</u>
Resistencia a la Tensión, Kg/cm ²	9,0
Esfuerzo de tensión x 10 ⁻⁴	35
Humedad en el momento de la prueba, %	0,1

De la familia de secadores que consisten de acetato de cobalto, naftanato de cobalto, acetato de manganeso y acetato de plomo se han encontrado que para la esta-

1 bilización de tierras marginales y no agrícolas el secador preferido es el acetato de manganeso.

La siguiente serie de pruebas se llevaron a cabo empleando el producto químico a razón de 6,6 cms³ del
5 producto químico por 100 gramos de tierra ocurriendo la curación a 20° C., durante períodos variables para determinar el sedado preferido.

	Resistencia a la tensión kg/cm ²	Esfuerzo de tensión x 10 ⁻⁴
--	---	--

Prueba

A. Acetato de Cobalto 1/100

	7 días	1,2	--
	14 días	1,5	--
15	28 días	1,5	--

B. Acetato de Cobalto 1/200 +

Acetato de Manganeso 1/200

	7 días	2,5	--
	14 días	4,2	--
20	28 días	3,8	--

	Resistencia a la Tensión kg/cm ²	Esfuerzo de tensión x 10 ⁻⁴
--	---	--

Prueba

25 C.- Acetato de Manganeso 1/100

	7 días	12,7	42
	14 días	17,0	28
	28 días	16,5	30

30 Como resulta evidente el acetato de manganeso produce resultados substancialmente mejores que la misma can

1 tidad de acetato de cobalto o una cantidad igual de una
mezcla al 50 por ciento de acetato de cobalto y acetato
de manganeso.

5 Aún cuando se han empleado con éxito canti-
dades de manganeso dentro de la escala de desde alrededor
de 1/100 hasta alrededor de 1/1000 por peso del producto
químico en varias tierras se ha descubierto que para la
mayoría de las tierras no agrícolas y particularmente aque-
llas de los productos A/1 y A/3 una escala de desde alrede-
10 dor de 1/150 hasta alrededor de 1/200 dá buenos resultados
en caso todos los casos.

En una primera serie de pruebas dirigidas a
establecer la escala preferente del acetato de manganeso
se observaron los resultados siguientes:

15		Resistencia	Esfuerzo	Compresión
		a la Tensión de	Ten-	ilimitada
		KG/cm ²	sión 10 ⁻⁴	Kg/cm ²
	Producto químico +			
	1/50 del secador Mn	1,7	8	1,4
20	Producto químico +			
	1/100 del secador Mn	2,5	11	2,0
	Producto químico +			
	1/150 Mn	3,1	15	2,6

25 Posteriormente se llevó a cabo una segunda
serie de pruebas en una muestra de arena de duna (muestra
modificada de abril), empleando 5 cc del producto químico
por Kg. de tierra seca y varias proporciones de un seca-
dor-acelerador de manganeso enlistadas a continuación. La
humedad de moldeo fue de 10 por ciento.

1 A. Curación de 4 días a 100° C

	1/100	1/150	1/200
Resistencia a la Tensión,			
Kg/cm ²	9,0	10,2	10,8
5 Esfuerzo de Tensión, x 10 ⁻⁴	17	31	53

B. Curación al Aire durante 1 mes

Resistencia a la Tensión,			
Kg/cm ²	3,1	3,0	3,1
Esfuerzo de tensión, x 10 ⁻⁴	64	63	67
10 Humedad en el momento de la prueba	0,21	0,22	0,20

Como resultado de las pruebas anteriores y la experiencia en el campo se ha determinado lo siguiente.

15 Las tierras A-1 pueden mejorarse substancialmente con un cc/kg del producto químico más acetato de manganeso en tanto que las tierras A-3 por lo general requieren aproximadamente 5 cc/kg más acetato de manganeso dependiendo de la tierra.

20 Para los mejores resultados deberá emplearse el acetato de manganeso a razón de aproximadamente una parte por peso de la sal que contiene 22 por ciento del metal respecto de 100 hasta alrededor de 400 partes del producto químico y de mayor preferencia a razón de aproximadamente 25 150 partes hasta alrededor de 200 partes del producto químico cuando dicho producto químico está presente en una emulsión acuosa a una concentración de alrededor de 55 por ciento del producto químico por peso de la emulsión.

30 El cobalto no es un secador tan efectivo ni consistente. La experiencia en el campo ha indicado que

los resultados con el empleo del secador de cobalto pueden ser bastante erráticos.

Ejemplos específicos de bases para caminos construídos de acuerdo con el procedimiento anterior son como sigue:

EJEMPLO Nº 4

Se obtuvo y se evaluó una muestra de una arena de duna con los siguientes resultados:

Material Evaluado: Arena de Duna

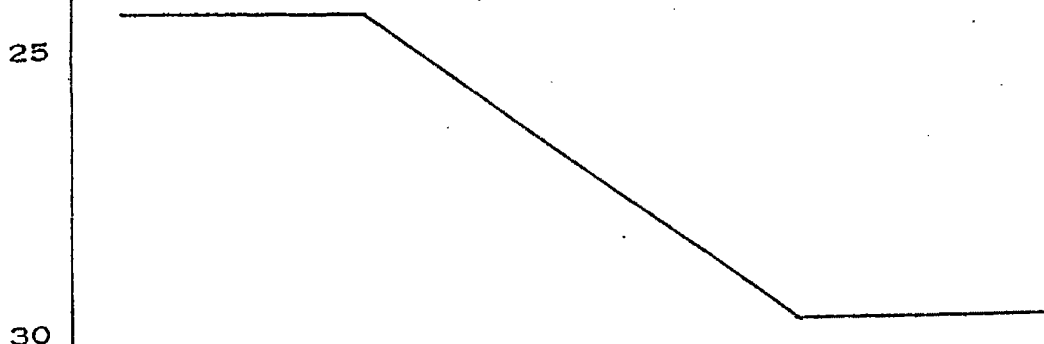
Consolidado en un cilindro con 15 centímetros de diámetro con martillo de 4,54 kilogramos, caída de 45 centímetros. Cada capa 55 golpes (Método ASTM D 1557 - 64T)

Análisis de Tamiz:

<u>Tamiz estadounidense Nº</u>	<u>Porcentaje más fino por Peso</u>
Nº 20	100,0
Nº 40	99,9
Nº 60	96,5
Nº 100	60,2
Nº 200	1,2

Plasticidad: No plástica

Clasificación AASHO: Arena Fina A-3 (0)



1	Núm. de Prueba	Tipo de líquido agregado	Contenido de humedad óptimo	Densidad seca p.c.í.	% C.B.R. netración	Pe- netración 0,25 cms. 0,5 cms.
	1	agua	13,5	105,6	22,8	33,0
5	2	Producto químico y agua *	13,5	106,1	82,0	100

10 * El producto químico se empleó a una concentración de 5 cc/1000 gramos de tierra.

15 Después de determinar el contenido óptimo de humedad y la proporción óptima del producto químico respecto a la tierra se empleó el mismo producto químico en el lugar de la obra y se aplicó de la misma manera descrita con antelación. Se obtuvo como resultado una capa de base dura y tenaz la cual al curarse quedó en condición para la aplicación de una capa de desgaste.

EJEMPLO Nº 5

20 Se obtuvo y se evaluó una muestra de tierra producto del dragado con los siguientes resultados.

Material Evaluado: Tierra Producto del Dragado

Consolidad en cilindro con 15 centímetros de diámetro

25 5 capas con martillo de 4,54 kilogramos, caída de 45 centímetros

Cada capa 55 golpes.

(Método ASTM D 1557-64T)

Arena No Plástica: 69%

30 Grava: 30%

1 Finos: 1%

Nº de Prueba	Tipo de líquido agregado	Contenido de humedad óptimo	Densidad seca p.c.f.	% C.B.R. tracción	Pene-tración
				0,25 cm	0,5 cms.
5 1	Agua	12,0	117,2	27,6	42,7*
2	Producto químico + agua	11,0	117,2	44,0	81,0**

* CBR evaluado justamente después de su consolidación.

10 ** Curada 4 días a 50° C.

15 Esta tierra después de su tratamiento con un acabado superior como se ha descrito con antelación probó ser un material para pavimentos elevadamente resistente a la abrasión para emplearse como banquetas, camellones, y áreas de estacionamiento.

20 Aún cuando los ejemplos anteriores se dirigen al uso y a la aplicación en caminos de la manera que se ha descrito con antelación se comprenderá que pueden emplearse procedimientos alternativos aún cuando funcionalmente similares para los usos análogos a los cuales se ha hecho referencia anteriormente.

25 Por ejemplo, el compuesto del agua y producto químico pueden mezclarse con la tierra mediante el uso de múltiples pasadas de discos en varias pasadas hasta lograr la homogeneidad a falta de un molino amasador o mezclador de lotre descrito con antelación. Después del mezclado puede llevarse a cabo la consolidación y el tratamiento de la superficie superior descrito con antelación.

30 Un procedimiento formador adecuado para

1 estructuras que se espera que sean sometidas sólomente a
cargas intermitentes tal como los acotamientos y terra-
plenes de los caminos, canales de drenaje, camellones divi-
sores de caminos y de acotamientos de aeropuertos es como
5 sigue:

El producto químico se aplica a razón de
412 a 825 litros sobre 4103 metros cuadrados de tierra so-
metida a tratamiento con un contenido de agua apropiado.
El contenido de agua apropiado es preferentemente aquélla
10 cantidad que, al agregarse al contenido de humedad de la
tierra iguale el contenido óptimo de humedad. Si no se
puede conseguir un mezclador de tierra del tipo de paradas
múltiples de discos como se ha descrito con anterioridad
la tierra puede rastrearse hasta una profundidad de 5 a 10
15 centímetros y rociarse la mitad de la solución del produc-
to químico y el agua sobre la misma. Posteriormente se
consolida la superficie rociada empleando una aplanadora
vibradora. Posteriormente se rocía la mitad restante de
la solución del producto químico y el agua y se permite
20 un tiempo de curación de 3 a 4 días.

El resultado será una superficie resistente
a la abrasión tenaz y uniforme para el uso intermitente re-
querido en las aplicaciones anteriores.

25 Cuando las especificaciones de la obra o
las condiciones del campo requieren un mezclado por lotes,
se ha encontrado que las máquinas pavimentadoras conven-
cionales, tal como cualquiera de los modelos de la marca
Barber-Greene de máquinas pavimentadoras que tienen un
dispositivo vibratorio puede emplearse con éxito.

30 Ejemplos específicos de las mezclas químicas

1 útiles en la práctica de la invención se ponen de manifiesto a continuación. Se mencionan los componentes individuales sobre una base por peso. En cada caso, la mezcla se describe en su condición "concentrada" ya que este término
 5 se emplea en esta especificación, es decir, en una condición tal como se embarca, y antes de diluirse con agua en el sitio de la obra.

	Emulsiones	
	<u>A</u>	<u>B</u>
10 Agua	40	40
Solvente volátil	1,5 isopropanol	1,5 isopropanol
Emulsionante	1,5 Triton X 100	1,5 Triton X 100
Ester de Resina		
epoxi	20 epoxi. N.º 1	29 Epoxi N.º 2
15 Otros	28 Metil linoleato	28 metil éster de ácidos grasos de linaza
	<u>C</u>	<u>D</u>
agua	33	35,5
20 Solvente volátil	5 xileno	5 xileno
Emulsionante	2 Triton X 100	2 Triton X 100
Ester de Resina		
Epoxi	30 Epoxi N.º 2	57,4 Epoxi N.º 2
25 Otros	30 Metil éster de ácidos grasos de linaza	0,1 Nafteno de cobalto

	Componente	Emulsiones	
		<u>E</u>	<u>F</u>
1	Agua	28	35,5
	Solvente volátil	6 Tolueno	5 Xileno
5	Emulsionante	1,6 Triton X 100	2 Triton X 100
	Ester de Resina		
	Epoxi	64,3 Epoxi Nº 1	57,4 Epoxi Nº 3
	Otros	0,1 Naftenato de cobalto	0,1 Naftenato de cobalto
10		<u>G</u>	<u>H</u>
	Agua	33	40
	Solvente volátil	5 Xileno	1,5 butil éter de etileno glicol
	Emulsionante	2 Triton X 100	1,5 Triton X 100
15	Ester de Resina		
	Epoxi	30 Epoxi Nº 4	29 Epoxi Nº 1
	Otros	30 Metil éster de ácidos grasos de linaza	28 Linoleato de metilo
20		<u>I</u>	<u>J</u>
	agua	33,5	33,5
	Solvente volátil	4,5 Xileno	4,5 Xileno
	Emulsionante	1,5 Triton X 100	1,5 Triton X 100
	Ester de Resina		
25	Epoxi	22,5 Epoxi Nº 7	22,5 Epoxi Nº 7
	Otros	38 Linoleato de metilo	0,2 Naftenato de cobalto
30			

	Componente	Emulsiones	
		K	L
	Agua	33,5	35
	Solvente volátil	4,5 Xileno	6 tolueno
5	Emulsionante	1,5 Triton X 100	2 Triton X 100
	Ester de resina epoxi 22	22 Epoxi Nº 2	25 Epoxi Nº 4
	Otros	38 Ester metílico de ácidos grasos de linaza	31 linoleato metílico Oil secador de plomo
		M	N
10	Agua	34,8	30
	Solvente volátil	0,7 tolueno	5 metil-isobutil
	Emulsionante	1,5 Triton X 100	2 Triton X 100
	Ester de resina epoxi	62,9 Epoxi Nº 6	62,9 Epoxi Nº 5
	Otros	0,1 secador de plomo	0,1 secador de plomo
15		0,01 secador de cobalto	0,05 secador de cobalto

Los ésteres de resina epoxi son los productos de la reacción de la resina epoxi del tipo de bisfenol A-glicidil éter con ácidos grasos. Los ingredientes, las relaciones y el ácido graso libre son como sigue:

Epoxi Nº	Acido Graso	Relación Molar, áci		Acido graso libre, %
		Nº "Epon do Shell"	do graso: unidades Bisfenol-A	
1	linoléico	828	0,45	2,8
2	linaza	828	0,45	3,1
25	3 linaza	1001	0,49	5,3
	4 Ricino Deshidratado	834	0,86	8,8
	5 40% soya/ 60% linaza	864	1,0	6,3
	6 linaza	1004	1,0	6,3
30	7 linaza	828	0,63	5,0

1 Está presente agua en una cantidad necesaria
para dar una viscosidad conveniente para bombearla y mez-
clarla, que por lo general es de aproximadamente 25%.
No son perjudiciales cantidades de porcentajes más eleva-
5 das, pero cantidades substancialmente mayores que las ne-
cesarias para llenar los requisitos de viscosidad son poco
económicos obviamente si se desea suministrar al usuario
un concentrado que el usuario va a diluir con agua en el
momento de la aplicación. El contenido preferente de agua
10 del concentrado queda dentro de la escala de desde alrede-
dor de 30 hasta 45 por ciento de la composición.

 Un solvente volátilo por lo general es nece-
sario para rebajar la viscosidad de la resina epoxi de ma-
nera que la ponga convenientemente delgada para mezclarse
15 y emulsionarse con el agua. Los solventes pueden ser hidro-
carburos aromáticos tal como benceno, tolueno, xileno, etc.,
alcoholes, cetonas, alcoxi, éteres glicol y otros. Es evi-
dente que cualquier solvente que tenga la propiedad de reba-
jar la viscosidad estable en el concentrado final es ade-
20 cuado. Consideraciones prácticas tal como el costo, la ba-
ja flamibilidad y la amplia disponibilidad hacen al xileno
el solvente volátil preferente.

 Será evidente que cualquier agente emulsionan-
te o combinación de agentes que den una estabilidad razona-
25 ble al concentrado, y permitan el empleo de la dilución con
agua en el lugar de la obra serán satisfactorios. Existen
desde luego cientos de tales agentes y combinaciones. Las
especies de los agentes empleados no es crítica; solamente se
necesita llevar a cabo las funciones mencionadas. Se ha en-
30 contrado que se obtendrán resultados aceptables con los al-

1 quil fenoles polietoxilados, preferentes incluyendo éter
de polietileno glicol (alrededor de 10-100 molar o más
preferentemente de alrededor de 10-50 molar) de nonil fe-
5 nol, alcoholes polietoxilados, tal como éter de polietileno
glicol (8 moles) de alcohol decílico. Otros emulsionantes
satisfactorios serán los polipropileno glicoles polietoxila-
dos, las poliaminas polietoxiladas, y la sal sódica del no
10 nil fenoxipoli (etilenoxi) etanol sulfatado. El último es
el emulsionante preferente para emulsiones acuosas. Los
emulsionantes enlistados con anterioridad se prefieren pa-
ra las emulsiones de solvente orgánico. Se venden series
de estos distintos emulsionantes bajo la marca "Triton",
"Brij", "Pluronic" y "Tetronic", respectivamente pero no
significa limitar la invención con estos emulsionantes es-
15 pecíficos por su enumeración.

Los métodos para formar ésteres de ácidos gra-
20 sos de resina epoxi son bien conocidos en la técnica, y no
requieren tratarse en ésta con detalle. Será evidente
que una amplia variedad de ácidos grasos de aceite de semi-
secado y de aceite secador insaturados pueden substituirse
por los ácidos grasos de los ejemplos, así como combinacio-
nes de tales ácidos grasos. Por ejemplo, los ácidos grasos
de aceite de soya, aceite de palo, aceite de ricino deshi-
dratado, aceite de pepita de algodón, aceites de perilla,
25 de oiticica o de girasol. Al cocinar la mezcla de aceite de
ricino, la relación molar del ácido graso respecto a las uni-
dades de bisfenol A de la resina epoxi es de un máximo de
alrededor de 1.1, y se mantiene el ácido graso sin reaccio-
nar hasta cuando menos alrededor de 10 por ciento.

30 El procedimiento para formular los productos

1 químicos de la invención puede variar ampliamente. Ejem-
plos de dos métodos posibles de formulación se dan a con-
25 tinuación, estos ejemplos pueden aplicarse al Producto Quí-
mico A y el Producto Químico B, anteriores, respectivamen-
te.

PRODUCTO QUIMICO A

Se calientan juntos 15,4 partes de Epon 1001,
que es una resina comercial de la Shell Chemical Corpo-
10 ration y que tiene un punto de fusión de alrededor de
64-67^o Centígrados un color Gardner de 8 máximo, una vis-
cosidad Gardner-Holdt de C-G, medida en una solución de
40% por peso en éter monobutílico de etileno glicol a 24^o
C., y un número epóxido equivalente de aproximadamente
15 450-525 con 13,6 partes de ácidos grasos de linaza, bajo
un rocío ligero de nitrógeno a temperaturas hasta de 260^o
C., hasta que el contenido de ácido graso libre sea de
5,6%, calculado como ácidos grasos de linaza, siendo el
20 tiempo total de cocimiento de alrededor de 5 horas. Des-
pués de enfriarse hasta alrededor de 80^o C., o algo más,
se mezclan con la misma 28 partes de linoleato metílico y
1,5 partes de monobutil éter de dietileno glicol (Butil
Carbitol) con el éster de resina a una temperatura dentro
de la escala de desde la temperatura ambiente hasta alre-
25 redor de 80^o C. Se mezclan a la misma cuarenta partes de
agua y 1,5 partes de Triton X-100, un agente emulsionante,
que comprende un alquilaril fenol etoxilado con alrededor
de 10 moles de óxido de etileno condensado con cada fenol
en un recipiente separado. Posteriormente se agregó la mez-
30 cla del éster de resina a la solución acuosa con buena agi-

1 tación para dar lugar a la emulsión, que se tipifica con el
Producto Químico puesto de manifiesto con antelación.

PRODUCTO QUIMICO B

5 Se calentaron juntos 56 partes de Epon 1004,
que es una resina comercial obtenible de la Shell Chemical
Corporation, y que tiene un punto de fusión de alrededor
de 95-105°C., un color Gardner de 6 máximo, una viscosi-
dad Gardner-Holdt de Q-U medida en una solución de 40%
10 por peso de monobutil éter de etileno glicol a 20°C., y un
número epóxido equivalente de alrededor de 870-1025, con 44
partes de ácidos grasos de linaza hasta obtener un conte-
nido de ácido graso libre de 7,5% calculado como ácido li-
noléico. Se calienta la mezcla en un recipiente cerrado
15 bajo un rocío de nitrógeno. El tiempo de cocimiento debe-
rá ser de aproximadamente 5 horas a temperaturas hasta de
260°C. Después de enfriarse hasta alrededor de 70°C.,
se mezclaron en la misma 57,5 partes del éster de resina
resultante con 5 partes de xileno. En seguida se disol-
20 vieron 2 partes de Triton X-100 en 35 partes de agua y se
calentó esta solución hasta alrededor de 70°C. En seguida
se agregó la resina reducida en xileno al agua lentamente
y en la presencia de una agitación muy vigorosa para produ-
cir la emulsión final.

25 Aún cuando se han descrito dos métodos posi-
bles para preparar los productos químicos en forma concen-
trada, se comprenderá que los procedimientos se dan sólo-
mente en vía de ejemplo, y cualquier otro procedimiento que
produzca el producto químico en forma conveniente para el
30 uso en el campo eventual, después de su dilución será acep-

1 table, no haciéndose ninguna reivindicación respecto a la
manera de formular el producto químico

5 Por ejemplo, la emulsión del éster de resina epoxi puede ser un sistema de solvente libre. Se dan a continuación ejemplos de dichos sistema.

10 Una resina de éster epoxi sin conjugar del tipo descrito en la Patente de Reexpedición 28.659 puede emplearse en la aplicación práctica de la invención. Puede emplearse una resina formada con cualquiera de los procedimientos A hasta C como se describen en la línea 21, columna 5, hasta la línea 39, columna 6 de dicha patente. De estos procedimientos, todos los cuales se incorporan en ésta por referencia, se prefiere el procedimiento B. En este procedimiento, se forma un éster haciendo reaccionar
15 una resina epoxi disponible en el comercio bajo la marca Araldite 6084, que vende la Ciba Products Co, de Summit, New Jersey, y empleada para formar ésteres epoxi con una mezcla de ácido graso sin conjugar insaturado. La mezcla de partida comprende 50% por peso de Araldite 6084, que se deriva haciendo reaccionar bisfenol A y epiclorhidrina de
20 manera conocida, y que tiene un peso por grupo epoxi de 875-1.025 y una viscosidad Gardner-Holdt de R hasta U, a 40% de no volátiles en solución en un monobutil éter de etileno glicol. Puede ser el ácido graso una mezcla disponible en el comercio bajo la marca Pamolyn 200 que lo produce y lo vende Hercules, Inc., y que contiene ácidos grasos del aceite subproducto de la pulpa de madera enriquecido con ácido linoléico conteniendo 81% de ácido linoléico sin conjugar y alrededor de 18% de ácido oléico, siendo la parte
25 restante cantidades pequeñas de ácidos saturados, material
30

1 no saponificable o resina. La masa se calienta hasta 260^o
C., y se mantiene a esa temperatura durante alrededor de
4 $\frac{1}{2}$ horas en tanto se pasan burbujas de nitrógeno a través
del lote. Posteriormente se recupera el producto.

5 Las propiedades del producto formado se
enlistan en la columna 8, Tabla V bajo el encabezado "L"
en dicha patente de Reexpedición y no se repiten en ésta
para una mayor brevedad.

10 Para formar una emulsión a partir de la re-
sina descrita con antelación, se sigue el procedimiento
descrito en la patente estadounidense 3.669.900, la di-
vulgación de la cual se incorpora a ésta por referencia,
preferentemente. Los emulsionantes adecuados incluyen
15 aquéllos emulsionantes descritos en la línea 69, columna
1, hasta la línea 4, columna 2. Se obtendrá buenos re-
sultados con éter de polietileno glicol (1-100 moles o
de mayor preferencia de 10 a 50 moles) de nonifenol.

20 Como un empleo específico preferido, un és-
ter de ácido graso epoxi formado como se ha descrito con
antelación y que es semi-sólido a la temperatura ambiente
puede calentarse hasta 60^o C., para obtener un material
que tiene una viscosidad de alrededor de 300 poises. Este
material puede cargarse a un artefacto como se describe
en la mencionada patente 3.699.900 junto con agua y un
25 emulsionante del tipo y en las cantidades descritas en
dicha patente para obtener una producción continua y una
dilución continua de un concentrado como se describe en
dicha patente. El artefacto deberá operarse a una eleva-
da velocidad. Puede obtenerse un tamaño de partícula con-
30 trolado hasta un promedio de alrededor de 2,5 micras.

Se dan a continuación ejemplos posteriores del uso de las composiciones anteriores en la estabilización de tierras.

EJEMPLO Nº 6

Se obtuvo y se evaluó una muestra de arena fangosa como los siguientes resultados.

Material Evaluado: Arena Fangosa

Límites Atterberg:

Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad

No-plástico No-plástico No-plástico

Densidad:

Densidad floja = 1,52 kg. g/cm²

Prueba CBR

Observaciones:	Contenido de humedad de moldeo, %	Contenido de humedad al final de rregido, %	CBR Co-empapado, %	Porcentaje de expansión
Sin tratar	7,60	8,38	24,7	0,04
Tratada	4,60	10,99	16,8	0
Tratada	7,60	8,93	94,0	0
Tratada	10,0	10,68	7,5	0,16

Nota: contenido óptimo de humedad fue de 7,6%

=====

Los moldes se consolidaron en 5 capas con 55 golpes por capa de distintos contenido de agua. A menos de que se indique de otra manera, el producto químico se mezcló con agua de moldeo en una cantidad de 1,4 cms³ por 1000 gramos de tierra floja. Los moldes con el producto químico se curaron a 40^o C., durante 48 horas antes de

1 empaparlos. Se empleó una sobrecarga de 4,54 kilogramos
y antes se empaparon todos los moldes en agua durante 4
días antes de su evaluación.

5 De importancia particular es el hecho de
que una concentración muy baja del producto químico, es
decir, solamente 1,4 cc/1000 gramos de arena floja produ-
jo un incremento casi de cuatro veces el porcentaje CBR
como se notará a partir de una comparación de los resul-
10 tados en las líneas 1 y 3 del resumen de la Prueba CBR
que reflejan los resultados de la tierra tratada y sin
tratar con un contenido óptimo de humedad es decir, 24,6
contra 94,0. Los resultados también indican la importan-
cia de determinar y emplear el contenido óptimo de hume-
dad.

15 EJEMPLO Nº 7

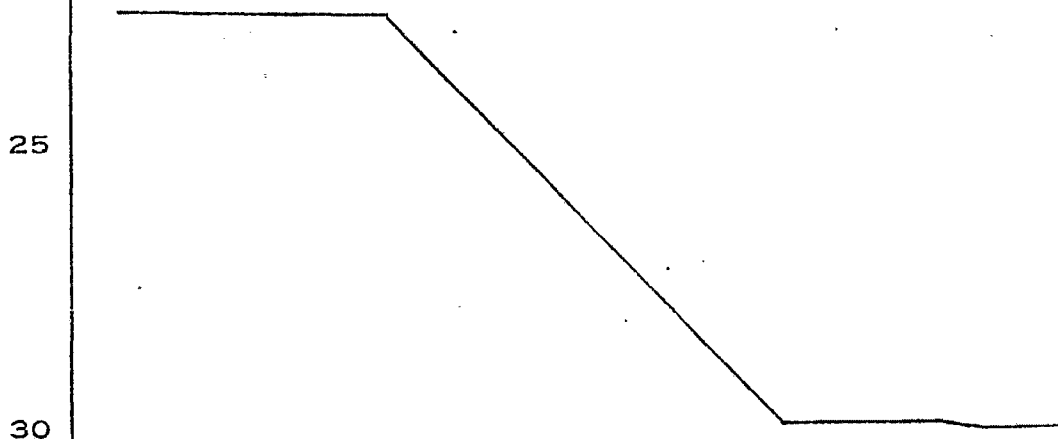
Se obtuvo y se evaluó otra muestra de arena
fangosa con los siguientes resultados.

Material Evaluado: Arena Fangosa amarilla rojiza uniforme

Plasticidad: No-plástica

20 Clasificación AASHO: A-3 (0)

Densidad Máxima en Seco: 48,1 Kg/0,027 mts³



1 Contenido Optimo de Humedad: 3,5%

Nº de Prueba	% de H ₂ O	Antes de la Evaluación hrs. empapado	Cantidad del Producto Químico	Condiciones CBR de Curación
5	5	nada	nada	nada 12,5
	5	nada	nada	nada 16,5
	5	8	nada	nada 10,0
	5	8	nada	nada 15,0
	3,5	8	3,2 cc/kg/100 ^g	C. 27,9
	3,5	8	3,2 cc/kg	24 hrs. 24,8
10	3,5	nada	3,2 cc/kg	100 ^g C. 77,2
	3,5	nada	3,22 cc/kg	24 hrs. 67,6
	3,5	nada	4537 l/ha. 20 min. profundidad	Temp. am 75,6 biente durante 4 horas; 100 ^g C. durante 48 horas; enfriar hasta temp. ambiente
15	3,5	nada	4537 l/ha. 20 cms. de profundidad	Tem. Am- 100 biente du rante 4 hrs. 100 ^g C. durante 48 hrs; en friar hasta la tempera- tura am- biente
20	3,5	24	4537 l/ha. 20 centí- metros de pro- fundidad	Tem. Am- 100 biente du- rante 4 hrs. 100 ^g C. durante 48 hrs; enfriar hasta temperatu- ra ambiente
25	3,5	24	4537 l/ha 20 cm. de profundidad	Tem. Amb. 100 durante 4 hrs. 100 ^g C durante 48 hrs. enfriar has ta Tem. Amb.
30	3,5	24	4537 l/ha 20 cm. de profundidad	Tem. Amb. 100 durante 4 hrs. 100 ^g C durante 48 hrs. enfriar has ta Tem. Amb.

1	Nº de Prueba	% de H ₂ O	Antes de la Evaluación Hrs. empapado	Cantidad del Producto Químico	Condiciones CBR de Curación
5	7a	3,5	24	5070 L/ha 20 cms. profundidad	Temp. Amb. 100 durante 4 hrs., 100°C 48 hrs., enfriar hasta Temp. amb.
10	7b	3,5	24	5070 l/ha. 20 cms. de profundidad	Temp. Amb. 100 durante 4 hrs. 100° C., du- rante 48 hrs. enfriar has- ta temp. Amb.

15

La prueba "a" se llevó a cabo a una penetración de 0,25 centímetros; la prueba "b" se llevó a cabo a una penetración de 0,5 centímetros. Se evaluaron las muestras la y lb inmediatamente después de su consolidación.

20

Se notará que se obtuvo una CBR mayor de 100 a partir del método de la invención en contraste con un CBR de aproximadamente 15 para tierra sin tratar. Como resultará evidente para aquéllos entrenados en la técnica, la CBR de la tierra tratada cuando está empapada después de su tratamiento con el producto químico, tenía una CBR mayor, es decir, una mayor resistencia a la perforación y una mayor resistencia de soporte, que el asfalto.

25

De los ejemplos anteriores, y particularmente los ejemplos 6 y 7, será evidente que un beneficio adicional de la invención es la capacidad de mejorar, es decir, mejorar las tierras marginales del tipo que antes de tratamiento no tenían la calidad suficiente para la construcción de caminos. Esto se logra con cantidades muy pequeñas de productos químicos; resultan suficientes cantidades dentro

30

de la escala de 1 hasta 10 cc del producto químico por 1000 gramos de la tierra para ser eficaces en la tierra.

EJEMPLO Nº 8

Se construyó una pista aérea de 900 m x 30 m. empleando el siguiente material.

Material: Arena gravosa (A-1, USHRBC), Grupo SW del Sistema Unificado

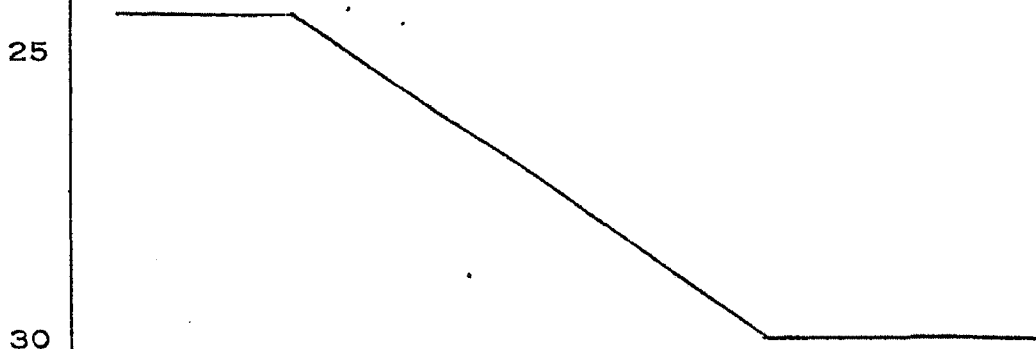
Análisis de Tamiz:

<u>Tamiz Estadounidense Nº</u>	<u>Porcentaje Más Fino por Peso</u>
1,92 cms.	100,0
1,27 cms.	98,5
0,96 cms.	96,1
Nº 4	86,2
Nº 10	65,6
Nº 20	51,3
Nº 40	39,7
Nº 60	29,2
Nº 100	17,0
Nº 200	2,6

Densidad: 66,4 kg/0,027 metros cúbicos (sequedad máxima)

Humedad Optima: 7,2%

Datos CBR



1	Nº de Prueba	Cantidad del Producto	CBR
	1a	0	34,3
	1b	0	74,5
5	2a	907 l/ha., tierra floja, profundidad de 15 cms.	62,7
	2b	907 l/ha. tierra floja profundidad 15 cms.	96,2
10			

15 Se curó la tierra durante 4 días a 60º centígrados antes de su evaluación en todos los casos. La prueba "a" se llevó a cabo a una penetración de 0,25 centímetros y la prueba "b" se llevó a cabo a una penetración de 0,5 centímetros.

20 Se incrementó marcadamente la resistencia de la tierra después del tratamiento químico, y después del tratamiento, se puso en uso como una pista para aviones y ha estado en uso continuo durante un período largo de tiempo. El cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (Norma EM 1110-45-302) permite el uso de un material de capa de base con un CBR de diseño de 80 para llantas a una presión de 6,8 kilogramos por centímetro cuadrado. Se construye la pista empleando el sistema Khoering como se ha descrito con antelación, y después de aplicarla, 25 se aplicó un acabado superior de una capa del producto químico diluido con espíritus minerales, tal como trementina, alquitrán de carbón negro por rocío. Resultó una superficie dura, uniforme, a prueba de agua y resistente a la abrasión. 30

EJEMPLO N^o 9

Se construyó otra pista área de 900 m x 30 m a partir del siguiente material y empleando el procedimiento descrito a continuación.

Clasificación del Material:

Clasificación H.R.B.	A-2-4 (0)
Clasificación Unificada	SP
Coefficiente de Uniformidad	3

Análisis del Tamaño de Grano:

Tamiz N ^o	Tamaño de Tamiz, mm	%	Más fino por Peso
1,27 cms.	12,7		100,0
0,96 cms.	9,52		99,8
N ^o 4	4,76		99,3
N ^o 10	2,00		95,1
N ^o 20	0,84		89,3
N ^o 40	0,42		77,6
N ^o 60	0,25		69,4
N ^o 100	0,149		43,8
N ^o 200	0,074		13,7

Todos los resultados son el promedio de tres pruebas.

Límites Atterberg: No-plástico

La tierra se trató a razón de 4537 lbs./hectárea, una profundidad de 15 centímetros, empleando una máquina Khoering. En seguida se trató la parte superior con un acabado similar a aquél empleado en la pista del Ejemplo 8, dando por resultado una superficie dura, uniforme a prueba de agua, y resistente a la abrasión.

La calidad de la estructura puede incrementarse ulteriormente mediante el empleo de cemento en canti-

1 dades pequeñas pero efectivas. Parece que un cierto grado
de sinergismo se logra cuando se emplea cemento en unión
con el producto químico de la invención, puede ser que una
pequeña cantidad del cemento más una pequeña cantidad del
5 producto químico parece producir mejores resultados que una
cantidad grande cualquiera de los dos.

EJEMPLO Nº 10

10 Se llevaron a cabo unas pruebas de viguetas
sobre tierras no agrícolas arenosas comparables con los
siguientes resultados

PRUEBA

	A ¹	B ²	C ¹
15	30% de Cemen- to por peso	5 cc del Produc- to Químico por Kg. de Tierra	3% de cemento por peso y 3 cc del Producto Químico por Kg. de Tierra
	<u>Tensión</u>		
20	Resistencia a la Tensión 2,6 kg/cm ²	1,0 Kg/cm ²	4,5 kg/cm ²
	Esfuerzo de Tensión		
	5 X 10 ⁻⁴ (2,54 x 2,54 cms)	--	8 x 10 ⁻⁴ (2,54 x 2,54 cms)
25			

1 curada a la temperatura ambiente durante 7
días, en seguida dos días a 100° C.

2 curada 2 días a 100° C.

30 Los mejores resultados parecen ser atribuibles

1 a la flexibilidad impartida a la estructura de base con el
producto químico. Específicamente, se sabe que las sobre-
cargas de los ejes causarán el agrietamiento de la estruc-
tura convencional de concreto, iniciándose el agrietamiento
5 en la parte inferior de la estructura y subiendo progresiva-
mente hacia arriba. El agrietamiento puede atribuirse al he-
cho de que las estructuras son quebradizas y tienen muy po-
ca flexibilidad, particularmente en tensión. Para evitar el
agrietamiento, puede aumentarse el grosor de la estructura,
10 pero esta precaución aumenta substancialmente el costo de
la estructura que está sobre diseñada de manera substancial.

El uso de una cantidad pequeña pero efectiva
del producto químico en unión con el cemento aumenta subs-
tancialmente la flexibilidad de la estructura, y evita de
15 esa manera el agrietamiento aumentando la vida útil de la
estructura sin aumentar su grosor y sin efectos perjudicia-
les respecto a su resistencia a la compresión, es decir, su
capacidad portadora de carga. Resulta hipotético que cuan-
do una estructura que se ha estabilizado con una combinación
20 del producto químico y cemento se somete a una sobrecarga
de ejes, la matriz química solidificada se flexiona sin
romperse ni agrietarse, y por lo tanto, asume una propor-
ción mayor de la sobrecarga que el cemento. Siempre que
la proporción de la carga asumida por el cemento no ex-
25 ceda la de deformación permanente ni la resistencia de
rompimiento del cemento, no ocurrirá agrietamiento y la
estructura permanecerá unitaria.

EJEMPLO 11

30 En otra prueba se mezclaron cuatro partes por
peso de arena de duna con una parte por peso de Cemento

1 Portland y se agregaron 5 cc. del producto químico por
kilogramo de la mezcla de arena y cemento. En seguida
se moldearon cilindros de vigueta y de compresión a 5,5
por ciento de humedad y se dejaron curar a 50° C, durante
5 28 días. En seguida se evaluaron los cilindros por tri-
plicado a 10° C., 20° C, y a 50° C. También se moldearon
cilindros de compresión y de vigueta similares empleando
solamente Cemento Portland y se evaluaron a 20° C., des-
pués de su curación a 50° C., durante 28 días. Los resul-
10 tados fueron como sigue:

	Producto Químico +		Cemento	
	Cemento			
	Evaluado a 10° C.	Evaluado a 20° C.	Evaluado a 50° C.	Evaluado a 20° C.
15 Resistencia a la tensión, kg/cm	13,2	9,0	6,6	5,4
Esfuerzo de Tensión x 10 ⁻⁴	7	8	8	5
20 Resistencia a la compresión, kg/cm	5,0	3,5	2,8	3,9

EJEMPLO N.º 12

Se llevaron a cabo las siguientes pruebas
en una tierra para base de camino plástica con una CBR sin
25 tratar empapada de solamente alrededor de 5.

La tierra para la base del camino se tra-
tó con el producto químico a razón de 5 cc. por kilogramo
de tierra seca, junto con 3 por ciento por peso de Cemento
Portland en tierra seca. Se moldeó la mezcla con un con-
30 tenido óptimo de humedad, se secó en un horno a 60° C.,

1 hasta alcanzar una humedad de alrededor de 3 por ciento y en seguida se empapó 48 horas antes de su evaluación. Se registraron los siguientes resultados.

	CBR a 0,25 cms.	=	70
5	CBR a 0,3 cms.	=	97
	Humedad antes de empaparse	=	3,7
	Humedad después de empaparse	=	15,3
10	Porcentaje de expansión al empaparse	=	nada

15 Posteriormente se determinaron las resistencias a la compresión y a la flexión de la tierra, como se ha mencionado con antelación, así como tratada con 3 por ciento de cemento solamente, y se evaluó en seco registrándose como sigue:

	5 cc del Pro-	Solamente 3%
	ducto Químico	de cemento
20	+ 3% de cemen	
	to	

	Resistencia a la		
	Tensión kg/cm^2	3,7	1,0
	Esfuerzo de Ten-		
25	sión último	21×10^{-4}	12×10^{-4}
	Módulo de Defor-		
	mación kg/cm^2	2400	1160
	Resistencia a la		
	compresión ilimita,		
30	da, kg/cm^2	20	16

1 La adición de una cantidad muy pequeña del pro-
 ducto químico dió por resultado un incremento de casi 2000
 por ciento en su CBR, más de un incremento de 250 por cien-
 to de su resistencia a la tensión, un incremento de 75 por
 5 ciento de su esfuerzo a la tensión último, un incremento de
 107 por ciento de su módulo de deformación y un incremento
 de 25 por ciento de su resistencia a la compresión ilimita-
 da, todo lo cual es particularmente notable puesto que nin-
 guna investigación previa proporciona una base para anti-
 10 cipar tales resultados.

EJEMPLO Nº 13

Se evaluó arena del tipo descrito a continua-
 ción con los siguientes resultados.

15 Material Evaluado: Arena de Duna

Análisis de Támiz

<u>Támiz</u>	<u>% más Fino por Peso</u>
%,0 cms.	-
2,5 cms.	-
20 1,25 cms.	-
0,96 cms.	-
Nº 4	100
Nº 10	99
Nº 40	69
25 Nº 200	14,4

Equivalente de arena: 20

Límite Líquido: 23

Límite Plástico: N.U.

Índice de Plasticidad: No plástica

30 Clasificación AASHO: A-2-4

1 Humedad Optima: 9,9%

Densidad: 58 kg/0,027 metros cúbicos

CBR: Sin Empapar/Empapado

	1	2	3	4
5 % Expansión	68/60 ,11	79/50 ,12	124/110 ,13	123/120 ,09

Las muestras 1 y 2 no tenían cemento, las muestras 3 y 4 contenían una cantidad pequeña pero efectiva alrededor de 2 por ciento de Cemento Portland.

10 Resultará evidente que el acabado superior o el recubrimiento de la tierra a que se ha hecho referencia con antelación es particularmente adecuado para emplearse con tierras elevadamente permeables, tal como los grupos AASHO A-1 y A-3. El revestimiento que puede ser el

15 producto químico descrito con antelación y excluyendo el alquitrán de carbón negro a que se hace referencia en el Ejemplo 8, se diluye en el campo, y posteriormente puede rociarse directamente sobre una capa de base que ha sido es-

20 tabilizada como se menciona con antelación para formar una superficie resistente a la abrasión, resistente al derrapamiento, a prueba de agua y extremadamente tenaz adecuada para un tráfico más riguroso. El material puede tener un color, verde o negro, por ejemplo, para su delineación cromática y una protección adicionada a los rayos ultra-

25 violetas. Los regímenes de aplicación usuales pueden variar desde alrededor de 1 hasta 4 litros por metro cuadrado, y se deja curar de 24 a 28 horas antes de abrirse al tráfico. Puede aplicarse revestimiento típico a razón de 100.000 metros cuadrados aproximadamente por día con un camión orciador convencional. Para usos seleccionados, tal

30 como tierras extremadamente arenosas, el producto químico

1 puede diluirse con agua solamente. Sin embargo, en la gran
mayoría de las aplicaciones hasta la fecha, se obtienen mejo-
res resultados con solventes minerales. Puede consistir un
ejemplo típico del acabado superior del tipo de solvente
5 mineral preferente de una mezcla conteniendo aproximadamente
 $47\frac{1}{2}$ partes del producto químico, $47\frac{1}{2}$ partes de espíritus mi-
nerales y 5 partes de xileno por peso. Alternativamente, el
acabado superior puede consistir de alrededor de partes apro-
ximadamente iguales por peso del producto químico y trementina,
10 na, más xileno en una relación de alrededor de una parte de
xileno respecto a alrededor de 20 partes del producto quími-
co y de la trementina por peso. Tales composiciones han pro-
bado ser eficaces respecto a una amplia gama de tierras,
particularmente en relación con tierras que tienen menos de
15 alrededor de 15 por ciento por finos. La experiencia en el
campo ha indicado que tiene que aplicarse suficiente acaba-
do superior para obtener una profundidad de penetración de
cuando menos alrededor de 1,25 centímetros con el fin de
resistir la presión del vapor así como las temperaturas y
20 recirculación de humedad encontradas en muchas áreas áridas
del mundo.

La construcción de un camino típico de capa múltiple empleando solamente los productos químicos de la presente invención ilustra la fácil adaptabilidad de los
25 métodos de la invención a la construcción de caminos en áreas de tierra no agrícolas o arenosas.

EJEMPLO Nº 14

Con el fin de construir un camino que consis-
te de una capa de base formada a partir de arena de dura
30 que está cubierta con una base de desgaste, se requiere el

1 siguiente equipo:

Una escrepa de empuje de suficiente tamaño para construir terraplenes; una motoconformadora; un camión cisterna equipado con una barra rociadora de carga por gravedad que tiene un patrón uniforme de distribución; una
5 aplanadora de rueda de acero del tipo vibrador (equivalente a un esfuerzo de consolidación mínimo de 25 a 30 toneladas); una rastra preferentemente formada de un bastidor de 1,82 x 1,82 metros con una vigueta transversal formada poniendo
10 dos maderos de 5 por 10 centímetros con clavos hincados a través de los maderos extendiéndose las puntas aproximadamente 0,64 centímetros para la escarificación; una máquina acabadora montada en un cambio, similar a una apisonadora vibradora Barber-Green; una planta portátil dosificadora (di-
15 milar a la de Barber-Green Modelo KH-45); caminos de volteo de capacidad suficiente para alimentar al acabador y una bomba de transferencia para transferir el producto químico desde los tambores de 206 litros convencionales hasta el camión cisterna.

20 El producto químico primario deberá ser un producto químico como se ha descrito con antelación en una emulsión acuosa, y el producto químico de la capa superior de acabado puede ser el producto químico descrito con antelación que consiste de aproximadamente $47\frac{1}{2}$ partes por peso del producto químico, $47\frac{1}{2}$ partes por peso de espíritus
25 minerales y 5% por peso de xileno.

Un terraplen se construye primeramente regándolo y consolidando lotes de 30 centímetros hasta aproximadamente 90 centímetros por encima del nivel de la explanada.
30 Preferentemente, la primera, la segunda y la tercera tira-

1 das o lotes se consolidan hasta una densidad óptima de 90,
95 y 100 por ciento respectivamente.

5 La superficie de la base (la tercera tirada),
deberá mojarse, configurarse y recortarse así como nive-
larse.

En la planta dosificadora, se deberá mezclar
lo siguiente durante cuando menos dos minutos en las si-
guientes proporciones:

10 Arenas de Dunas A-3 -	999 kilogramos
Agua local -	49 litros
Producto químico -	6 litros

15 Posteriormente, el material dosificado de-
berá transportarse directamente hasta el acabador que en
seguida se aplica una capa de desgaste uniforme nivelada
de un grosor de 5 centímetros. La velocidad del acabador
deberá ajustarse de manera que el apisonador vibrador esté
produciendo una densidad óptima de 100 por ciento.

20 Después de aplicarse, deberán permitirse tres
o cuatro días para su curación bajo las condiciones clima-
tológicas prevalencientes.

25 Posteriormente, deberán mezclarse volúmenes
iguales del producto químico y espíritus minerales empleando
una bomba recirculatoria y/o del movimiento normal del cam-
bio. Preferentemente, aún cuando no de manera esencial tam-
bien puede agregarse un solvente adicional tal como xileno
en una relación de desde alrededor de una parte de xileno
hasta alrededor de 20 partes por peso del producto químico
y espíritus minerales.

30 Posteriormente, el material del acabado supe-
rior deberá aplicarse uniformemente empleando una barra

1 rociadora a razón de aproximadamente 1,7 litros por 0,82 metros cuadrados.

Deberán permitirse unos dos o tres días adicionales para la curación y al final de este tiempo el camino está listo para usarse.

Una aproximación de la construcción de servicio pesado de un camino formado como se ha descrito con antelación puede obtenerse a partir del ejemplo siguiente.

EJEMPLO Nº 15

10 Unas pruebas de vigueta en tierras tratadas con primeramente el producto químico sólo, y en segundo término con el producto químico primario seguido por la aplicación de un material de acabado superior que consiste de una mezcla de 40 por ciento del producto químico más 60 por ciento de espíritus minerales aplicados a razón de 3 litros por metro cuadrado de superficie proporcionaron los siguientes resultados.

	Producto ₁ Químico primario	Producto ₂ Químico primario + acabado superior de 40% del Producto Químico y 60% de Espíritus Minerales a razón de 1 litro/metro ²
20		
25	Resistencia a la tensión 8,4 kg/cm ²	Más de 40 Kg/cm ²
	Esfuerzo de Tensión 56 x 10 ⁻⁴ (2,5 x 2,5 cms)	Más de 33 x 10 ⁻⁴ (2,5 x 2,5 cms)
	Módulo de Deformación 2000 kg/cm ²	15.000 Kg/cm ²
30	1.- 6,6 cc/kg de tierra + 1/50 del secador por peso del producto químico curado 7 días a la temperatura am-	

biente.

2.- 7,3 cc/Kg de tierra + 1/100 del secado por peso del producto químico curado 2 días a 100° C.

Puesto que la experiencia previa indica que las curas anteriores son comparables y la diferencia en la proporción del producto químico primario respecto a la tierra no tiene la capacidad de producir la magnitud de diferencia de las características evaluadas, los resultados se consideran estadísticamente válidos.

EJEMPLO Nº 16

		Producto Químico
		Primario + Acabado
		Superior de 40% del
		Producto Químico y
15	Producto Químico	60% de Espíritus Mi
	Primario Solamen-	nerales a razón de
	te	3 litros por m ²

Resistencia a la

	Tensión	6,6 Kg/cm ²	18,7 Kg/cm ²
20	Esfuerzo de Tensión	17 x 10 ⁻⁴	26 x 10 ⁻⁴
		(2,54 x 2,54 cms)	(2,5 x 2,5 cms)
	Módulo de Deformación	6200 Kg/cm ²	9500 Kg/cm ²

Las pruebas de abrasión en la tierra tratada y curada substancialmente como se describe en el Ejemplo 15 que se llevaron a cabo empleando una brocha de copa de acero operada mecánicamente a 2100 rpm bajo una carga de 1 kilogramo durante varios períodos de desde 15 hasta 60 segundos dió por resultado una pérdida por peso casi nula si acaso.

Otra ventaja de la invención es que el método

1 descrito para la construcción de caminos, aún cuando dis-
 tintas en materiales y en la aplicación de procedimientos
 a cualquier sistema actualmente empleado, se presta a las
 teorías convencionales de la construcción de caminos. Por
 5 lo tanto, un ingeniero de caminos puede aplicar la tecno-
 logía de diseño de caminos existente al diseño de una es-
 tructura de caminos específica y obtener un resultado que
 no requiere una comprensión de los nuevos conceptos sin
 probar.

10 Esta ventaja puede resumirse con el siguiente
 ejemplo.

Supongamos que se vaya a construir una carre-
 tera en una área predominantemente arenosa, la carretera
 estará formada de una capa de base de tierra químicamente
 15 estabilizada sobre el suelo existente, cubierta con una
 capa superficial de concreto asfáltico.

El tráfico puede representarse por cargas de
 eje tandem de 13 toneladas con llantas infladas a 3,1-3,4
 atmósferas de presión con un uso supuesto de la carretera
 20 de 10 millones de cargas en la vida proyectada de 20 años.

Supongamos que las pruebas en la tierra de
 subexplanada consolidada y en la duna químicamente esta-
 bilizada hayan producido los siguientes parámetros prome-
 dios de resistencia y deformación:

25 CBR de la Tierra de sub-explanada - 30
 CBR de la tierra estabilizada - 80
 Resistencia a la Tensión de la
 Tierra estabilizada - 10 Kg/cm²
 Esfuerzo último en la Flexión
 30 de la tierra - 30 x 10⁻⁴

Módulo de Deformación de la tierra - 5000 Kg/cm^2

Además, supongamos que se propone que la capa de base tuviera 20 centímetros de arena químicamente estabilizada y que la capa de desgaste tuviera 5 centímetros de concreto asfáltico.

Empleando el Método del Instituto del Asfalto 1970, se requiere un grosor de alrededor de 16 centímetros de arena estabilizada.

Empleando el Método TRRL 1970, se requiere un grosor de base de alrededor de 11 centímetros de tierra estabilizada.

Empleando el Método AASHO, 1972 se requiere un grosor mínimo de aproximadamente 18 centímetros de tierra estabilizada.

Por lo tanto, el diseño propuesto parece ser adecuado para llevar a cabo el tráfico proyectado.

Específicamente, es muy pequeña la resistencia a la tensión real de 1 Kg/cm^2 aproximadamente en la parte inferior de la capa de base a la resistencia a la tensión del material de aproximadamente 10 Kg/cm^2 . Además, el esfuerzo de tensión real de alrededor de 1,8 veces 10^{-4} (2,5 cms. x 2,5 cms) en la parte inferior de la capa de base es muy baja en comparación con el esfuerzo de tensión último del material de alrededor de 30×10^{-4} (2,5 cms. x 2,5 cms). Por lo tanto, la sección propuesta puede soportar el tráfico determinado durante su vida proyectada sin fatiga de la misma.

La superioridad del camino construido de acuerdo con la divulgación de la invención en contraste a un camino de asfalto total será evidente a partir del

siguiente ejemplo.

EJEMPLO Nº 17

Supongamos que la tierra estabilizada ha arrojado una relación óptima de producto químico respecto a la tierra de 5 cc. de producto químico por kilogramo de tierra seca, y una cantidad de agua requerida para el contenido óptimo de humedad resulta que es 5 por ciento de la tierra seca.

Supongamos además que el material bituminoso que se va a emplear para la estabilización del asfalto es un cemento asfáltico de clase de penetración 70-85.

Puesto que tales arenas de duna A-3 son el material de tierra, y tales arenas por lo general casi están exentas de finos, un buen proyecto requiere la adición de un material de relleno inerte a la tierra antes de su estabilización con el material bituminoso. Las investigaciones preliminares establecieron que el uso de un Cemento Portland normal en relación de 7,5 por ciento de cemento por el peso total del material era la relación óptima.

Las pruebas convencionales produjeron los siguientes resultados:

Estabilidad Marshall - asfalto - 145,3 Kgs.

Tierra Químicamente Estabilizada - 450 kgs.

Resistencia a la Compresión - Asfalto - 1,6 kg/cm²
a 30° C.

Arena Químicamente estabilizada - 23,4 kgs/cm²
a 30° C.

Fatiga a la Tensión última - asfalto - 8,0;
arena químicamente estabilizada 36

1 Resistencia a la Tensión - asfalto - $0,60 \text{ kf/cm}^2$ -
arena químicamente estabilizada $10,2 \text{ kg/cm}^2$.

5 Por lo tanto, resulta evidente que un camino
formado de tierra estabilizada químicamente posee en todos
los aspectos importantes, mejores propiedades físicas que
un camino construido con una composición asfáltica típica
ampliamente empleada actualmente para la construcción de ca-
minos.

10 También resultará evidente que las tierras
que han sido estabilizadas de acuerdo con esta invención
tienen una estabilidad Marshall igual o mejor que el con-
creto asfáltico en las temperaturas más elevadas encon-
tradas en las áreas desérticas. En un experimento, se em-
papó durante dos días en agua a 60° centígrados una sec-
15 ción transversal de un camino preparado a partir de as-
falto convencional y una sección de camino construida
de acuerdo con la presente invención. Posteriormente, ca-
da una se sometió a la determinación de estabilidad Marshall
con el resultado de que la estabilidad Marshall de la tierra
20 químicamente estabilizada era de alrededor de 1000 y para
el asfalto alrededor de 300.

25 La invención se adapta particularmente bien
para la estabilización de dunas o gradientes de arena o
en sentido más amplio, a la conservación de los contornos
naturales. Las aplicaciones típicas son acotamientos de
caminos y aeropuertos, pavimentos de banquetas, áreas de
estacionamiento, gradientes de caminos, áreas de tráfico
ligero, dunas de arena y áreas de muy poco tráfico.

30 Los ejemplos de uso de la invención y sus
aplicaciones en que se pretende la superficie resultante

1 para soportar cargas intermitentes, tal como acotamientos para aeropuertos y caminos, banquetas o áreas de estacionamiento son como sigue:

EJEMPLO Nº 18

5 Primeramente se rastrea o se conforma de otra manera para eliminar las piedras grandes y otros objetos que tenderían a evitar la buena ligadura que se está formando entre las partículas o granos adyacentes de la superficie final, la tira de tierra que se vaya a tratar como en el caso de acotamientos para aeropuertos y para 10 caminos, rutas para bicicletas, o banquetas, o el área que se vaya a tratar como en el caso de las áreas de estacionamiento.

15 Posteriormente, se rocía una solución compuesta de alrededor de 160 cc. del producto químico A por 2 a 3 litros de agua sobre cada área de un metro cuadrado. Resultará una penetración sobre la tierra desértica consolidada hasta una profundidad de alrededor de 1 hasta 1,5 centímetros. Después de un período de curación de 20 desde alrededor de 1 hasta alrededor de 3 días resultará una membrana flexible y tenaz con capacidad para soportar cargas ocasionales.

EJEMPLO Nº 19

25 Para gradientes laterales, se han empleado con éxito el siguiente procedimiento.

Se rocía sobre cada metro cuadrado de área una mezcla que consiste de alrededor de 80 cc. del Producto Químico A mezclado con 3 a 7 litros de agua, y 30 preferentemente de 5 a 7 litros de agua. Su penetración

1 en la área de arena porosa es de aproximadamente de 2 a 3
centímetros. Su aplicación se lleva a cabo preferentemente
cuando la superficie está seca y no ha llovido recientemente
ni que se espere que llueva. Después de un período de
5 curación de alrededor de 1 a 2 días se forma una membrana
tenaz y flexible con capacidad para soportar un tráfico
ligero.

EJEMPLO Nº 20

10 Se trató una área grande de alrededor de 1.060.000
metros cuadrados de tierra arenosa.

Se escarificó la capa de 10 centímetros de la
tierra empleando una máquina Howard Unimix. El tratamiento
previo fue esencialmente un recubrimiento derivado de una
15 base de aceite. La acción escarificadora rompió el recu-
brimiento de tierra degenerado existente en pequeñas par-
tículas mediante lo cual quedó más bien preparada la tierra
para aceptar el siguiente tratamiento químico. Después de
la escarificación, se aplicó por rocío el Producto Químico
20 A a razón de 412,5 litros por 4.050 metros cuadrados em-
pleando una máquina Howard Unimix. El equipo incluía un
camión cisterna de 13.500 litros de capacidad que se mueve
por delante de la máquina Unimix para rociar el producto
químico diluido sobre la tierra antes de mezclarla con la
25 máquina Unimix.

Se diluyó el Producto Químico a razón de 3,75
litros del producto químico concentrado respecto a 375 li-
tros de agua. Después de su aplicación se consolidó la
tierra con una aplanadora de ruedas de hule del tamaño
30 de 8 a 14 toneladas, empleando varias pasadas por lo gene-

1 ral alrededor de 5.

A continuación se consolidó la superficie con una aplanadora de acero dando por resultado un aspecto uniforme. El resultado fue una base establemente uniforme, a
5 prueba de agua, con una profundidad de 7,5 centímetros lo cual permite un tráfico después de su endurecimiento un tráfico ligero ocasional. 80 por ciento de la dureza ocurrió dentro de la primera semana después de su tratamiento, se alcanzó la dureza total después de alrededor de 30 días.

10 Opcionalmente, puede aplicarse un revestimiento para la tierra como el descrito con antelación a una base tratada a razón de aproximadamente 412 litros por 4.050 metros cuadrados, mezclándose el producto químico en la proporción de desde alrededor de 2 a 4 partes de agua por parte del producto químico, dependiendo de los requisitos en
15 el sitio de la obra. Una penetración típica deberá ser de desde alrededor de 1,25 hasta alrededor de 2,5 centímetros, pudiéndose controlar la profundidad con el contenido de agua y el tiempo transcurrido entre la terminación del tratamiento previo y la aplicación del acabado de la tierra. El
20 acabado para la tierra puede rociarse con cualquier artefacto adecuado. En un caso, se montó un tanque grande de 937 litros de capacidad en la aplanadora de ruedas de acero antes mencionada y se aplicó un rocío inmediatamente por
25 detrás de la mencionada aplanadora. Se incluye color en el acabador superior tal como un color verde de manera que la superficie resultante tuviera un color verde agradable. Después de un período de curación de alrededor de 1 a 2 días, la superficie tenía la capacidad de aceptar un tráfico ligero.
30

1 Se conocen varios métodos para destruir o
para estabilizar acumulaciones de tierra floja, tal como
las dunas de arena, incluyen la transposición, la formación
de zanjas, la siembra, la pavimentación, la formación de
5 paneles, la formación de setos y la perforación de pozos
de petróleo.

 Sin embargo, todos estos métodos tienen una
o más desventajas graves, más notablemente costosas, cuando
se deben llevar a cabo proyectos a gran escala.

10 Por lo tanto, en la transposición por ejemplo, lo cual es simplemente la remoción directa del material de un lugar particular amenazado, no resulta posible para operaciones en gran escala a su costo extremadamente
15 elevado, puesto que inevitablemente requiere transportadores de banda sinfín, escrepas de empuje, líneas de
arrastre, y otros equipos pesados.

 La figuración de zanjas que pretende la destrucción de las dunas por medio de su corte de dunas como
20 con una escrepa de empuje, ya sea transversal o longitudinalmente de manera que destruya su simetría, es elevadamente efectiva sobre una base temporal. Sin embargo, a
menos de que se vuelvan a excavar las zanjas periódicamente, resultará eventualmente un equilibrio del perfil
y la pila de arena no permanecerá estabilizada.

25 La siembra da por resultado en un tratamiento del suelo estéticamente agradable pero es extremadamente cara, requiere suficiente agua para asegurar el desarrollo de la tapa y requiere una planeación y mantenimiento a largo plazo.

30 La pavimentación también es suficiente, pero

1 nuevamente resulta bastante cara en un proyecto de gran
escala.

5 La formación de paneles que implica la construcción de setos sólidos inmediatamente hacia el lado de barlovento de los objetos o áreas que se vayan a proteger, es eficiente y permanente pero el costo es elevado.

10 La formación de setos es una modificación de la formación de paneles y puede ser elevadamente eficiente cuando se aplica convenientemente. Sin embargo, nuevamente aún cuando es menos caro que la formación de paneles, el costo es demasiado elevado invariablemente para emplearse en proyectos en gran escala.

15 La perforación de pozos es quizá el uso más amplio para estabilizar acumulaciones de tierra floja. Sin embargo, el efecto es solamente temporal puesto que la penetración por lo general es casi invariablemente poco profunda y el recubrimiento se oxida al exponerse al sol y al aire, haciéndose quebradizo y de fácil rotura alejándose los pedazos con las corrientes de aire. Esto puede
20 ocurrir durante un corto plazo como de seis meses. Además, la perforación de pozos es difícil de operar puesto que resulta sucio, no soportando las cargas después de aplicarse y es perjudicial ambientalmente puesto que mata a las plantas y evita la regeneración del desarrollo sucesivo
25 de plantas hasta romperse en pedazos.

30 El tratamiento de la superficie de la presente invención es un método eficiente y barato para lograr un objetivo fundamental de destrucción y estabilización de dunas de área. Además, tiene la ventaja ulterior respecto a la formación de setos, de aumentar el coeficiente de sal-

1 tación del material que fluye sobre la superficie tratada.
Como resulta evidente para aquéllos entrenados en la técnica la saltación es la forma de movimiento de la arena eolia-
no mediante él cual los granos no tienen la capacidad de
5 permanecer en una caída de suspensión fiel al suelo y rebotar en una trayectoria definitiva que depende de la reacción entre el grano, la masa y el gradiente del viento.

Puede destruirse la simetría de la arena con un tratamiento selectivo del centro o de los cuernos o bordes de la duna, y se ha encontrado que este sistema es menos caro y puede practicarse con mayor facilidad. La protección de terraplenes de caminos, de ferrocarril y para tanques, La protección de los caminos, del ferrocarril y de las calidades para tanques, la estabilización de la tira
10 de tierra a lo largo de la cual se erigen las barreras de división o restrictoras, deteniendo de inmediato el desplazamiento de la duna de arena y la estabilización de la arena expuesta que yace entre un seto de cercamiento y una
15 área que se vaya a proteger son todos objetivos logrados con la aplicación de la invención.

20 El tratamiento superficial con la presente invención tiene ventajas ulteriores, en comparación con una aplicación de aceite que es quizá el sistema más ampliamente usado hoy día, para no oxidar ni deteriorar de
25 otra manera rápidamente debido a la exposición al sol y al aire, es muy duradero, y proporciona una superficie dura capaz de aceptar cargas de pie y otras cargas ocasionales más pesadas, pueden aplicarse a casi cualquier penetración deseada, siendo la única limitación práctica la económica
30 puesto que entre más cantidad se aplique mayor será la

1 profundidad y permanece flexible. Además, se le puede
impartir a la superficie un color verde agradable, o
cualquier otro color deseado, y no retardará el creci-
miento de las plantas. De hecho, el tratamiento de la
5 superficie de la invención da lugar a un método excelente
para reforestar áreas yermas o estériles.

EJEMPLO Nº 21

En una aplicación específica, se deberán
10 mezclar 50 cc. del producto químico A con 4 o 5 litros
de agua y rociarse sobre cada metro cuadrado del área.
Puede llevarse a cabo el rocío por tiras. En una aplica-
ción se emplearon tiras de una anchura de $2\frac{1}{2}$ metros en
unión con un intervalo de 5 metros de arena sin tratar entre
15 las tiras adyacentes. El movimiento de la arena fue com-
pletamente controlado. La penetración a regímenes mayores
es de aproximadamente de 2 a 3 centímetros en arena de du-
na. Después de uno o dos días de curación se formó una
membrana tenaz y flexible de 2 a 3 centímetros de espesor
20 la cual resiste las condiciones naturales de calor y vien-
to, y retiene suficiente dureza para resistir cargas lige-
ras. La vida útil de la arena tratada se espera ser de
alrededor de 10 años. Este período de vida útil podría
compararse con la vida útil de las capas de productos
25 derivados del petróleo, la cual puede ser de solamente
una décima parte de vida útil.

EJEMPLO Nº 22

La formulación descrita en el Ejemplo 13 se
30 elaboró, junto con semillas. Se aplicó la mezcla resultan-

1 te como en el Ejemplo 13. La masa de tierra resultante no
pudo desplazarse con los vientos y como consecuencia, pudie-
ron germinar las semillas y se pudo establecer una cubier-
ta para el piso. Deberá notarse que la membrana flexible,
5 aún cuando continua no evita la absorción de la humedad
de las lluvias ocasionales sobre la tierra, de manera
que cualquier precipitación que haya se pone a disposición
de las semillas.

Si se desea, las semillas de las plantas
10 que germinan a distintas velocidades pueden incorporarse
en la mezcla. Por ejemplo, pueden incorporarse en la mis-
ma mezcla semillas de pastos de germinación rápida y semi-
llas de plantas de germinación más lenta o plantas que re-
quieran sombra o que crecen mejor en unión con una cubier-
15 ta para el suelo ya establecida. En la primera capa de
germinación puede establecerse pastos de rápido crecimen-
to. En una etapa sucesiva, pueden desarrollarse las plan-
tas de germinación más lenta o las plantas que crecen me-
jor en unión con una capa protectora del suelo estableci-
20 da. Desde luego que pueden proporcionarse etapas adicio-
nales.

Otro campo de aplicación de la invención es
el de beneficio agrícola.

En ciertas áreas de la tierra existente no
25 es adecuada para objetos agrícolas, ya sea porque es de-
masiado porosa de manera que no se pueda aprovechar la
lluvia poco frecuente debido a que se transmina rápida-
mente o simplemente no es arable la tierra.

El sistema de la invención se adaptará
30 particularmente bien para emplearse en unión con el be-

1 neficio agrícola del tipo en que se transponga la tierra
superior de una área a otra área designada con el objeto
de establecer un terreno cultivable en una área en donde
la lluvia, aún cuando por lo general poco frecuente, sea
5 suficiente para levantar una cosecha si se emplea con
substancialmente más eficacia; es decir, si el escurri-
miento de la humedad puede hacerse más lento de manera
que una proporción mayor de la precipitación pueda estar
presente para el objeto de hacer crecer la planta.

10 En este aspecto, una gran área de tierra
floja en una área potencialmente cultivable puede tratar-
se con el producto químico de la invención para formar
una membrana que funciona como una barrera para la absor-
ción del agua. Se seleccionan soluciones del producto
15 químico y agua que proporcionen una porosidad mínima en
la estructura final de la tierra. Posteriormente, la
tierra cultivable se coloca sobre la superficie tratada
hasta cualquier profundidad deseada, y preferentemente
hasta una profundidad ligeramente mayor de la profundi-
20 dad en que la tierra sea trabajada por la labor subsiguien-
te, tal como las acciones del arado y del desgarramiento.
Se emplearán mejor las lluvias subsiguientes en las mismas
puesto que se proporciona una barrera de sepo por la capa
sub-superficial tratada que retiene el agua cerca de la
25 capa cultivable después de recibir la precipitación duran-
te un período de tiempo substancialmente mayor del que se-
ría el caso en ausencia de la capa que forma una barrera
para el agua.

30 Los términos y la descripción empleadas en
la especificación anterior y las Cláusulas anexas a con-

1 tinuación en ésta pretenden tener el mismo significado que
comprenden los ingenieros de caminos y de tierras. En
particular, el término "tierra" se emplea en esta para
significar cualquier material de tierra que se encuentre
5 un ingeniero de caminos en su trabajo, salvo roca y es-
quisto empotrados, definición de que encontrará en el Texto
de Tierras de la PCA (ED007.04S) Asociación del Cemento
Portland, 1973, página 5.

10 Aún cuando se han descrito una formación pre-
ferente de la invención así como varias alternativas, aqué-
llos entrenados en la técnica comprenderán que puede hacer-
se variaciones en relación con las anteriores, y quedan
usos análogos dentro del conocimiento de aquéllos entre-
nados en la técnica. Consecuentemente, se pretende que
15 el alcance de la invención no sea definido por el alcance
de la descripción anterior, sino más bien con la descrip-
ción anterior interpretada a la vista de la técnica perti-
nente.

REIVINDICACIONES

20

25

30 Los puntos de invención propia y nueva, que
se presentan para que sean objeto de esta solicitud de
Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los

1 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

5 1ª.- Un método de preparar una estructura de tierra estabilizada, que comprende las etapas de aplicar una solución ligadora de tierra que contiene un solvente y una cantidad pequeña pero efectiva de un éster de resina epoxi de ácidos grasos insaturados a la tierra, y posteriormente curar la tierra tratada como se ha mencionado con anterioridad exponiéndola a las condiciones climatológicas existentes hasta obtenerse una estructura sólida de auto-soporte capaz

10 de soportar cargas.

2ª.- El método de la reivindicación 1ª, caracterizado además en primer término en que el solvente es agua, y en segundo término en que dicha solución además incluye un agente emulsionante.

15 3ª.- El método de la reivindicación 1ª, caracterizado además en que la solución incluye una cantidad pequeña pero efectiva de un secador.

4ª.- El método de la reivindicación 1ª, caracterizado además en que el éster de resina epoxi es el producto

20 de la reacción de una resina epoxi del tipo de éter glicifílico-bisfenol A, quedando la relación molar de los ácidos grasos respecto a las unidades de bisfenol en la escala de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 1,7.

5ª.- El método de la reivindicación 1ª, caracterizado además en que se determina el contenido de humedad óptimo de la tierra, se desplazan las partículas de tierra a partir de las cuales se vaya a formar la estructura de su posición natural, se mezclan las partículas de tierra desplazadas con la solución ligadora de tierra acuosa que contiene

25 una cantidad pequeña, pero efectiva del éster de resina epoxi

30

1 de ácidos grasos insaturados, se coloca la mezcla de tie-
rra y el ligador en una posición para consolidarse, se con-
solida dicha mezcla de tierra y el ligador, y posteriormen-
5 te se cura la mezcla consolidada de tierra y ligador expo-
niéndola a las condiciones existentes climatológicas hasta
obtenerse una estructura sólida de autoaporte capaz de so-
portar caminos.

6a.- El método de la reivindicación 5a, caracteri-
zado además en que incluye la etapa de aplicar un material
10 de desgaste a la superficie expuesta de la estructura esta-
bilizada.

7a.- El método de la reivindicación 6a, caracteri-
zado además en que incluye la etapa de aplicar un revesti-
miento de tierra a la superficie expuesta superior de la
15 estructura de la reivindicación 6a, consistiendo dicho re-
vestimiento de tierra de una solución de éster de resina
epoxi de ácidos grasos insaturados en un hidrocarburo aro-
mático.

8a.- El método de la reivindicación 1a, caracte-
20 rizado además en que se mezcla una cantidad pequeña pero
efectiva de cemento con la tierra que se vaya a estabilizar,
se aplica la solución ligadora de tierra que contiene un
solvente y una cantidad pequeña pero efectiva del éster de
resina epoxi de ácidos grasos insaturados en la mezcla de
25 tierra y cemento, y posteriormente se cura la mezcla de tie-
rra y cemento tratado como se ha mencionado con antelación
al exponerla a las condiciones climatológicas existentes
hasta obtenerse una estructura sólida de auto-aporte capaz
de soportar cargas.

9a.- El método de la reivindicación 8a, caracteri-

1 zado además en que la solución ligadora de tierra, incluye
un solvente volátil y opcionalmente una pequeña cantidad
pero efectiva de un secador.

5 10a.- El método de la reivindicación 1a, caracte-
rizado además, en primer lugar, en que la tierra está en
forma floja, tal como dunas de arena, y, en segundo lugar,
en que la solución se aplica en forma de un rocío a la tie-
rra floja sujeta a la estabilización, y se cura la tierra
tratada como se ha descrito con antelación exponiéndola a
10 las condiciones climatológicas hasta obtenerse una estructu-
ra sólida de auto-soporte capaz de soportar una carga de
pie.

15 11a.- El método de la reivindicación 1a, caracte-
rizado además, en primer lugar, en que se establece un
recubrimiento de plantas y, en segundo lugar, en que se for-
ma una solución acuosa de ligador para tierra que contiene
semillas y una cantidad pequeña pero efectiva del éster de
resina epoxi de ácidos grasos insaturados, se aplica dicha
solución acuosa ligadora de tierra en forma de rocío a la
20 tierra floja que se vaya a estabilizar, y se cura la tierra
tratada como con anterioridad se explicó, exponiéndola a
las condiciones existentes climatológicas hasta obtenerse
una estructura sólida de auto-soporte capaz de soportar car-
gas, curándose dicha tierra hasta una profundidad suficien-
25 te para mantener dicha estructura sólida de auto-soporte du-
rante un período de tiempo suficiente para dar a lugar a que
germinen dichas semillas.

30 12a.- UN METODO DE PREPARAR UNA ESTRUCTURA DE TIE-
RRA ESTABILIZADA.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-

1 cede y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de sesenta y ocho hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 16. AGO. 1977

P.A.

5

Fernando de Elzaburu
Por Poder.

