

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 470**

21 Número de solicitud: 201100072

51 Int. Cl.:

C09K 17/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22

Fecha de presentación:

24.01.2011

43

Fecha de publicación de la solicitud:

21.08.2012

Fecha de la concesión:

26.04.2013

45

Fecha de publicación de la concesión:

10.05.2013

73

Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
OTRI-PABELLÓN DE BRASIL, PASEO DE LAS
DELICIAS S/N
41012 SEVILLA (Sevilla) ES**

72

Inventor/es:

**GALÁN MARÍN, Carmen y
RIVERA GÓMEZ, Carlos**

54

Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMEROS
ORGÁNICOS NATURALES Y ARMADOS CON FIBRAS ANIMALES.**

57

Resumen:

La presente invención consiste en el procedimiento de estabilización de suelos con polímeros y fibras naturales para producir un material de construcción compuesto, sostenible, no-tóxico y producido con materiales de bajo impacto medioambiental. El procedimiento comprende la selección del suelo, del formato de presentación del aglutinante (seco o en disolución), la selección del tamaño y proporción de las fibras según las particularidades resistentes/aislantes y el formato del producto específico, y por último el mezclado, compactación, deshidratación y curado. El producto obtenido mediante dicho procedimiento reduce los costes de producción, es competitivo mecánicamente y contribuye al ahorro energético, facilitando la deconstrucción sin aportar residuos contaminantes al suelo.

ES 2 386 470 B1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales

5 Objeto de la invención

La presente invención consiste en el procedimiento de estabilización de suelos con polímeros y fibras naturales para producir un material de construcción compuesto, sostenible, no-tóxico y producido con materiales de bajo impacto medioambiental. El procedimiento comprende la selección del suelo, del formato
10 de presentación del aglutinante (seco o en disolución), la selección del tamaño y proporción de las fibras según las particularidades resistentes/aislantes y el formato del producto específico, y por último el mezclado, compactación, deshidratación y curado. El producto obtenido mediante dicho procedimiento reduce los costes de producción, es competitivo mecánicamente y contribuye al
15 ahorro energético, facilitando la deconstrucción sin aportar residuos contaminantes al suelo.

Estado de la técnica

La tierra sin tratar fue uno de los primeros materiales de construcción que utilizó la
20 humanidad. Los ejemplos más antiguos se encuentran en viviendas de Oriente Próximo de hace entre 11.000 y 12.000 años [Atzeni C, Pia G, Sanna U, Spanu N. Surface wear resistance of chemically or thermally stabilized earth-based materials. Mater Struct 2008;41:751–8.]. En restos arqueológicos del siglo XIV a. C., localizados en Cerdeña (Italia), también se ha hallado material terroso,
25 mezclado con plantas o guijarros, con fines resistentes. Hoy en día se sigue utilizando en numerosas partes del mundo como material de construcción.

En muchos países en desarrollo, donde las tecnologías modernas son simplemente demasiado costosas de implementar, sigue siendo un importante material de construcción [Olotuah AO. Recourse to earth for low-cost housing in
30 Nigeria. Build Environ 2002;37(1):123–9]. La tierra apisonada moderna (tapial) despierta mucho interés en todo el mundo como un material de construcción alternativo y altamente sostenible [Rael R. Earth architecture. New York: Princeton Architectural Press; 2009. ISBN 121110094321]. Este interés en los últimos años, ha alcanzado un considerable nivel en Estados Unidos y Australia Occidental,
35 impulsado por su redescubrimiento como un material de construcción ecológica

[Hall M, Djerbib Y. Rammed earth sample production: context, recommendations and consistency. *Constr Build Mater* 2004;18:281–6].

La principal desventaja de la tierra cruda es su higroscopicidad. Por esto la mayoría de los edificios de tierra se encuentran en regiones áridas donde la pluvionetría es baja. El propósito de estabilizar materiales basados en tierra es mejorar sus propiedades mecánicas y su resistencia a los efectos del agua mediante la adición de fibras y/o conglomerantes artificiales.

Los materiales de arcilla ofrecen una alternativa sostenible y saludable a materiales de albañilería convencionales, tales como los ladrillos cocidos y el hormigón. Sus beneficios ambientales incluyen una reducción considerable de la energía empleada en el proceso de fabricación, masa térmica y la regulación de la humedad.

Hay muchas referencias existentes sobre el interés en Reino Unido sobre técnicas de construcción de la tierra y ladrillos sin cocer. Hoy en día se utilizan ladrillos sin cocer y sus características mecánicas pueden encontrarse en [Morel JC, Pkila A, Walker P. Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Constr Build Mater* 2007;21:303–9]. Las características de los ladrillos sin cocer son mejoradas agregando estabilizadores como cemento [Walker PJ. Strength, durability and shrinkage characteristics of cement stabilised soil blocks. *Cem Concr Compos* 1995;17:301–10]. Varios estudios científicos analizan diversos aspectos del aislamiento térmico [Oti JE, Kinuthia JM, Bai J. Design thermal values for unfired clay bricks. *Mater Des* 2010;31:104–12] [Goodhew S, Griffiths R. Sustainable earth walls to meet the building regulations. *Energy Build* 2005;37:451–9.], [Hall M, Allinson D. Assessing the effects of soil grading on the moisture content-dependent thermal conductivity of stabilised rammed earth materials. *Appl Therm Eng* 2009;29:740–7], pero todos ellos subrayar las ventajas medioambientales asociadas a este tipo de materiales de construcción [Oti JE, Kinuthia JM, Bai J. Energy-saving and CO2 emission: how unfired claybased building materials development in the UK can contribute. In: *Proceedings of the 1st international conference on industrialised, integrated, intelligent construction (I3CON)*, Loughborough, UK, 14–16 May; 2008].

Los antecedentes más relacionados con esta invención implican agregados tóxicos para el suelo que complican enormemente los procesos de deconstrucción y reciclaje de estos materiales por el grado de contaminación inherente a los

mismos. Por otro lado la mayor parte de productos usados hasta la fecha como aglutinante del suelo son más costosos energéticamente, lo cual implica una merma de sus posibilidades de ahorro en toneladas de CO₂ emitido por tonelada de producto final. Los principales agregados en este sentido son los cementos,
5 las cales, las cenizas volantes y las resinas sintéticas.

Respecto a las fibras usadas como armadura en tales productos se pueden englobar en dos grupos: las sintéticas o semisintéticas como las fibras de vidrio, las de celulosa y las de poliéster, las cuales implican elevados costes medioambientales y energéticos; y las naturales, en general de origen vegetal,
10 como el cáñamo, el sisal, el yute, la fibra de coco y la de lino, las cuales presentan mayor higroscopicidad y parámetros de envejecimiento más acelerados.

En España, desde diciembre de 2008 está publicada la Norma UNE 41410 [1] con el título "Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo" que permite la utilización de estos
15 materiales.

El objeto de esta invención es la elaboración de ladrillos reforzados con lana, de tal forma que se obtiene un compuesto más sostenible, no tóxico, que emplea materiales locales abundantes y mejora su resistencia mecánicamente.

20 **Descripción de la invención**

La presente invención consiste en el procedimiento de estabilización de suelos con polímeros y fibras naturales para producir un material de construcción compuesto, sostenible, no-tóxico y producido con materiales de bajo impacto medioambiental. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 25 a) selección del suelo y determinación de su comportamiento en relación a su potencial absorción de agua;
- b) selección del formato de presentación del aglutinante (seco o en disolución);
- c) selección del tamaño y proporción de las fibras según las particularidades resistentes/aislantes y formato del producto específico; d) mezclado.
- 30 e) compactación.
- f) deshidratación.
- g) curado.

La mezcla de productos arcillosos y/o semejantes con el agua, puede dar lugar a fisuraciones, alabeos y deformaciones. Pues bien, el objeto de la presente

invención, es el de solventar esas características alteraciones de volumen en la mezcla con un material natural: la lana, que en pequeña proporción funciona como armadura interna, mejorando la resistencia a flexión y facilitando las reacciones de secado e incluso reduciendo temporalmente este proceso. Las
5 tradicionales armaduras de fibras sintéticas, semisintéticas o naturales se sustituyen en la presente invención por fibras animales de lana, que se obtienen principalmente de la piel de la oveja y el cordero domésticos. También existen otros animales a partir de los cuales se fabrica lana, tales como: la alpaca, el camello, el guanaco, la cabra de cachemira, el conejo de angora, la llama, la
10 vicuña, la cabra mohair y el yak. Químicamente, la lana es una fibra de proteína llamada queratina, que se caracteriza por su finura, elasticidad (se puede alargar hasta un 50% de su longitud sin romperse) y aptitud para el afieltrado. Estas características se deben a que la superficie externa de las fibras que la forman está constituida por escamas muy pequeñas, abundantes y puntiagudas que sólo
15 están fijadas por su base y encajadas a presión. Dependiendo del tipo de lana (según el animal del que proviene) las escamas varían en la finura y crispado (rizo) de la fibra, lo cual le proporciona más o menos elasticidad y resistencia. La elasticidad y la resistencia hacen que esta fibra se deforme menos que otras fibras naturales. Estas particularidades le permiten ser utilizada preferentemente como
20 fibra textil, además de su ligereza y sus propiedades aislantes.

Las fibras de lana usadas en la invención no se tratan químicamente con detergentes, utilizando su natural impregnación de sebo animal (el cual varía entre un 15% y un 75% de su peso total), como hidrofugante para mejorar su comportamiento frente a la humedad.

25 En cuanto al aglutinante se utiliza un polímero orgánico completamente natural obtenido del procesado de determinadas especies de algas marinas que proliferan en los océanos. Las algas marrones o pardas de la familia de las "feofíceas" constituyen la materia prima principal en la producción de alginato, el cual es un
30 polisacárido contenido en la pared celular de tales organismos y se encuentra formando un complejo insoluble de ácido algínico, sales minerales y metales alcalinos en diversas proporciones. Estas algas crecen en todas las regiones de aguas frías del mundo, en los hemisferios norte y sur, destacando la *Laminaria hyperborea*, que prolifera en las costas de Noruega, donde incluso se recoge en
35 forma mecanizada en aguas poco profundas, y que existe también en el Cantábrico, la *Laminaria digitata*, presente en el Cantábrico, la *Laminaria*

japonica, que se cultiva en China y Japón, la *Macrocystis pyrifera*, de aguas del Pacífico, y algunas especies de los géneros *Lessonia*, *Ecklonia*, *Durvillaea* y *Ascophyllum*. Todas estas algas contienen entre el 20% y el 30% de alginato sobre su peso seco. Esta sustancia no es nueva, aunque sí su uso en el sector de la construcción, utilizándose habitualmente en la industria alimentaria, farmacéutica, médica, textil e industrial. Sus principales ventajas son su abundancia y el que, como polímero natural, es absolutamente biodegradable.

Como aditivo fluidificante de la mezcla para mejorar la trabajabilidad en las consistencias inicialmente más secas, se utiliza lignum sulfonato cálcico. El cual se trata de una resina vegetal de textura viscosa y tono marrón a ámbar, soluble en el agua pero insoluble en disolventes orgánicos. Lignum es un componente de la madera y es extraído durante la producción de celulosa. El lignum sulfonato cálcico y resto de derivados del lignum están basados en esta materia prima natural.

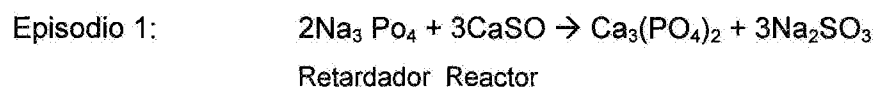
Test mecánicos llevados a cabo utilizando arcillas, alginato como ligante y lana de oveja como fibra de refuerzo muestran que la estabilización con alginato y el refuerzo con fibra animal producen un incremento de la resistencia a compresión superior al 37% frente a los sistemas convencionales. Las piezas obtenidas son macizas, no cocidas pero secadas al aire, por lo cual son más transpirables y consumen poca energía en su fabricación.

Modo de realización de la invención

- A continuación se describe una experiencia tipo y no limitativa de la invención:
- a) Selección del suelo y determinación de su comportamiento en relación a su potencial absorción de agua: aunque cualquier suelo con un elevado contenido en arcillas es susceptible de formar parte del material descrito en la presente invención, se ha comprobado que el comportamiento resistente final del producto depende de manera directa del valor del Índice de plasticidad del grupo o grupos arcillosos predominantes en el suelo. Cuando este valor es alto (superior a 14) la consistencia inicial es más seca y los parámetros relativos al curado, tales como los porcentajes de contracción y porosidad, se reducen, lo cual implica un incremento de la compacidad y de las resistencias mecánicas finales. En cualquier caso esta fase previa sirve para determinar la dosificación de ingredientes líquidos

tanto por parte de la adición de alginato líquido como la de agua en el caso de alginato en polvo en función de las características del suelo de partida.

b) Selección del formato de presentación del aglutinante (seco o en disolución): De esta elección depende no sólo una variación en los subsiguientes procesos de mezclado y compactación, sino diferentes comportamientos mecánicos e hídricos en el material final. En el caso del uso de alginato en disolución (usualmente alginato sódico, $C_5H_7O_4COONa$) en un rango de concentración que varía entre el 0,1% y el 1,5% en agua, el cálculo de la dosificación se establece en base a la proporción de agua del mismo aglutinante. De dicho porcentaje se deduce la cantidad de agua necesaria para la humectación de la fibra de lana en aquellas dosificaciones en que se recurra a esta humectación previa. Los rangos de dosificación en peso en el caso de aglutinante líquido son los siguientes: suelo (del 75% al 85%), alginato líquido (del 23,5% al 12,5%), lignum (del 0,2% al 0,7%), fibra de lana (del 1,5% al 0,2%) y agua (del 1,5% al 0,2%). En el caso del uso del alginato en polvo, debido a la reducción de los tiempos de gelación, las fases de mezclado y compactación se verifican de forma específica para este formato. En cualquier caso se usan alginatos en polvo con tiempos de trabajabilidad y fraguado altos (superiores a 3 minutos). En este caso, la necesidad de que el agua sea añadida en su total independientemente del alginato, modifica no sólo las dosificaciones de la misma sino su propia temperatura, que no debe exceder de 15°C, con objeto de extender el tiempo de mezcla y no acelerar el de fraguado. La presentación en polvo del ácido algínico (alginato soluble de sodio o de potasio) implica el uso de un reactor (sulfato de calcio dihidratado) y de un retardador (fosfato trisódico). En este caso las proporciones entre el alginato y el agua son fundamentales para la consistencia final del producto (un exceso de agua disminuye la resistencia y aumenta el tiempo de gelación, un defecto de agua reduce la resistencia y acorta los tiempos de gelación). La reacción química se produce en dos episodios:



35 INSOLUBLE

Los rangos de dosificación en peso en el caso de aglutinante en polvo son los siguientes: suelo (del 75% al 85%), alginato en polvo + retardador + reactor (del 9% al 5,3%), lignum (del 0,2% al 0,7%), fibra de lana (del 1,5% al 0,2%) y agua (del 15,5% al 9,3%).

5

c) Selección del tamaño y proporción de las fibras según las particularidades resistentes/aislantes y formato del producto específico. En aquellos productos, generalmente bloques, donde primen las características resistentes a flexión y compresión se utilizarán las dosificaciones menores de lana (de 0,5% a 0,2%) y, en aquellos otros donde se desee un incremento de los factores de aislamiento térmico, generalmente paneles, se utilizarán los rangos superiores de la dosificación de lana (de 1,5% a 0,5%). Las fibras de lana se emplean cortadas sin tratar en un rango de dimensión que oscila entre los 40mm. y los 10mm.

10

d) Mezclado. El mezclado se verifica en mezcladora mecánica. Las diferencias principales entre las mezclas de alginato líquido y en polvo se refieren tanto a los tiempos como a las peculiaridades del propio mezclado. En el caso de alginato líquido la mezcla implica el total de ingredientes y los tiempos de mezclado, que no deben superar los 5 minutos. En el caso de alginato en polvo se da una fase de premezcla de ingredientes secos y un mezclado conjunto, una vez añadida el agua, que no debe superar los 3 minutos.

15

20

e) Compactación. La compactación se hace mediante apisonado mecánico, en ocasiones precedido del empleo de mesa vibradora. La diferencia fundamental en los casos de alginato líquido y en polvo estriba en el tiempo total de compactación, inferior a 10 minutos para el primer caso y a 4 minutos para el segundo.

25

f) Deshidratación. Esta fase es específica para las mezclas que usen alginato líquido y consiste en el secado de las piezas en estufa a 50^oC durante un tiempo comprendido entre los 90 y 60 minutos.

30

g) Curado. El curado total de las piezas se hace en un ambiente seco, con humedad relativa inferior al 60% y a una temperatura de 22 a 25^oC. Los tiempos totales de curado oscilan en un rango de entre 24 y 150 horas, según el tipo de suelo, formato del aglutinante y características de la dosificación. En el caso de piezas planas el curado se verifica bajo presión

35

con el objeto de minimizar el alabeo de las piezas y mejorar la compacidad resultante.

Reivindicaciones

- 5 1. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- 10 a) Selección del suelo y determinación de su comportamiento en relación a su potencial absorción de agua.
- b) Selección del formato de presentación del aglutinante (seco o en disolución).
- 15 c) Selección del tamaño y proporción de las fibras según las particularidades resistentes/aislantes y formato del producto específico.
- d) Mezclado.
- e) Compactación.
- f) Deshidratación.
- g) Curado.
- 20 2. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicación 1, caracterizado porque el índice de plasticidad del grupo o grupos arcillosos predominantes en el suelo debe tener un valor superior a 14 para una mayor compacidad y resistencia mecánica finales.
- 25 3. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicación 1, caracterizado por el uso de alginato seco ó en disolución, preferentemente alginato sódico, como polímero orgánico; lana animal como fibra de armadura, con un tamaño que oscila entre los 10mm y los 40mm, y lignum sulfonato cálcico como aditivo fluidificante.
- 30 4. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el mezclado con alginato líquido tiene una composición en peso de: suelo (75% al 85%), alginato líquido (23,5% al
- 35

12,5%), lignum (del 0,2% al 0,7%), fibra de lana (del 1,5% al 0,2%) y agua (1,5 al 0,2%), y un tiempo de mezclado no superior a 5 minutos.

- 5
5. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el mezclado con alginato en polvo tiene una composición en peso de: suelo (75% al 85%), alginato en polvo (9% al 5,3%), lignum (del 0,2% al 0,7%), fibra de lana (del 1,5% al 0,2%) y agua (15,5% al 9,3%), y un tiempo de mezclado no superior a 3 minutos.
- 10
6. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la compactación se realiza mediante apisonado mecánico y en mesa vibradora, con un tiempo total de compactación, inferior a 10 minutos cuando el alginato es líquido y a 4 minutos cuando es en polvo.
- 15
7. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la deshidratación cuando el alginato es líquido consiste en el secado de las piezas en estufa a 500°C durante un tiempo comprendido entre los 90 y 60 minutos.
- 20
8. Procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros orgánicos naturales y armados con fibras animales según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el curado total de las piezas se realiza en un ambiente seco, con humedad relativa inferior al 60% y a temperatura de 22° a 250°C, durante un tiempo de curado que oscila entre 24 y 150 horas.
- 25



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②¹ N.º solicitud: 201100072

②² Fecha de presentación de la solicitud: 24.01.2011

③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **C09K17/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	GALAN-MARIN et al, Effect of animal fibres reinforcement on stabilized earth mechanical properties, Journal of biobased materials and bioenergy, vol. 4, páginas 121-128, 2010.	1-8
X	GALAN-MARIN, et al, Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre, Construction and building materials, vol. 24, páginas 1462-1468, 2010.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
29.11.2011

Examinador
M. Ojanguren Fernández

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C09K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.11.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 5-8	SI
	Reivindicaciones 1-4	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-8	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Numero Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	GALAN-MARIN et al, Effect of animal fibres reinforcement on stabilized earth mechanical properties, Journal of biobased materials and bioenergy, vol. 4, páginas121-128, 2010.	2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la presente invención es un procedimiento para la estabilización de suelos arcillosos con polímeros naturales y armados con fibras animales que comprende las etapas de: selección del suelo, selección del aglutinante y de las fibras, mezclado, compactación, deshidratación y curado. En la reivindicación dependiente 3 se concreta que el polímero natural es alginato, las fibras son de lana y además de usa lignum sulfonato cálcico como aditivo fluidificante.

El documento D1 divulga un procedimiento de estabilización de suelos arcillosos con alginato sódico y fibras de lana de oveja usando además lignum como aditivo (ver tabla IV).

Por lo tanto, a la vista de este documento las reivindicaciones 1 a 4 de la presente solicitud carecen de novedad y actividad inventiva (art. 6.1 y 8.1 LP).

En cuanto a las reivindicaciones dependientes 5 a 8 de la presente solicitud relativas a las condiciones de operación de procedimiento, se consideran meras cuestiones prácticas obvias para un experto en la materia y por tanto dichas reivindicaciones carecen de actividad inventiva (art. 8.1 LP).