

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 486**

51 Int. Cl.:

**C03B 37/06** (2006.01)

**C03C 13/06** (2006.01)

**C03C 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2011 PCT/US2011/031555**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2011 WO11130090**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2011 E 11715357 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 2558425**

54 Título: **Lana mineral a partir de materiales reciclables**

30 Prioridad:

**12.04.2010 US 323164 P**

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

**02.03.2020**

73 Titular/es:

**USG INTERIORS, LLC (100.0%)  
550 West Adams Street  
Chicago, IL 60661-3676, US**

72 Inventor/es:

**BROWN, MARTIN, W.**

74 Agente/Representante:

**RIZZO , Sergio**

**ES 2 745 486 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Lana mineral a partir de materiales reciclables

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

5 **[0001]** La presente invención hace referencia a lana mineral sintética, a un procedimiento de formación de la misma y a un panel acústico que comprende dicha lana mineral.

**[0002]** La lana mineral es una fibra hecha a partir de minerales naturales o sintéticos u óxidos metálicos. Las aplicaciones industriales de la lana mineral incluyen el aislamiento térmico, la filtración y la insonorización.

10 **[0003]** El proceso de fabricación de la lana mineral, por lo general, implica la combinación de un número de ingredientes, también denominados componentes o materiales de partida, en un horno, tal como un cubilote. Los ingredientes tradicionales incluyen escorias de alto horno, minerales vírgenes y coque como combustible. Una técnica de fabricación supone el calentamiento del horno a una temperatura alta, por ejemplo, del orden de 1400-2000 °C y, preferiblemente, 1600 °C, de tal forma que cambia de fase o derrite los ingredientes para formar un líquido, y el soplado de una corriente de aire o vapor a través del líquido con un hilador de ruedas, como se conoce en la técnica. El producto final es una masa de fibras finas, entrelazadas y no tejidas.

15 **[0004]** En la lana mineral tradicional, los componentes normalmente se seleccionan y se adecuan de tal forma que se mantiene una proporción ácido-base (A/B) objetivo de las fibras constituyentes. La proporción A/B es un parámetro clave, puesto que indica la solubilidad de la fibra o la facilidad con que se disuelven las fibras en fluidos corporales, tales como la sangre y la saliva. Esta es una característica importante por motivos relacionados con la salud humana, porque es probable que estos materiales entren en contacto con los humanos como resultado de su utilización en materiales de construcción.

20

**[0005]** Algunos ejemplos de minerales vírgenes utilizados tradicionalmente como materiales de partida en la producción de lana mineral son la cuarcita y el granito. En algunos casos, los minerales vírgenes constituyen una proporción relativamente alta de los materiales de partida (peso en seco). La utilización de dichos minerales vírgenes en la producción de lana mineral es, en la actualidad, menos deseable debido a la tendencia en el sector de la construcción hacia la conservación de los recursos y el reciclaje de los materiales.

25

**[0006]** En el documento de patente DE 19840497, se da a conocer una fibra mineral que contiene más de un 80 % de óxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de calcio y óxido de magnesio. La proporción molar de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y CaO + MgO es de 0,75 a 1,68.

**SUMARIO**

30 **[0007]** Las reivindicaciones definen la presente invención.

**[0008]** Las cuestiones indicadas anteriormente sobre la lana mineral tradicional son abordadas por la presente lana mineral y el procedimiento de producción relacionado. Mediante la sustitución del mineral natural o virgen por materiales reciclables, se ha incrementado el valor medioambiental de la presente lana mineral de forma considerable en comparación con la lana mineral tradicional. En la presente lana mineral, los materiales de construcción reciclados tales como el hormigón, las astillas de ladrillo, los residuos de vidrio, la escoria de horno y similares sustituyen a los minerales vírgenes, tales como la cuarcita y el granito. La coalición sin ánimo de lucro estadounidense U.S. Green Building Council, con sede en Washington, D.C., así como su programa Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) incentivan la utilización de materiales reciclables. Al contribuir a una clasificación de LEED mayor, la presente lana mineral mejora la imagen pública positiva de este material de construcción común. Los productos fabricados con la presente lana mineral mejorada, o lana fibrosa, también presentan un valor añadido debido a la capacidad del producto de mejorar la clasificación de LEED de un edificio.

35

40

**[0009]** Más específicamente, se da a conocer una lana mineral que incluye material reciclado y que presenta una proporción ácido-base dentro de un rango específico. Asimismo, se da a conocer un procedimiento de formación de la lana mineral, que incluye la selección de un material reciclable, la combinación de una pluralidad de materiales de partida, incluido el material reciclable, y el procesamiento de los materiales de partida combinados para formar la lana mineral con una proporción ácido-base dentro de un rango específico. En las etapas de procesamiento general, se incluye el calentamiento de los materiales de partida combinados para formar un líquido, así como el soplado del líquido a medida que se enfría para formar el material de lana mineral.

45

50 **[0010]** El proceso anterior también es conocido como "hilado" de la lana mineral. La lana mineral también puede denominarse "hilado", "lana hilada" o "fibras hiladas".

**[0011]** También se da a conocer un panel acústico con unas propiedades de absorción del sonido deseables. También conocido como placa o panel acústicos para cielo raso, el presente panel está hecho a partir de la presente lana mineral.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 **[0012]** En las tablas 2 a 21, se proporciona información útil para comprender la invención.

**[0013]** Se da a conocer una lana mineral que incluye un material reciclado que sustituye los minerales vírgenes. Debido a la incorporación del material o los materiales reciclado(s), la presente lana mineral ha obtenido una calificación LEED alta, de tal manera que se proporciona una mejora deseable en comparación con la lana mineral tradicional. Preferiblemente, los materiales reciclables, también denominados reciclables, para la  
10 fabricación de una lana mineral con un LEED alto incluyen, pero sin carácter limitativo, escoria, hormigón postconsumo, astillas de ladrillo, residuos de vidrio, arena de fundición y combinaciones de estos materiales.

**[0014]** La utilización de materiales reciclables en la producción de lana mineral para fabricar la presente lana mineral es deseable, puesto que ayuda a conservar los recursos de materia prima, suele consumir mucha menos energía que la extracción y el procesamiento de minerales vírgenes u otros recursos naturales y ayuda a evitar que los materiales utilizables se conviertan en un problema de desecho o de contaminación. Los materiales reciclables abarcan los materiales postindustriales y postconsumo. Normalmente, se cree que el reciclaje de material postindustrial es menos respetuoso con el medio ambiente porque, de manera indirecta, incentiva procesos de fabricación poco eficaces que producen residuos. Sin embargo, en general, se prefiere el uso de materiales reciclables en términos ecológicos frente a los minerales vírgenes o recursos naturales.

20 **[0015]** La viabilidad de aplicar materiales reciclables a la producción de lana mineral es sorprendente si se tiene en cuenta la naturaleza compuesta y las características dispares de diversos materiales reciclables y sus componentes. En la presente lana mineral y proceso de producción relacionado, los materiales reciclables postindustriales y postconsumo constituyen una mayoría de los ingredientes de partida. También pueden incluirse pequeñas cantidades de mineral virgen, aunque preferiblemente este recurso natural se sustituye  
25 totalmente por los materiales reciclables. La lana mineral resultante tiene un alto contenido de material reciclado, lo que hace que el presente producto sea más deseable que la lana mineral tradicional.

**[0016]** En la presente solicitud, "postindustrial" hace referencia a materiales reciclables obtenidos a partir de residuos de fabricación. Los materiales de chatarra que pueden reciclarse en sus procesos de generación respectivos no pueden calificarse como materiales reciclables. Los materiales reciclables "postconsumo" se definen como materiales de residuos generados en los hogares o en instalaciones comerciales, industriales e institucionales en su función como consumidores de un producto que ya no puede volver a utilizarse para su fin previsto. Los materiales postconsumo incluyen hormigón obtenido a través de la reconstrucción de carreteras o la demolición de edificios. La certificación LEED fomenta las prácticas de diseño y construcción que aumentan la rentabilidad al tiempo que reducen los impactos medioambientales negativos de los edificios y mejoran la salud y el bienestar de los residentes.

**[0017]** Tal y como se ha analizado anteriormente, la proporción ácido-base es un parámetro objetivo de la producción de lana mineral. La proporción ácido-base (A/B) de la presente lana mineral se define por la proporción de óxido de aluminio y sílice, y de óxido de calcio y óxido de magnesio.

$$\frac{Al_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO}$$

40 **[0018]** La presente lana mineral está pensada para presentar una proporción A/B que caiga dentro de un rango especificado. Se analizan los componentes individuales para conocer sus composiciones químicas, a partir de las cuales puede calcularse la composición química de los materiales de partida en su totalidad. La proporción A/B se encuentra en un rango de 1,0 a 1,5, preferiblemente, entre 1,01 y 1,15. Más preferiblemente, se prefiere que la proporción A/B caiga dentro de un rango de 1,0 a 1,3. Más preferiblemente, la proporción A/B se encuentra dentro de un rango de 1,0 a 1,2.

**[0019]** El contenido de humedad del hormigón postconsumo, también denominado pérdida por ignición (LOI, por sus siglas en inglés) no impide su utilización como ingrediente de la lana mineral. En algunos casos, el hormigón presenta un valor LOI que puede ascender al 32 %. Tal y como se muestra en la tabla 2, este LOI es superior, en dos órdenes de magnitud, a los otros materiales de partida habituales. El motivo exacto de este LOI es desconocido, pero puede deberse a la pérdida de agua ligada en el hormigón o materiales de calcinación en el mismo hormigón.

**[0020]** Tradicionalmente, los fabricantes de lana mineral evitan utilizar materiales compuestos, tal como el hormigón, debido a su naturaleza considerada como inestable. De forma sorprendente, se ha descubierto que el

hormigón postconsumo es satisfactoriamente estable y muy eficaz como modificador del valor LEED RC. Los productores de lana mineral, por lo general, también evitan los materiales que incluyen altos porcentajes de partículas "finas" o más pequeñas, que tienden a obstruir los cubilotes y dificultan la producción. Se prefiere que el hormigón postconsumo del presente producto y procedimiento incluya una cantidad suficiente de partículas de hormigón con una longitud de aproximadamente entre 5 y 10 cm (2" a 4") y un ancho de aproximadamente entre 7,5 y 15 cm (3" a 6") para adaptarse a los cubilotes sensibles al tamaño de partícula. Sin embargo, la presente lana mineral y procedimiento de fabricación no se limitan a funcionamientos en cubilote. Por ejemplo, también se consideran adecuados los funcionamientos en un horno eléctrico o en un horno de fusión de combustión sumergida, y unos tamaños de partícula más pequeños, incluidos los finos, también serían aceptables entonces.

- 10 **[0021]** Los materiales de partida incluyen escoria de horno, astillas de ladrillo obtenidas a partir de fuentes postconsumo y/o postindustriales, residuos de vidrio, arena de fundición, minerales vírgenes y sus combinaciones. Algunos minerales vírgenes adecuados incluyen cuarcita y granito, obtenidos a partir de formaciones geológicas. Los minerales vírgenes también pueden denominarse minerales de roca natural u oligoelementos. En la tabla 1, se indican los materiales de partida, junto con el porcentaje de peso en seco que constituye cada material de partida.

Tabla 1

Material de partida	Porcentaje de peso en seco
Hormigón postconsumo	al menos 13 %, preferiblemente 13-84 %
Escoria de horno	al menos 20 %, preferiblemente 20-90 %
Astillas de ladrillo (postconsumo y/o postindustrial)	5-12 %
Minerales vírgenes	2-4 %
Residuos de vidrio	10-30 %
Arena de fundición	5-22 %

- 20 **[0022]** En la tabla 2, se muestra el análisis de óxido de las muestras de hormigón postconsumo de Vulcan Materials Company, situada en Lake Bluff, Illinois, y de ladrillo postconsumo vendido con la identificación de astillas de ladrillo "A", de FeHog LLC Environmental Services de Chicago, Illinois. También se muestra el análisis de óxido de otros materiales de partida que se contemplan como factibles en la producción de la presente lana mineral, incluidos los residuos de vidrio y la arena de fundición.

- 25 **[0023]** Los residuos de vidrio se encuentran en muchas formas, colores, composiciones químicas y grados. Las fuentes incluyen cualquier sector de fabricación relacionado con el vidrio, reciclaje comercial o industrial y recogida de residuos urbanos. Preferiblemente, los presentes residuos de vidrio son un material reciclable postconsumo, puesto que este proporciona la mayor contribución al cálculo del crédito LEED RC.

- 30 **[0024]** La composición química es el criterio fundamental para la selección del residuo de vidrio como material de partida para la presente lana mineral. Se analizó vidrio transparente de un flujo de material reciclable residencial y se espera que sea un material adecuado. El vidrio marrón también se contempla como material de partida. Se evita el vidrio Pyrex, el vidrio borosilicato, los espejos y el cristal debido a sus composiciones químicas, que incluyen boro.

- 35 **[0025]** Los residuos de arena de fundición son un producto derivado del proceso de moldeado en fundición de metales ferrosos y no ferrosos. La mayoría, hasta un 95 % de este material se genera a partir del proceso de moldeado ferroso. El sector del automóvil y sus proveedores son los principales generadores de este material. Se llevaron a cabo cálculos de composición química y proporciones A/B de acuerdo con procedimientos descritos en la presente memoria, con moldes de fundición pulverizados de Resource Recovery Corporation de Estados Unidos, Coopersville, Míchigan. Se espera que este material sea compatible con la presente producción de lana mineral. Se prefieren los moles enteros para funcionamientos en cubilote.

Tabla 2

Compuesto de óxido	Astillas de ladrillo postindustrial	Astillas de ladrillo postconsumo	Hormigón postconsumo	Escoria	Residuos de vidrio	Arena de fundición	Granito	Cuarcita
SiO <sub>2</sub>	63,14	49,55	21,83	36,8	71,45	91,84	71,52	97,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,25	44,26	2,79	9,26	2,11	2,74	14,54	1,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,95	1,59	1,75	0,25	0,08	1,23	2,41	0,49
MgO	0,69	0,44	12,20	12,0	0,07	0,18	0,37	0,01

Compuesto de óxido	Astillas de ladrillo postindustrial	Astillas de ladrillo postconsumo	Hormigón postconsumo	Escoria	Residuos de vidrio	Arena de fundición	Granito	Cuarcita
CaO	0,19	0,16	27,67	39,2	11,52	0,28	1,72	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,23	0,14	0,35	0,34	13,04	0,35	3,05	0,05
K <sub>2</sub> O	2,46	1,18	0,55	0,36	0,19	1,01	5,58	0,03
TiO <sub>2</sub>	1,80	2,15	0,16	0,58	0,08	0,06	0,26	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,12	0,05	0,01	0,03	0,01	0,08	0,01
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,07	0,52	0,01	0,02	0,03	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
LOI	0,31 %	0,21 %	32 %	0 %	0,18 %	2,19 %	0,36 %	0,39 %
Proporción A/B	103,85	156,35	0,62	0,9	6,3	206	41,18	4942,50

5 **[0026]** Tal y como se muestra en la tabla 2, el material de hormigón postconsumo presenta una proporción A/B inferior a 1, que es similar a la escoria. Para utilizar el hormigón postconsumo y permanecer dentro del rango de proporción A/B deseado de 1,00 y 1,20, se utiliza preferiblemente una combinación de cuarcita y/o astillas de ladrillo para equilibrar la composición química de lana mineral resultante. Composición química de lana mineral es un término que indica la proporción ácido-base (A/B) del material de lana fibrosa hilada. En el presente proceso de fabricación, se llevan a cabo diversas etapas para obtener una proporción deseada.

10 **[0027]** La proporción A/B de las astillas de ladrillo supera el 100. Por lo tanto, una cantidad relativamente pequeña de astillas de ladrillo en los materiales de partida mantiene la proporción A/B objetivo cuando se utilizan grandes cantidades de escoria, hormigón u otros materiales con una proporción A/B baja. El presente material de partida de astillas de ladrillo postconsumo potencialmente reduce la cantidad de hormigón postconsumo necesaria para hacer mejoras significativas en el valor de contribución reciclada LEED (LEED RC, por sus siglas en inglés) de la lana mineral.

15 **[0028]** Al aumentar los materiales de partida y, en particular, sustituir los minerales vírgenes por materiales reciclables, preferiblemente, hormigón postconsumo, astillas de ladrillo postconsumo o una combinación de estos, la lana mineral producida por el presente procedimiento aumenta el LEED RC atribuible al producto de lana mineral final. Los créditos LEED se calculan con la fórmula siguiente:

$$\text{LEED RC} = X + (0.5 \times Y).$$

20 En esta fórmula, LEED RC es la contribución reciclada LEED, normalmente conocida como créditos LEED, la X representa el porcentaje del contenido reciclado postconsumo y la Y representa el porcentaje del contenido reciclado postindustrial. Es preferible utilizar hormigón postconsumo de origen local obtenido a partir de proyectos de demolición de edificios y de carreteras, hormigón reciclado, hormigón preparado (esto es, triturado, lavado y normalizado), o similares. El hormigón "preparado" representa una fuente abundante/consistente disponible mayormente a lo largo del país (es decir, especificación IDOT, ASTM D-448-08).

25 **[0029]** En las tablas 3-4, se indican diversas proporciones de materiales de partida que está previsto que den como resultado un producto de fibra de lana mineral con una proporción A/B adecuada. Los porcentajes se expresan en peso seco. Se utilizó la herramienta Solver Add-In® para el programa de hoja de cálculo Microsoft Excel® para calcular los valores de la tabla 3 a partir de las limitaciones teóricas establecidas de acuerdo con las proporciones A/B deseadas y los análisis de óxido conocidos. Los materiales de partida que se muestran en las tablas 3 y 4 incluyen astillas de ladrillo postindustriales, hormigón postconsumo reciclable, escoria y cuarcita de mineral virgen.

30

Tabla 3

Fórmula	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Cuarcita	Proporción A/B	LEED RC
Actual	2,2 %	0,0 %	94,0 %	3,8 %	1,020	48,1

Fórmula	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Cuarcita	Proporción A/B	LEED RC
Máx. teórico	13,2 %	83,0 %	0,0 %	3,8 %	1,090	89,6
80	11,4 %	63,8 %	21,0 %	3,8 %	1,090	80,0
75	10,5 %	53,8 %	31,9 %	3,8 %	1,090	75,0
70	9,6 %	43,8 %	42,8 %	3,8 %	1,090	70,0
65	8,7 %	33,8 %	53,7 %	3,8 %	1,090	65,0
60	7,8 %	23,8 %	64,6 %	3,8 %	1,090	60,0
55	6,8 %	13,8 %	75,6 %	3,8 %	1,090	55,0
50	5,9 %	3,8 %	86,5 %	3,8 %	1,090	50,0

Tabla 4

Fórmula	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón	Escoria	Cuarcita
Actual	2,2 %	0,0 %	94,0 %	3,8 %
Máx. teórico	9,5 %	87,8 %	0,0 %	2,7 %
80	8,8 %	72,2 %	16,2 %	2,9 %
75	8,4 %	63,1 %	25,5 %	3,0 %
70	7,9 %	53,4 %	35,5 %	3,2 %
65	7,5 %	42,9 %	46,4 %	3,3 %
60	7,0 %	31,5 %	58,1 %	3,4 %
55	6,4 %	19,1 %	70,9 %	3,6 %
50	5,8 %	5,5 %	84,9 %	3,7 %

[0030] Una vez conocidos los análisis de óxido de estos materiales, se desarrolló un modelo matemático para formular mezclas de fibra mineral que incluyen escoria, astillas de ladrillo y hormigón postconsumo. Se escogieron estos tres materiales porque los tres materiales son postconsumo o postindustriales por naturaleza. Básicamente, el uso de estos tres materiales opcionalmente produce una fibra mineral 100 % reciclable. Se contempla que las astillas de ladrillo postconsumo, preferiblemente, sustituyan las astillas de ladrillo postindustriales para proporcionar una calificación de crédito LEED mejorada para la presente lana mineral.

[0031] Durante las pruebas, las mezclas de materiales se limitaron a tres constituyentes debido a la configuración de las operaciones de fabricación de fibra mineral actuales. Puesto que las operaciones existían en el momento en el que se ejecutaron las pruebas, cuatro alimentadores de chute en total añadían materiales al cubilote. Los materiales incluían coque (combustible de cubilote), escoria, astillas de ladrillo postindustriales y cuarcita. Para incorporar hormigón postconsumo en las pruebas en planta, era necesario vaciar uno de estos materiales del sistema de alimentación de chute y sustituirlo por el material reciclable seleccionado; hormigón postconsumo. Puesto que la cuarcita es un material virgen, era la elección natural para la exclusión. Sin embargo, si se desea un uso a largo plazo del hormigón, se propone la adición de otro depósito y alimentador de almacenamiento para dedicarse al hormigón postconsumo.

[0032] Para formar el modelo de formulación matemático, se utilizó la herramienta Solver Add-In® del programa de hoja de cálculo Microsoft Excel, como se ha indicado anteriormente. Con esta herramienta, el modelo fue diseñado para optimizar la mezcla de fibra mineral para un objetivo particular variable al tiempo que se cumplen determinadas limitaciones. Específicamente, se proporcionaron limitaciones para las cantidades de óxidos individuales, la proporción A/B, SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> combinados y CaO + MgO combinados. Las limitaciones utilizadas

## ES 2 745 486 T3

en el modelo se proporcionan en la tabla 5 y fueron desarrolladas por límites estrictos proporcionados en las directrices de USG a partir de estándares de fibra vítrea sintética internacionales.

Tabla 5

Limitación	Límite inferior	Límite superior
SiO <sub>2</sub>	36,00	44,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,00	14,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	3,00
MgO	4,00	13,00
CaO	32,00	44,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	1,50
K <sub>2</sub> O	0,00	1,50
TiO <sub>2</sub>	0,00	1,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,50
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,60
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,01
Proporción A/B	1,00	1,20
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	53,00
CaO+MgO	44,00	100,00

- 5 **[0033]** En las tablas 6 y 7, se indican porcentajes de los materiales de partida hormigón postconsumo, escoria y granito, que dan lugar a una fibra de lana mineral que presenta una proporción A/B adecuada. Las opciones de fórmula de la tabla 6 corresponden a las opciones de fórmula de la tabla 7.

Tabla 6

Opciones de fórmula	Hormigón postconsumo	Escoria	Granito	Proporción A/B	LEED RC
Actual	0,0 %	92,4 %	7,6 %	1,036	46,2
Máx. teórico	81,6 %	0,0 %	18,4 %	1,090	81,6
80	78,0 %	4,0 %	18,0 %	1,090	80,0
75	66,9 %	16,1 %	16,9 %	1,090	75,0
70	55,8 %	28,3 %	15,8 %	1,090	70,0
65	44,8 %	40,5 %	14,8 %	1,090	65,0
60	33,7 %	52,6 %	13,7 %	1,090	60,0
55	22,6 %	64,8 %	12,6 %	1,090	55,0
50	11,5 %	76,9 %	11,5 %	1,090	50,0

Tabla 7

Opciones de fórmula	Hormigón postconsumo	Escoria	Granito
Actual	0,0 %	92,4 %	7,6 %
Máx. teórico	86,7 %	0,0 %	13,3 %

Opciones de fórmula	Hormigón postconsumo	Escoria	Granito
80	83,9 %	2,9 %	13,2 %
75	74,8 %	12,3 %	12,9 %
70	65,0 %	22,4 %	12,5 %
65	54,4 %	33,4 %	12,2 %
60	42,8 %	45,4 %	11,8 %
55	30,0 %	58,6 %	11,4 %
50	16,1 %	73,0 %	10,9 %

5 **[0034]** En las tablas 8 y 9, se indican proporciones de materiales de partida que incluyen astillas de ladrillo postindustriales, escoria, mineral virgen y una proporción baja-moderada de hormigón en peso seco. El número de fórmula es el mismo que el valor LEED RC. En la tabla 7, se muestran composiciones de materiales de partida que incluyen astillas de ladrillo postindustriales, hormigón postconsumo, escoria y cuarcita. En la tabla 8, se muestran composiciones de materiales de partida ligeramente diferentes que proporcionan los mismos valores LEED RC.

Tabla 8

Fórmula	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Cuarcita	Proporción A/B	Fibra LEED RC
50	5,9 %	3,8 %	86,5 %	3,8 %	1,090	50
51	6,1 %	5,8 %	84,3 %	3,8 %	1,090	51
52	6,3 %	7,8 %	82,1 %	3,8 %	1,090	52
53	6,5 %	9,8 %	79,9 %	3,8 %	1,090	53
54	6,7 %	11,8 %	77,7 %	3,8 %	1,090	54
55	6,8 %	13,8 %	75,6 %	3,8 %	1,090	55

Tabla 9

Fórmula	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Cuarcita
50	5,8 %	5,5 %	84,9 %	3,7 %
51	6,0 %	8,3 %	82,0 %	3,7 %
52	6,1 %	11,1 %	79,2 %	3,7 %
53	6,2 %	13,8 %	76,4 %	3,6 %
54	6,3 %	16,4 %	73,6 %	3,6 %
55	6,4 %	19,1 %	70,9 %	3,6 %

10 **[0035]** En la tabla 10, se muestran proporciones de materiales de partida que incluyen solamente astillas de ladrillo postindustriales y hormigón postconsumo. Esta formulación utiliza altas concentraciones de hormigón y permite a los fabricantes alcanzar un valor LEED RC alto al tiempo que se mantienen las proporciones A/B objetivo. Asimismo, se observa que las astillas de ladrillo pueden ser un sustituto del hormigón reciclable, aunque aumente la proporción A/B.

Tabla 10

Fórmula	Astillas de ladrillo	Hormigón	Proporción A/B
93,0	14,0 %	86,0 %	1,00
91,0	18,0 %	82,0 %	1,14
89,5	21,0 %	79,0 %	1,25
88,5	23,0 %	77,0 %	1,33
88,0	24,0 %	76,0 %	1,49

[0036] En la tabla 11, se muestran proporciones teóricas de materiales de partida que incluyen hormigón postconsumo en una amplia gama de concentraciones. En la tabla 12, se muestran fórmulas de lote teóricas de la tabla 11, pero teniendo en cuenta el LOI del hormigón. Se mantiene la proporción A/B en el intervalo de 1,0 - 1,5 para calcular estos valores teóricos.

Tabla 11

Fórmula	Hormigón postconsumo	Escoria	Granito	Proporción A/B	LEED RC
Actual	0	92,4 %	7,6 %	1,036	46,2
Máx. teórico	81,6 %	0,0 %	18,4 %	1,09	81,6
80	78,0 %	4,0 %	18,0 %	1,09	80
75	66,9 %	16,1 %	16,9 %	1,09	75
70	55,8 %	28,3 %	15,8 %	1,09	70
65	44,8 %	40,5 %	14,8 %	1,09	65
60	33,7 %	52,6 %	13,7 %	1,09	60
55	22,6 %	64,8 %	12,6 %	1,09	55
50	11,5 %	76,9 %	11,5 %	1,09	50

Tabla 12

Fórmula	Hormigón postconsumo	Escoria	Granito
Actual	0,0 %	92,4 %	7,6 %
Máx. teórico	86,7 %	0,0 %	13,3 %
80	83,9 %	2,9 %	13,2 %
75	74,8 %	12,3 %	12,9 %
70	65,0 %	22,4 %	12,5 %
65	54,4 %	33,4 %	12,2 %
60	42,8 %	45,4 %	11,8 %
55	30,0 %	58,6 %	11,4 %
50	16,1 %	73,0 %	10,9 %

[0037] En un ensayo, el modelo matemático calculó cantidades de materiales de partida para una proporción A/B ("Proporción A/B Modelo") igual a 1,056 y un 5 % de mezcla de hormigón postconsumo. En la tabla 13, se muestran las mezclas de material de partida expresadas en términos de "cantidades minerales" y la "formulación de entrada de lote". Las "cantidades minerales" corresponden a los índices de uso de mineral resultantes

siguiendo la reducción de LOI de los materiales que entran en el cubilote, mientras que la "formulación de entrada de lote" corresponde al porcentaje en peso de los materiales que entran en un cubilote antes de la ignición. Una segunda mezcla de materiales de partida incluía un 10 % de hormigón postconsumo. Véase la tabla 13, a continuación. Se aplican las mismas definiciones de los términos "cantidades minerales" y "formulación de entrada de lote".

Tabla 13

	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Proporción A/B Modelo
Cantidades minerales	9,0 %	5,1 %	85,9 %	1,059
Formulación de entrada de lote	8,8 %	7,3 %	83,9 %	1,05

Tabla 14

	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Proporción A/B Modelo
Cantidades minerales	9,6 %	10,1 %	80,3 %	1,05
Formulación de entrada de lote	9,2 %	14,2 %	76,6 %	1,05

10 **[0038]** Se analizaron las características de la fibra resultante. En la tabla 15, se muestran las características físicas de la fibra de prueba y en la tabla 16, se muestra el análisis químico de la fibra determinado por XRF de Walworth. La fibra normalmente presentaba un diámetro de fibra ligeramente mayor (4,5 - 5,6 micras) en comparación con el control (4,6 micras). Con respecto al contenido de granalla, los materiales de prueba presentaron un contenido general de granalla inferior en comparación con el control. No obstante, cabe señalar que la prueba puede haberse ejecutado más lentamente que el control, lo que también afectaría al contenido global de granalla. El valor de micronaire era ligeramente superior que el control, lo que indica una mayor porosidad por una determinada base de peso.

15 **[0039]** Con respecto al análisis químico mostrado en la tabla 14, la proporción A/B de los materiales de prueba era cercana al material de control y se encontraba dentro del rango de proporción A/B aceptable de la fibra mineral de USG. Si bien la proporción A/B era superior que el modelo previsto, todavía era relativamente cercana y se encontraba dentro de un rango seguro para el uso del producto. Este material cumplía con todos los requisitos normativos de la fibra mineral de USG y se utilizó con éxito en la producción de Sanstone™ sin observar ningunos problemas relacionados con la producción.

Tabla 15

Tiempo	Material	LOI %	Diámetro (micras)	297 micras (50 mesh)	149 micras (100 mesh)	74 micras (200 mesh)	44 micras (325 mesh)	Granalla total %	Micronaire
10:13	Control	2,18	4,6	12,9	19,8	21,4	6	60,1	3,2
11:00	Material de transición	1,78	4,7	13,5	16,7	8,7	6,2	45,4	3,7
11,35	Hormigón al 5 %	1,91	4,5	11,5	11,2	8,2	3,5	34,3	4
12:00	Hormigón al 5 %	1,75	5,3	11,3	17,3	10,5	0,5	39,6	4,1
12:55	10 %	0,72	5,2	17,5	13,5	8,0	2,7	41,7	5,7
1:36	10 %	0,58	5,6	13,7	14,6	9,9	5,0	43,2	4,4

Tabla 16

Tiempo	Material	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Ácido	Base	A/B
10:13	Control	10,31	9,21	41,43	0,48	0,44	35,49	0,33	50,63	45,80	1,11
11:35	Hormigón al 5 %	10,20	10,26	40,86	0,44	0,55	34,64	0,42	51,11	44,85	1,14
12:55	Hormigón al 10 %	10,05	9,86	40,87	0,38	0,63	33,95	0,55	50,73	44,00	1,15
13:37	Hormigón al 10 %	10,48	9,78	40,76	0,42	0,59	34,63	0,48	50,54	45,11	1,12

- 5 **[0040]** En otra prueba, se estableció un modelo matemático para dirigirse a formulaciones de hormigón postconsumo al 10 % y al 15 %. Dado que se demostró que la proporción A/B real de la primera prueba se encontraba por encima del valor previsto por el modelo, el objetivo del modelo se redujo al formular las mezclas de esta prueba. El tiempo de ciclo de carga aumentó en comparación con el control en esta prueba también. En la tabla 17, se muestran las mezclas de material de partida expresadas en términos de "cantidades minerales" y la "formulación de entrada de lote", que incluye un 15 % de hormigón postconsumo. Una segunda mezcla de materiales de partida incluía un 20 % de hormigón postconsumo. Véase la tabla 16, a continuación.

Tabla 17

	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Proporción A/B Modelo
Cantidades minerales	8,0 %	15,0 %	77,0 %	1,010
Formulación de entrada de lote	7,5 %	20,6 %	71,9 %	1,010

10

Tabla 18

	Astillas de ladrillo postindustrial	Hormigón postconsumo	Escoria	Proporción A/B Modelo
Cantidades minerales	8,9 %	20,0 %	71,1 %	1,010
Formulación de entrada de lote	8,2 %	26,9 %	64,9 %	1,010

15

- [0041]** Las fibras de lana mineral resultantes presentaban las propiedades de las tablas 19 y 20. Los diámetros de la fibra eran mayores y el contenido de granalla total era, por lo general, comparable o inferior al de los materiales de control. Se cree que la disminución del contenido de granalla está relacionada con una ejecución más lenta del cubilote en comparación con la producción estándar. La fibra se encontraba dentro del rango de proporción A/B aceptable de entre 1,00 y 1,20. La proporción A/B real de las fibras era, de nuevo, mayor que la predicción del modelo en aproximadamente entre 0,11 y 0,15. Por lo tanto, se contempla la creación de futuros modelos teniendo en cuenta esta compensación.

Tabla 19

Condición	Tiempo	LOI %	Diámetro de fibra	297 micras (50 mesh)	149 micras (100 mesh)	74 micras (200 mesh)	44 micras (325 mesh)	Granalla total %	Micronaire
Previo a la prueba	9:09	0,21	3,6 μ	15,1	23	13,6	5,9	57,5	3,9
Previo a la prueba	10:09	0,22	3,8	13,3	16,2	10,7	4,0	44,2	4,3
Hormigón al 15 %	12:27	0,28	4,7	14,1	15,1	8,2	7,7	45,1	5,4
Hormigón al 20 %	1:45	0,61	??	8,7	13,9	9,7	8,6	41,2	3,5

Condición	Tiempo	LOI %	Diámetro de fibra	297 micras (50 mesh)	149 micras (100 mesh)	74 micras (200 mesh)	44 micras (325 mesh)	Granalla total %	Micronaire
Hormigón al 20 %	2:36	0,42	5,2	20,1	15,3	9,7	1,78	46,9	5,2

Tabla 20

Condición	Tiempo	Fe	Ca	K	S	Si	Al	Mg	A/B
Previo a la prueba	10:09	0,39	35,378	0,434	0,501	40,734	9,831	10,38	1,105
Hormigón al 15 %	12:27	0,647	34,046	0,616	0,305	40,824	9,652	10,483	1,134
Hormigón al 20 %	13:45	0,653	34,245	0,605	0,312	40,883	9,687	10,612	1,127
Hormigón al 20 %	14:36	0,618	33,705	0,649	0,637	40,901	9,629	10,252	1,15

[0042] Si bien se observó una reducción del rendimiento de producción de la fibra mineral en las pruebas descritas anteriormente, se espera que el potencial de LEED RC de esta fibra compense el alto coste de producción.

- 5 [0043] En la tabla 21, se muestra una mezcla de fibra mineral propuesta que incorpora astillas de ladrillo postconsumo. Se espera que la selección de ladrillo reciclable postconsumo ofrezca una reducción significativa del uso de hormigón postconsumo necesario. Se espera obtener un 60 % de fibra LEED RC con una mejora significativa del índice de rendimiento del cubilote para una fibra mineral alta en LEED RC. La utilización de este ladrillo reciclable postconsumo requiere solamente que un 12,6 % de los minerales de hormigón alcancen un 60 % de fibra LEED RC, en comparación con un 20 % de minerales de hormigón necesarios al utilizar una fuente de ladrillo postindustrial. Existen posibilidades de que este uso de hormigón no sea tan perjudicial para las operaciones de fabricación.

Tabla 21

	Astillas de ladrillo postconsumo	Hormigón	Escoria	Cuarcita	Proporción A/B
Cantidades	7,4 %	12,6 %	80,0 %	0,0 %	1,0

- 15 [0044] Un procedimiento de formación de la presente lana mineral incluye la combinación de diversos materiales de partida, incluido el hormigón reciclable y las astillas de ladrillo reciclables. Los materiales de partida combinados se procesan para formar un producto de lana mineral con una proporción ácido-base dentro de un rango predeterminado. Los materiales de partida se mezclan y, a continuación, se calientan para formar un líquido. Se sopla el líquido para formar un producto de lana mineral con una proporción ácido-base (A/B) dentro del rango de entre 1,0 y 1,5, tal y como se ha descrito anteriormente.
- 20 [0045] Una fuente habitual de hormigón postconsumo son los escombros de la construcción de carreteras y de los proyectos de demolición de edificios. El hormigón postconsumo está relativamente libre de contaminantes, tales como malla metálica, redondos para hormigón y asfalto. Una fuente habitual de astillas de ladrillo postconsumo son los desechos de ladrillo refractario.
- 25 [0046] Una vez se han seleccionado los materiales de partida, se procesan para formar un producto de lana mineral con técnicas tradicionales, tales como las que se describen en las patentes estadounidenses n.º 2,020,403; 4,270,295; y 5,709,728. Los ingredientes combinados presentan una proporción ácido-base (A/B) dentro de un rango predeterminado. La proporción A/B es

$$\frac{Al_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO}$$

- 30 y las proporciones predeterminadas oscilan entre 1,0 y 1,5 y, preferiblemente, entre 1,0 y 1,2, más preferiblemente, entre 1,01 y 1,15.

[0047] Tras la combinación, los ingredientes se transportan a un horno adecuado, tal como un cubilote, y se calientan a una temperatura que oscila entre 1400 °C y 2000 °C y, a continuación, se soplan con aire o vapor para formar la fibra de lana mineral, tal y como se conoce en la técnica. Otros hornos, tales como un horno

5 eléctrico o un horno de fusión de combustión sumergida, funcionarían igual de bien. El material utilizado en un cubilote requiere un tamaño de producto específico para permitir una respiración de la cama y un flujo de aire de combustión adecuados. Los hornos eléctricos o los hornos de fusión de combustión sumergida admiten materiales de cualquier tamaño, hasta el tamaño de los granos de arena. El tamaño habitual de un cubilote oscilaría entre 7,5-10 cm (3-4 pulgadas)/10-15 cm (4-6 pulgadas).

**[0048]** La presente lana mineral es particularmente adecuada para su aplicación en productos que incluyen, por ejemplo, paneles acústicos, paneles estructurales, lana mineral suelta y guatas de lana mineral. Los paneles se utilizan a menudo como paneles de techo en edificios, tales como casas y oficinas donde se desea obtener la atenuación acústica.

10 **[0049]** Si bien se han descrito en la presente memoria modos de realización particulares de la presente lana mineral, del producto relacionado y del procedimiento relacionado de producción, los expertos en la materia observarán que se pueden realizar cambios y modificaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Lana mineral que consiste en al menos un 13 % en peso seco de hormigón postconsumo, al menos un 20 % en peso seco de escoria de horno, un 5-12 % en peso seco de astillas de ladrillo, un 2-4 % en peso seco de materiales vírgenes, un 10-30 % en peso seco de residuos de vidrio y un 5-22 % en peso seco de arena de fundición; y donde una proporción ácido-base de dicha lana mineral se define como

$$\frac{Al_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO}$$

y dicha lana mineral presenta la proporción ácido-base de entre 1,0 y 1,5.

2. Procedimiento de formación de una lana mineral de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

seleccionar materiales reciclables de un grupo que consiste en materiales reciclables postindustriales, materiales reciclables postconsumo y una combinación de los mismos;

combinar al menos un 13 % en peso seco de hormigón postconsumo, al menos un 20 % en peso seco de escoria de horno, un 5-12 % en peso seco de astillas de ladrillo, un 2-4 % en peso seco de materiales vírgenes, un 10-30 % en peso seco de residuos de vidrio y un 5-22 % en peso seco de arena de fundición; y

procesar los materiales reciclables y vírgenes combinados para formar una lana mineral, donde una

$$\frac{Al_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO}$$

proporción ácido-base de dicha lana mineral se define como  $\frac{Al_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO}$  y dicha lana mineral presenta la proporción ácido-base de entre 1,0 y 1,5, y donde dicho procesamiento comprende las etapas de:

calentar los materiales combinados a una temperatura que oscila entre 1400 °C y 2000 °C para formar un líquido;

enfriar el líquido; y

soplar el líquido a medida que se enfría para formar dicha lana mineral.

3. Panel acústico que comprende la lana mineral de acuerdo con la reivindicación 1.