

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 535**

51 Int. Cl.:

C04B 28/02 (2006.01)

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 38/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2013 PCT/EP2013/057238**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13150148**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2013 E 13714312 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017 EP 2834206**

54 Título: **Espuma mineral aislante**

30 Prioridad:

06.04.2012 FR 1253237

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

14.07.2017

73 Titular/es:

**LAFARGE (100.0%)
61, rue des Belles Feuilles
75116 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BERNARDI, SÉBASTIEN;
JAVIERRE, ISABELLE;
DUCHAND, SYLVAIN;
SABIO, SERGE y
ROY, CÉDRIC**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 624 535 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

Espuma mineral aislante.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento continuo para la producción de espumas minerales aislantes con una base de cemento, a las espumas minerales así obtenidas, y a elementos de construcción que comprenden estas espumas.
- 10 Generalmente, la espuma mineral es muy ventajosa para muchas aplicaciones debido a sus propiedades de aislamiento térmico. La espuma mineral es un material en forma de espuma. Este material es generalmente más ligero que el hormigón típico debido a sus poros o espacios vacíos. También se conoce como espuma de cemento. Estos poros o espacios vacíos se deben a la presencia de aire en la espuma mineral, y pueden estar en forma de burbujas. Con 1 m³ de materia prima, es posible producir aproximadamente 5 m³ de un producto acabado, es decir, un material en el que el 20% es material y el 80% es aire (esto es válido para un elemento con una densidad de
- 15 aproximadamente 400 kg/m³). A partir del documento WO98/57906 se conoce un hormigón espumado realizado en una mezcla de cemento mezclada con una espuma que comprende una pluralidad de pequeñas burbujas de agua y un agente espumante, y con una relación reducida de agua/cemento sin que requiera mezclas como superplastificantes.
- 20 Cuando la espuma mineral se vierte en un elemento de altura considerable, la espuma mineral puede desplomarse debido a una falta de estabilidad en la espuma mineral durante el ajuste. Estos problemas de desplome de la espuma pueden deberse a los fenómenos de coalescencia, a los fenómenos de maduración de Ostwald o a los fenómenos de escurrimiento, siendo este último mayor, en particular debido a la fuerza ejercida por el peso.
- 25 Por lo tanto, la dificultad en la producción de espumas minerales es producir espuma mineral estable lo cual reduce estos problemas de asentamiento. Sin embargo, los procedimientos conocidos no son capaces de proporcionar espumas minerales suficientemente estables.
- 30 Con el fin de cumplir con los requisitos de los usuarios, se ha hecho necesario encontrar un nuevo medio para producir espuma mineral altamente estable, es decir, que mantenga su estabilidad sin importar la altura determinada.
- 35 Por lo tanto, el problema que la invención pretende resolver es el de encontrar un procedimiento para la producción de espuma mineral estable, que no se desplome, o sólo ligeramente, cuando la espuma se vierta de manera vertical.
- La invención se refiere a un procedimiento continuo para la producción de una espuma mineral con una densidad de 100 a 600 kg/m³, producida a partir de una lechada de cemento espumado, así como a la espuma mineral obtenida por este procedimiento.
- 40 Según otra característica de la invención, la espuma mineral según la invención se puede usar como material de construcción o material aislante. Por ejemplo, la espuma mineral puede verterse entre dos paneles de placas de yeso, o entre dos paredes de ladrillos o entre dos paredes de hormigón que soportan carga.
- 45 La invención también se refiere a elementos de construcción que comprenden una espuma mineral según la invención.
- La presente invención pretende proporcionar un nuevo procedimiento continuo que tiene una o más de las siguientes características:
- 50 - el procedimiento es universal, es decir, hace posible producir una espuma mineral estable a partir de cualquier tipo de cemento;
- el procedimiento es fácil de implementar;
- 55 - el procedimiento puede ser fácilmente transportado a cualquier sitio o a pie de obra;
- el procedimiento hace posible la implementación de una espuma mineral de manera continua. Por lo tanto, es posible producir la espuma mineral de manera continua y verter esta espuma sin interrupción.
- 60 La presente invención también pretende proporcionar nuevas espumas minerales que tienen una o más de las siguientes características:
- 65 - la espuma mineral según la invención tiene excelentes propiedades de estabilidad. En particular, es posible obtener espuma que no se desplome o sólo muy ligeramente cuando la espuma se vierta de manera vertical o desde una altura considerable. Por ejemplo, la espuma mineral según la invención no se desploma o sólo muy ligeramente cuando se vierte de manera vertical desde una altura mayor o igual a 2 metros;

- la espuma mineral según la invención tiene excelentes propiedades térmicas, y en particular una muy baja conductividad térmica. Es altamente deseable para reducir la conductividad térmica en materiales de construcción ya que esto hace posible obtener un ahorro de energía en calefacción para edificios de oficinas o residenciales. Por otro lado, esta disminución hace que sea posible reducir puentes térmicos, particularmente en la construcción de edificios de varios pisos de altura y diseñados con aislante térmico interior, en particular los puentes térmicos se reducen en los pisos intermedios.

Procedimiento:

La invención se refiere a un procedimiento continuo para la producción de una espuma mineral, que comprende las siguientes etapas:

- (i) preparar por separado una o más lechadas de cemento y una espuma acuosa para lo cual la D50 de las burbujas es menor o igual a 400 μm ;
- (ii) homogeneizar esta o estas lechada(s) de cemento con la espuma acuosa para obtener una lechada de cemento espumado;
- (iii) verter la lechada de cemento espumado y dejarlo para que fragüe.

El procedimiento para la producción de una espuma mineral según la invención se puede usar en un sistema continuo.

En la etapa (i), la lechada o lechadas pueden prepararse usando mezcladores normalmente usados para producir lechadas de cemento. Pueden ser un mezclador para lechadas, un mezclador de una planta de hormigón, un mezclador descrito en la Norma Europea NF EN 196-1 de abril de 2006 - Párrafo 4.4, o un batidor con un movimiento planetario.

La lechada o lechadas pueden prepararse introduciendo en el mezclador los diferentes materiales en polvo. Los polvos se mezclan para obtener una mezcla homogénea. Entonces, el agua se introduce en el mezclador. Después, las partículas minerales, las mezclas, por ejemplo el reductor de agua, el plastificante, el superplastificante o el retardador se introducen cuando están presentes en la formulación de la espuma mineral. La pasta obtenida se mezcla para obtener una lechada de cemento o una mezcla de lechadas de cemento.

Preferentemente, cuando el sulfato de calcio está presente en la preparación de la lechada de cemento, éste se introduce antes o después de añadir el agua. En particular, el sulfato de calcio no se introduce durante la preparación de una lechada de cemento de aluminato de calcio.

Preferentemente, la lechada o lechadas se agitan utilizando una pala desfloculante durante toda la duración del procedimiento para la producción de la espuma mineral según la invención.

Las lechadas de cemento se generan de manera continua en el procedimiento según la invención.

La relación de agua/cemento total de la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención es preferentemente de 0,25 a 0,5, más preferentemente de 0,3 a 0,45. Esta relación de agua/cemento total puede variar, por ejemplo, debido a la demanda de agua de las partículas minerales cuando éstas se utilizan. Esta relación de agua/cemento total se define como la relación en masa de la cantidad de agua (W) a la masa de todos los cementos (C).

En la etapa (i), la espuma acuosa se puede producir al combinar agua y un agente espumante, y posteriormente introduciendo un gas. Este gas es preferentemente aire.

La introducción de aire puede llevarse a cabo por agitación, por burbujeo o por inyección bajo presión.

Preferentemente, la espuma acuosa se puede producir usando un espumador turbulento (por ejemplo, lecho de perlas de vidrio). Este tipo de espumador hace que sea posible introducir aire bajo presión en una disolución acuosa que comprende un agente espumante.

La espuma acuosa se genera de forma continua en el procedimiento según la invención.

La espuma acuosa generada tiene burbujas de aire con una D50 que es inferior o igual a 400 μm , preferentemente comprendida de 100 a 400 μm , más preferentemente comprendida de 150 a 300 μm .

Preferentemente, la espuma acuosa generada presenta burbujas de aire con una D50 que es 250 μm .

La D50 de las burbujas se mide por retrodispersión. El aparato utilizado es el Turbiscan® Online, proporcionado por la empresa Formulaction. Las medidas de la retrodispersión hacen posible estimar una D50 para las burbujas de una espuma acuosa, conociendo de antemano la fracción de volumen de las burbujas y el índice de refracción de la disolución del agente espumante.

En la etapa (ii), la lechada o lechadas de cemento pueden homogeneizarse con la espuma acuosa por cualquier medio con el fin de obtener una lechada de cemento espumado.

Preferentemente, la etapa (ii) del procedimiento según la invención puede comprender la introducción de la lechada o lechadas de cemento y la espuma acuosa en un mezclador estático para obtener una lechada de cemento espumado.

Los mezcladores estáticos adecuados según la invención preferentemente tienen elementos en forma de una hélice para asegurar una mezcla radial completa y divisiones sucesivas del flujo para cada combinación de líquidos y gas. Los mezcladores estáticos adecuados según la invención tienen preferentemente elementos helicoidales que transmiten una velocidad radial al fluido, que es dirigido alternativamente hacia el lado del mezclador, después hacia su centro. Las combinaciones sucesivas de elementos que dirigen el flujo en la dirección de las manecillas del reloj y en dirección contraria a las manecillas del reloj provocan un cambio de dirección y una división del flujo. Estas dos acciones combinadas aumentan la eficacia del mezclamiento. Preferentemente, el mezclador estático utilizado en el procedimiento según la invención es un mezclador que opera al dividir el flujo continuo de lechada de cemento y de espuma acuosa. La homogeneidad de la mezcla se basa en el número de divisiones. Según el procedimiento de la invención, preferentemente se utilizan 16 elementos para asegurar una buena homogeneidad. Los mezcladores estáticos adecuados según el procedimiento de la invención son preferentemente los comercializados bajo el nombre comercial de Kenics®.

Según una forma de realización más particular, la lechada de cemento es bombeada a un flujo de volumen preciso que es una función de la composición deseada de lechada de cemento espumado. Entonces, esta lechada de cemento se combina con la espuma acuosa que ya circula en el circuito del procedimiento. Así se genera la lechada de cemento espumado según la invención. Esta lechada de cemento espumado se vierte y se deja fraguar.

Según la variante 1, la etapa (i) del procedimiento para la producción según la invención puede comprender la preparación de dos lechadas de cemento, una de las cuales es una lechada de cemento de aluminato de calcio.

Según esta variante 1, el procedimiento para la producción según la invención puede comprender las siguientes etapas:

- preparar por separado una lechada de cemento, una lechada de cemento de aluminato de calcio y una espuma acuosa;
- combinar la lechada de cemento con la lechada de cemento de aluminato de calcio para obtener una tercera lechada de cemento;
- homogeneizar esta tercera lechada de cemento con la espuma acuosa para obtener una lechada de cemento espumado;
- verter la lechada de cemento espumado y dejarlo para que fragüe.

Según un caso particular de la variante 1, la lechada de cemento puede combinarse primero con la espuma acuosa para formar una mezcla espumada. Entonces, esta mezcla espumada se combina con la lechada de cemento de aluminato de calcio usando un mezclador, para obtener una lechada de cemento espumado según la invención. Esta lechada de cemento espumado se vierte y se deja hasta que fragüe. El mezclador utilizado para combinar la mezcla espumada y la lechada de cemento de aluminato de calcio es preferentemente un mezclador estático.

Ventajosamente, el procedimiento según la invención no requiere una etapa de autoclave, o una etapa de curado, o una etapa de tratamiento térmico, por ejemplo tratamiento térmico a 60-80°C con el fin de obtener una espuma mineral según la invención.

Espumas minerales según la invención

La presente invención se refiere entonces a una espuma mineral obtenible según el procedimiento de la invención.

La espuma mineral según la invención puede presentar una densidad de 100 a 600 kg/m³.

Preferentemente, la espuma mineral según la invención tiene una densidad de 100 a 550 kg/m³, más preferentemente de 150 a 450 kg/m³, todavía más preferentemente de 150 a 300 kg/m³. Cabe destacar que la densidad de la lechada de cemento espumado (densidad húmeda) es diferente a la densidad de la espuma mineral

(densidad del material endurecido).

La invención proporciona la ventaja de que la espuma mineral según la invención sea muy ligera, y en particular tenga una densidad muy baja.

La invención proporciona otra ventaja por cuanto la espuma mineral según la invención tiene excelentes propiedades de estabilidad. En particular, es posible obtener una espuma que no se desplome o sólo muy ligeramente cuando la espuma se vierta desde una altura de por lo menos un metro para una sección de 30 cm², y para lo cual la distribución de la densidad en el material varía como máximo 11%, preferentemente como máximo 5%, más preferentemente como máximo 2%.

La invención proporciona otra ventaja por cuanto la espuma mineral según la invención tiene excelentes propiedades térmicas, y en particular una muy baja conductividad térmica. La conductividad térmica (también llamada λ) es un valor físico que caracteriza el comportamiento de los materiales durante la transferencia de calor por conducción. La conductividad térmica representa la cantidad de calor transferido por unidad de superficie y por unidad de tiempo sometida a un gradiente de temperatura. En el sistema internacional de unidades, la conductividad térmica se expresa en vatios por metro Kelvin, (W·m⁻¹·K⁻¹). Los hormigones típicos o convencionales tienen valores de conductividad térmica medidos a 23°C y 50% de humedad relativa de 1,3 a 2,1. La conductividad térmica de la espuma mineral según la invención es de 0,05 a 0,5 W/m·K, preferentemente de 0,08 a 0,3 W/m·K, más preferentemente de 0,08 a 0,2 W/m·K, todavía más preferentemente de 0,08 a 0,18 W/m·K.

La invención proporciona otra ventaja por cuanto la espuma mineral según la invención tiene buenas propiedades mecánicas, y en particular buena resistencia a la compresión en comparación con las espumas minerales conocidas. La resistencia a la compresión de la espuma mineral según la invención es de 0,1 a 10 MPa, preferentemente de 0,1 a 8 MPa, más preferentemente de 0,2 a 4 MPa.

Variante 1 de la espuma mineral según la invención

Según una primera variante, la espuma mineral según la invención se puede producir a partir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado:

- de 20 a 70% de cemento;
- de 1 a 5% de sulfato de calcio;
- de 0,5 a 10% de cemento de aluminato de calcio;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0,001 a 0,5% de un retardador;
- de 0,1 a 5% de un agente espumante;
- de 15 a 40% de agua;

siendo la razón de cemento de aluminato de calcio/sulfato de calcio, expresada en porcentaje en masa, de 0,5 a 2,5;

siendo la razón de sulfato de calcio/cemento, expresada en porcentaje en masa, de 0,03 a 0,09.

El cemento adecuado para la lechada de cemento espumado que se requiere para producir la espuma mineral según la invención es preferentemente los cementos descritos según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, o sus mezclas. El cemento preferido, utilizado según la invención, es el cemento de Portland CEM I, sólo o mezclado con otros cementos, por ejemplo los descritos según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 30 a 55% de cemento, preferentemente 30 a 51%, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender sulfato de calcio. El sulfato de calcio utilizado según la presente invención incluye yeso (sulfato de calcio dihidratado, CaSO₄·2H₂O), hemihidratado (CaSO₄·1/2H₂O), anhidrita (sulfato de calcio anhidro, CaSO₄), o una mezcla de los mismos. El yeso y la anhidrita existen en el estado natural. También se puede utilizar el sulfato de calcio producido como un subproducto de ciertos procedimientos industriales.

El cemento adecuado de aluminato de calcio para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención es generalmente un cemento que comprende una fase mineralógica C₄A₃\$, CA, C₁₂A₇, C₃A o C₇A₇CaF₂, o sus mezclas, por ejemplo cementos Fondu[®], cementos sulfoaluminosos, cementos de aluminato de calcio conforme a la Norma NF EN 14647 de diciembre de 2006, el cemento obtenido del clínker descrito en la solicitud de patente WO 2006/018569, o sus mezclas. El cemento adecuado de aluminato de calcio para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede estar en forma cristalizada o en una forma amorfa.

El cemento preferido de aluminato de calcio según la invención es el cemento Fondu®.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,5 a 7% de cemento de aluminato de calcio, preferentemente 1 a 5%, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

Preferentemente, la relación de cemento de aluminato de calcio/sulfato de calcio, expresada en porcentaje en masa, determinada para la lechada de cemento espumado para producir la espuma mineral según la invención es de 0,6 a 2,2, más preferentemente de 0,8 a 2.

Preferentemente, la relación de sulfato de calcio/cemento, expresada en porcentaje en masa, determinada para la lechada de cemento espumado para producir la espuma mineral según la invención es de 0,04 a 0,08, más preferentemente de 0,05 a 0,07.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante. Un reductor de agua hace que sea posible reducir la cantidad de agua de mezclado para una determinada funcionalidad entre típicamente 10-15%. A título de ejemplo de los reductores de agua, se puede hacer mención de lignosulfonatos, ácidos hidroxycarboxílicos, hidratos de carbono, y otros compuestos orgánicos específicos, por ejemplo glicerol, alcohol de polivinilo, aluminato-metil-siliconato de sodio, ácido sulfanílico y caseína, como se describe en el Concrete Admixtures Handbook, Properties Science and Technology, V.S. Ramachandran, Noyes Publications, 1984.

Los superplastificantes pertenecen a una nueva clase de reductores de agua, y son capaces de reducir el contenido de agua de mezclado, para una determinada funcionalidad, en un 30% en masa. A título de ejemplo de un superplastificante, se puede señalar a los superplastificantes de PCP sin un agente antiespumante. El término "PCP" o "polioxi policarboxilato" debe entenderse según la presente invención como un copolímero de ácidos acrílicos o ácidos metacrílicos y sus ésteres de polioxitileno (POE). También es posible mencionar los agentes dispersantes con eficacia diferida.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,05 a 1%, más preferentemente 0,05 a 0,5% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante, porcentaje expresado en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

Cuando el reductor de agua, el plastificante o el superplastificante es utilizado en disolución, la cantidad se proporciona como material activo en la disolución.

Según una variante de la invención, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención no comprende un agente antiespumante, o cualquier agente con la propiedad de desestabilizar una emulsión de aire/líquido. Algunos superplastificantes comerciales pueden contener agentes antiespumantes, y en consecuencia estos superplastificantes no son adecuados para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende un retardador. El retardador corresponde a la definición del retardador que se menciona en la Norma Europea NF EN 934-2 de septiembre de 2002.

El retardador utilizado según la invención se puede seleccionar de:

- azúcares y productos derivados, en particular sacarosa, glucosa, azúcares reductores (por ejemplo, lactosa o maltosa), celobiosa, galactosa o productos derivados, por ejemplo glucolactona;
- ácidos carboxílicos o sales de los mismos, en particular el ácido glucónico, gluconato, ácido tartárico, ácido cítrico, ácido gálico, ácido glucoheptónico, ácido sacárico o ácido salicílico. Las sales asociadas comprenden, por ejemplo, sal de amonio, sal de metal alcalino (por ejemplo sal de sodio o sal de potasio), sal de metal alcalino-térreo (por ejemplo sal de calcio o sal de magnesio). Sin embargo, también se pueden utilizar otras sales;
- ácidos fosfónicos y sales de los mismos, en particular el ácido aminotri(metilenfosfónico), sal pentasódica de ácido aminotri(metilenfosfónico), ácido hexameten-diamina-tetra(metilen-fosfónico), ácido dietilen-triamina-penta(metilen-fosfónico y su sal de sodio);
- fosfatos y sus derivados;
- sales de cinc, en particular óxido de cinc, borato de cinc y sales de cinc solubles (nitrato, cloruro);

- boratos, en particular el ácido bórico, el borato de cinc y las sales de boro;
- mezclas de estos compuestos.

5 Preferentemente, el retardador es un ácido carboxílico o una sal de ácido carboxílico. Según una forma de realización de la invención, el retardador es un ácido cítrico o una sal del mismo.

Según una forma de realización de la invención, el retardador utilizado en la lechada de cemento espumado según la invención es una mezcla de ácido carboxílico y ácido fosfónico o una mezcla de sales de los mismos.

10 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,005 a 0,2% de retardador, más preferentemente 0,01 a 0,1%, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

15 La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende un agente espumante. El agente espumante es generalmente un compuesto que modifica la tensión superficial entre dos superficies, en particular que disminuye la tensión superficial en la interfaz entre un líquido y un gas, entre un líquido y un sólido o entre dos líquidos. Este compuesto también se conoce como un tensioactivo.

20 El agente espumante utilizado según la invención se puede seleccionar de agentes espumantes iónicos, no iónicos, anfifílicos o anfóteros, y se pueden utilizar solos o en mezclas.

A modo de tensioactivos iónicos, se pueden mencionar los siguientes ejemplos no limitativos: alquiletersulfonatos, hidroxialquiletersulfonatos, alfaolefinasulfonatos, los alquilbencenosulfonatos, alquilestersulfonatos, alquiletersulfatos, hidroxialquiletersulfatos, alfaolefinasulfatos, alquilbencenosulfatos, alquilamidasulfatos, así como sus derivados alcoxlados (en particular derivados etoxilados (EO) y/o derivados propoxilados (PO)), o sus mezclas.

A modo de tensioactivos iónicos, también se pueden mencionar los siguientes ejemplos no limitativos: las sales de ácidos grasos saturados o insaturados y/o sus derivados alcoxlados, en particular (EO) y/o (PO) (por ejemplo ácido láurico, ácido palmítico o ácido esteárico), alquilglicerolsulfonatos, ácidos policarboxílicos sulfonados, sulfonatos de parafina, N-alquil N-alquiltauratos, alquilfosfatos, alquilsuccinatos, alquilsulfosuccinatos, monoésteres o diésteres de sulfosuccinatos, sulfatos de alquilglucósidos, por ejemplo aquéllos en forma de ácido o lactona y derivados de ácido 1-17-hidroxi-octadecénico.

35 A modo de tensioactivos no iónicos, se pueden mencionar los siguientes ejemplos no limitativos: ácidos grasos etoxilados, alquilfenoles alcoxlados (en particular (EO) y/o (PO)), alcoholes alifáticos, más particularmente en C8-C22, productos resultantes de la condensación de óxido de etileno u óxido de propileno con propilenglicol o etilenglicol, productos resultantes de la condensación de óxido de etileno u óxido de propileno con etilendiamina, amidas de ácidos grasos alcoxlados (en particular (EO) y/o (PO)), aminas alcoxladas (en particular (EO) y/o (PO)), amidoaminas alcoxladas (en particular (EO) y/o (PO)), óxidos de amina, hidrocarburos terpénicos alcoxlados (en particular (EO) y/o (PO)), alquilpoliglucósidos, polímeros u oligómeros anfifílicos, alcoholes etoxilados, ésteres de sorbitán o ésteres de sorbitán oxietilado.

45 A modo de tensioactivos anfóteros, se pueden mencionar los siguientes ejemplos no limitativos: betaínas, derivados de imidazolina, polipéptidos o lipoaminoácidos. Más particularmente, las betaínas adecuadas según la invención se pueden seleccionar de cocamidopropil betaína, betaína dodecólica, betaína hexadecólica y betaína octadecólica.

Según una forma de realización particular de la invención, el agente espumante no iónico puede estar asociado con por lo menos un agente espumante aniónico.

50 A modo de tensioactivos anfifílicos, se pueden mencionar los siguientes ejemplos no limitativos: polímeros, oligómeros o copolímeros que por lo menos son miscibles en la fase acuosa.

Los polímeros u oligómeros anfifílicos pueden presentar una distribución estadística o una distribución de múltiples bloques.

Los polímeros u oligómeros anfifílicos utilizados según la invención se seleccionan de polímeros de bloques que comprenden por lo menos un bloque hidrófilo y por lo menos un bloque hidrófobo, obteniéndose el bloque hidrófilo de por lo menos un monómero no iónico y/o aniónico.

60 A título de ejemplo, se pueden mencionar los siguientes polímeros u oligómeros anfifílicos: polisacáridos que tienen grupos hidrófobos, en particular grupos alquilo, polietilenglicol y sus derivados.

65 A título de ejemplo, también se pueden mencionar los siguientes polímeros u oligómeros anfifílicos: polímeros de polihidroxiestearato de tres bloques - polietilenglicol - polihidroxiestearato o poliácridamidas hidrófobas.

Los polímeros anfífilos no iónicos, y más particularmente los polímeros alcoxilados (en particular (EO) y/o (PO)), se seleccionan más preferentemente de polímeros de los cuales por lo menos una parte (por lo menos 50% en peso) es miscible en agua.

5 A título de ejemplo de este tipo de polímero, se pueden mencionar los siguientes polímeros, entre otros: polímero de tres bloques de polietilenglicol/polipropilenglicol/polietilenglicol.

Preferentemente, el agente espumante utilizado según la invención es una proteína, en particular una proteína de origen animal, más particularmente queratina.

10 Preferentemente, el agente espumante utilizado según la invención es una proteína con un peso molecular de 1000 a 50000 Daltons.

Los tensioactivos preferidos utilizados según la invención son los tensioactivos no iónicos y los aniónicos.

15 Preferentemente, el agente espumante es utilizado según la invención en una concentración de 0,15 a 1%, más preferentemente de 0,20 a 0,85%, en masa de agente espumante con respecto a la masa de lechada de cemento espumado. Aún más preferentemente, la lechada de cemento espumado comprende por lo menos 0,1% de agente espumante con respecto a la masa de lechada de cemento espumado. Todavía más preferentemente, la lechada de cemento espumado comprende por lo menos 0,3% de agente espumante con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

Según una forma de realización de la invención, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender además partículas minerales.

25 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender 15 a 50% de partículas minerales, más preferentemente de 15 a 40%, todavía más preferentemente de 20 a 35%, expresándose los porcentajes en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

30 Las partículas minerales adecuadas para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención se seleccionan a partir de carbonato de calcio, sílice, vidrio molido, perlas de vidrio huecas o sólidas, gránulos de vidrio, polvos de vidrio expandido, aerogeles de sílice, sílice pirolizada, escorias, arenas silíceas sedimentarias de tierra, cenizas volantes o materiales puzolánicos, o mezclas de los mismos.

35 Las partículas minerales utilizadas según la invención pueden ser materiales puzolánicos (por ejemplo como se define en la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.3), sílice pirolizada (por ejemplo, como se define en la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.7), escorias (por ejemplo, como se define en la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.2), material que contiene carbonato de calcio, por ejemplo piedra caliza (por ejemplo, como se define en la Norma Europea NF EN 197-1 párrafo 5.2.6), adiciones silíceas (por ejemplo, como se define en la Norma de "Hormigón" NF P 18-509), cenizas volantes (por ejemplo, como se describe en la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.4), o sus mezclas.

45 Las cenizas volantes son generalmente partículas pulverulentas comprendidas en el humo de las centrales térmicas que son alimentadas con carbón. Las cenizas volantes se recuperan generalmente por precipitación electrostática o mecánica.

50 La composición química de una ceniza volante depende principalmente de la composición química del carbono sin quemar y del procedimiento utilizado en la central térmica de donde vino. Su composición mineralógica también depende de los mismos factores. Las cenizas volantes utilizadas según la invención pueden tener una naturaleza silícea o cálcica.

Las escorias se obtienen generalmente por enfriamiento rápido de escoria fundida resultante de la fusión de mineral de hierro en un alto horno.

55 Las escorias utilizadas según la presente invención se pueden seleccionar de escorias granuladas de alto horno según la Norma EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.2.

60 La sílice pirolizada utilizada según la presente invención puede ser un material obtenido por la reducción de cuarzo de una calidad muy pura por el carbón en hornos de arco eléctrico utilizados para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio. La sílice pirolizada está generalmente formada de partículas esféricas que comprenden por lo menos 85% en masa de sílice amorfa.

65 Preferentemente, la sílice pirolizada utilizada según la presente invención se puede seleccionar de sílice pirolizada según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.7.

Los materiales puzolánicos utilizados según la presente invención pueden ser materiales silíceos y/o silico-aluminosos naturales, o una combinación de los mismos. Entre los materiales puzolánicos, se pueden mencionar puzolanas naturales, que generalmente son materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias, y puzolanas naturales calcinadas, que son materiales de origen volcánico, arcillas, esquistos o rocas sedimentarias activadas térmicamente.

Preferentemente, los materiales puzolánicos utilizados según la presente invención se pueden seleccionar de los materiales puzolánicos según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.3.

Preferentemente, las partículas minerales utilizadas según la invención pueden ser polvos de piedra caliza y/o escorias y/o cenizas volantes y/o sílice pirolizada. Preferentemente, las partículas minerales utilizadas según la invención son polvos de piedra caliza y/o escorias.

Otras partículas minerales adecuadas para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención son los polvos calcáreos, silíceos o sílico-calcáreos, o mezclas de los mismos.

Las partículas minerales adecuadas para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención pueden provenir parcialmente o en su totalidad del cemento cuando se trata de un cemento mezclado.

Preferentemente, el tamaño promedio de las partículas minerales adecuadas para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención es de 0,1 a 500 μm , por ejemplo de 0,1 a 250 μm . La D_{50} de las partículas minerales es preferentemente de 0,1 a 150 μm , más preferentemente de 0,1 a 100 μm .

Según una forma de realización de la espuma mineral según la invención, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender además un agente espesante.

La expresión «agente espesante» generalmente debe entenderse según la presente invención como cualquier compuesto que hace posible mantener en equilibrio la etapas físicas heterogéneas o facilitar este equilibrio.

Los agentes espesantes adecuados según la invención son preferentemente gomas, celulosa o sus derivados, por ejemplo éteres de celulosa o carboximetil celulosa, almidón o sus derivados, gelatina, agar, carragenanos o arcillas de bentonita.

Las gomas adecuadas según la invención, utilizadas como un agente espesante, son preferentemente seleccionadas de las gomas arábica, tragacanto, algarrobo, dextrano, diután, gelana, guar, escleroglucano, xantana, welan. La expresión «goma» generalmente debe entenderse según la invención como exudados vegetales o secreciones extracelulares con un origen microbiológico.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral de la variante 1 según la invención no comprende agregados ligeros como se describe en la Norma Europea NF EN 206-1 de abril de 2004, por ejemplo perlita. Tampoco comprende cargas ligeras, por ejemplo perlas de poliestireno.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 20 a 35% de agua, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

Otros aditivos también se pueden usar en la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención, por ejemplo pigmentos de color, agentes hidrófobos o agentes descontaminantes (por ejemplo zeolitas o dióxido de titanio).

Variante 2 de la espuma mineral según la invención

Según una segunda variante de la invención, la espuma mineral según la invención se puede producir a partir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de la lechada de cemento espumado

- de 30 a 75% de cemento;
- de 10 a 70% de partículas minerales finas con una D_{50} menor o igual a 5 μm ;
- de 0 a 15% de partículas minerales ultrafinas con una D_{50} menor o igual a 1 μm ;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0,0001 a 1% de un retardador;
- de 0 a 0,1% de un agente espesante;
- de 0,01 a 5% de un agente espumante;
- de 0 a 0,5% de sulfatos alcalinos;
- de 0 a 1% de un acelerador;
- de 10 a 70% de agua;

estando la relación de partículas minerales finas/cemento, expresada en porcentaje en masa, comprendida entre 0,27 y 0,6;

- 5 estando la relación de las partículas minerales ultrafinas/partículas minerales finas, expresada porcentaje en masa, comprendida entre 0 a 0,5.

10 El cemento adecuado para la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención es preferentemente los cementos descritos según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, o mezclas de los mismos. El cemento preferido y adecuado según la invención es el cemento de Portland CEM I, sólo o mezclado con otros cementos, por ejemplo los descritos según la Norma Europea NF EN 197-1 de febrero de 2001. El cemento CEM III también es adecuado.

15 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 35 a 60% de cemento, más preferentemente 40 a 60%.

20 Las partículas minerales finas adecuadas con una D50 inferior o igual a 5 µm según la invención pueden provenir de uno o más materiales seleccionados de cenizas volantes, puzolanas (natural y artificial), polvos de piedra caliza, polvos silíceos, cal, sulfato de calcio (en particular yeso en las formas anhidra o hemihidratada) y escorias.

La D50, también llamada D₅₀, corresponde al percentil 50º de la distribución del tamaño de las partículas, por volumen; es decir, 50% de las partículas tienen un tamaño que es menor o igual a D50 y 50% de las partículas tienen un tamaño que es mayor que D50.

25 La D50 de las partículas finas según la invención es inferior o igual a 5 µm, preferentemente comprendida de 1 a 4 µm, más preferentemente comprendida de 1,5 a 3 µm.

30 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 15 a 60% de partículas minerales finas, más preferentemente de 15 a 40%, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

35 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0 a 8% de partículas minerales ultrafinas, preferentemente 2 a 6%, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

40 Las partículas minerales ultrafinas adecuadas que presenta una D50 inferior a 1 µm utilizadas según la invención pueden provenir de uno o más materiales seleccionados de polvos de piedra caliza, carbonatos de calcio precipitados, puzolanas naturales y artificiales, piedras pómez, cenizas volantes molidas, material triturado de un aglomerante hidráulico de sílice hidratada o carbonatada, y mezclas o comoliendas de los mismos en la forma seca. La expresión «material triturado de un aglomerante hidráulico de sílice hidratada» denota, en particular, los productos descritos en el documento FR 2708592.

45 La D50 de las partículas minerales ultrafinas utilizadas según la invención es inferior o igual a 1 µm, preferentemente comprendida de 10 a 500 nm, más preferentemente comprendida de 50 a 200 nm.

50 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,001 a 0,5% de un retardador, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado. La descripción anteriormente proporcionada en la presente memoria para la selección del retardador se aplica a esta variante de la espuma mineral según la invención.

55 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,001 a 0,01% de un agente espesante, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado. La descripción anteriormente proporcionada en la presente memoria para la selección del agente espesante se aplica a esta variante de la espuma mineral según la invención.

60 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,03 a 1% de un agente espumante, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado. La descripción anteriormente proporcionada en la presente memoria para la selección del agente espumante se aplica a esta variante de la espuma mineral según la invención.

65 Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 0,05 a 0,8% de un acelerador, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

El acelerador adecuado según la invención puede provenir de una o más sales seleccionadas de:

- sales de calcio, sales de potasio y sales de sodio, en las que el anión puede ser nitrato, nitrito, cloruro, formiato, tiocianato, sulfato, bromuro, carbonato, o sus mezclas;
- silicatos y aluminatos alcalinos, por ejemplo silicato de sodio, silicato de potasio, aluminato de sodio, aluminato de potasio, o sus mezclas;
- sales de aluminio, por ejemplo sulfato de aluminio, nitrato de aluminio, cloruro de aluminio, hidróxido de aluminio o sus mezclas;

o sus mezclas.

Preferentemente, la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende 15 a 40% de agua, % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado.

La descripción anteriormente proporcionada en la presente memoria para la selección del reductor de agua, el plastificante o el superplastificante se aplica a esta variante de la espuma mineral según la invención.

Otros aditivos también se pueden usar en la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención, por ejemplo pigmentos de color, agentes hidrófobos o agentes descontaminantes (por ejemplo zeolitas o dióxido de titanio).

Variante 3 de la espuma mineral según la invención

Según una tercera variante de la invención, la espuma mineral según la invención se puede producir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado

- de 30 a 75% de cemento obtenido de un clínker que comprende por lo menos una fase mineralógica $C_4A_3\$$;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0 a 0,1% de un agente espesante;
- de 0,01 a 5% de un agente espumante;
- de 0,00001 a 0,01% de sal de litio;
- de 10 a 70% de agua.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender sulfato de calcio.

El sulfato de calcio utilizado según la presente invención incluye yeso (sulfato de calcio dihidratado, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), hemihidrato ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$), anhidrita (sulfato de calcio anhidro, $CaSO_4$), o una mezcla de los mismos. El yeso y la anhidrita existen en el estado natural. También se puede utilizar el sulfato de calcio producido como un subproducto de ciertos procedimientos industriales.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención puede comprender una sal de litio seleccionada de carbonato de litio, hidróxido de litio, cloruro de litio, nitrato de litio, sulfato de litio, fluoruro de litio, y citrato de litio.

La lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención comprende un cemento obtenido de un clínker que comprende por lo menos una fase mineralógica $C_4A_3\$$. Puede ser un cemento producido del clínker descrito en la solicitud de patente WO 2006/018569, o un cemento obtenido de un clínker que comprende por lo menos una fase mineralógica $C_4A_3\$$, y opcionalmente una fase C_2S , C_3S , $C_{12}A_7$, C_3A , $Ca_5(SiO_4)_2SO_4$ o una fase mineralógica $C_{11}A_7CaF_2$, o sus mezclas.

La descripción anteriormente proporcionada en la presente memoria para la selección del reductor de agua, el plastificante o el superplastificante, el agente espesante y el agente espumante se aplica a esta variante de la espuma mineral según la invención.

Otros aditivos también se pueden usar en la lechada de cemento espumado utilizada para producir la espuma mineral según la invención, por ejemplo pigmentos de color, agentes hidrófobos o agentes descontaminantes (por ejemplo zeolitas o dióxido de titanio).

Uso:

La espuma mineral según la invención puede ser un hormigón prefabricado a pie de obra, un hormigón premezclado o un hormigón producido en una planta de producción de elementos prefabricados. Preferentemente, la espuma mineral según la invención es un hormigón premezclado.

La espuma mineral según la invención también se puede preparar directamente a pie de obra mediante la instalación de un sistema espumante en el pie de obra.

La invención también se refiere al uso de la espuma mineral según la invención como material de construcción.

La espuma mineral según la invención se puede usar para formar paredes durante un pie de obra.

La espuma mineral según la invención se puede usar para lechos de mortero. El lecho de mortero es una capa de recubrimiento que permite cubrir los conductos de servicio en un suelo estructural antes de colocar un suelo radiante y antes de formar la base. El uso de la espuma mineral según la invención como una capa de lecho de mortero permite cubrir conductos de servicio en una sola etapa y aislar térmicamente el suelo radiante de la losa. Este procedimiento según la invención hace posible eliminar la etapa de colocación de la capa aislante añadida entre el lecho de mortero y el suelo radiante.

La invención también se refiere al uso de la espuma mineral según la invención como material aislante.

Ventajosamente, la espuma mineral según la invención hace posible en ciertos casos reemplazar lana de vidrio, lana mineral o material aislante de poliestireno.

Ventajosamente, la espuma mineral según la invención se puede usar para rellenar espacios vacíos o huecos en un edificio, una pared, un muro divisorio, un suelo o un techo. En este caso, se utiliza como un compuesto de relleno.

Ventajosamente, la espuma mineral según la invención se puede usar como revestimiento de fachada para aislar un edificio del exterior. En este caso, la espuma mineral según la invención puede estar recubierta por un compuesto acabado.

La invención también se refiere a un sistema que comprende la espuma mineral según la invención. La espuma mineral puede estar presente en el sistema, por ejemplo como material aislante. El sistema según la invención es un sistema capaz de resistir las transferencias de aire y las transferencias termohídricas, es decir, que este elemento tiene permeabilidad controlada a las transferencias de aire o agua en forma de vapor o líquido.

El sistema según la invención, que resiste las transferencias de aire y las transferencias termohídricas en el campo de la construcción, comprende por lo menos una estructura. Esta estructura puede ser secundaria o primaria. Esta estructura puede ser de metal, fibras de cemento, madera, material compuesto o material sintético. Esta estructura puede ser de metal, un travesaño o una barra.

El sistema según la invención se puede usar para producir un revestimiento, un sistema de aislamiento o un muro divisorio, por ejemplo un muro divisorio de separación, un muro divisorio de distribución o una división interna.

La espuma mineral según la invención se puede verter de manera vertical entre dos paredes, por ejemplo entre dos paredes de hormigón o dos placas de yeso, para obtener un sistema.

La invención también se refiere a un elemento de construcción que comprende la espuma mineral según la invención.

Ejemplos

Método de granulometría por láser

En la presente memoria, incluidas las reivindicaciones adjuntas, las distribuciones de tamaños de partículas y los tamaños de partículas son tal y como se miden usando un granulómetro por láser Malvern MS2000. La medida se efectúa en etanol. La fuente de luz consiste en un láser rojo de He-Ne (632 nm) y un diodo azul (466 nm). El modelo óptico es el de Mie, y la matriz de cálculo es del tipo polidispersa.

El aparato se revisa antes de cada sesión de trabajo por medio de una muestra patrón (sílice Sibelco C10) para la cual se conoce la distribución de tamaños de partículas.

Las medidas se llevan a cabo con los siguientes parámetros: velocidad de la bomba 2300 rpm, y velocidad del mezclador 800 rpm. La muestra se introduce con el fin de establecer un oscurecimiento entre 10 y 20%. La medida se efectúa después de la estabilización del oscurecimiento. El ultrasonido al 80% se aplica primero durante 1 minuto para asegurar la desaglomeración de la muestra. Después de aproximadamente 30 s (para quitar posibles burbujas de aire), se lleva a cabo una medida durante 15 s (15000 imágenes analizadas). Sin vaciar la celda, la medida se repite por lo menos dos veces para verificar la estabilidad del resultado y la eliminación de posibles burbujas.

Todos los valores dados en la descripción y los intervalos especificados corresponden a los valores medios obtenidos con ultrasonido.

Los tamaños de partículas mayores que 200 µm son generalmente determinados por tamizado.

Materiales:

El cemento es un cemento Portland CEM I 52.5 R de la planta de cemento Lafarge de Le Havre (Número de lote: LHY-4062).

El sulfato de calcio es un sulfato de calcio anhidro molido de la planta de Le Pin servido por Etex.

El cemento de aluminato de calcio es un cemento Fondu® de la empresa Pyrallis.

El plastificante es una mezcla que comprende un polióxido de policarboxilato (PCP) de la empresa Chryso bajo la marca Chrysolab EPB 530-017; se basa en Premia 180 el cual no comprende un agente antiespumante.

El retardador es un ácido cítrico anhidro puro de la empresa Verre Labo Mula.

El agente espumante es el Propump 26, una proteína animal de la empresa Propump: el peso molecular de Propump 26 es 6000 Daltons.

Las partículas minerales son carbonato de calcio suministrado por OMYA bajo las siguientes marcas:

- Betocarb HP Entrains, en el que la D₅₀ es 7,8 µm, y tiene un tamaño máximo de partículas de 200 µm (Número de lote: ADD-0549);
- Durcal 1, en el que la D₅₀ es 2,5 µm, y tiene un tamaño máximo de partículas de 20 µm (Número de lote: ADD-0613);
- Durcal 1, en el que la D₅₀ es 3,5 µm, y tiene un tamaño máximo de partícula de 20 µm (Número de lote: ADD-00662);
- Socal 31, en el que la D₅₀ es 90 nm, (Número de lote: MCC-265).

El agente espesante es un biopolímero de la empresa CP Kelco comercializado bajo la marca Kelco-Crete 200.

El acelerador es nitrito de calcio de Chryso comercializado bajo la marca SET 02.

El LiCO₃ es carbonato de litio de la empresa Aldrich.

Agua: agua del grifo.

Materiales:

Los mezcladores Rayneri:

- Un mezclador: modelo R 602 EV (2003) suministrado por la empresa Rayneri. El mezclador se compone de un chasis sobre el cual se colocan los recipientes (capacidad: 10 a 60 litros). La pala de 60 litros fue usada con tipo de pala adaptada al volumen del recipiente. Esta pala es arrastrada por un motor eléctrico que opera en 380 voltios a una velocidad variable. La pala ejerce un movimiento de rotación alrededor de sí misma, acompañada de un movimiento planetario en torno al eje del recipiente.
- Un mezclador Turbotest (MEXP-101, modelo: Turbotest 33/300, Número de Serie: 123861) suministrado por la empresa Rayneri. Fue un mezclador con un eje vertical.

En los siguientes ejemplos, se produjeron 9 espumas minerales según la invención. Están numeradas del 1 al 9. Cada lechada de cemento y cada espuma acuosa lleva el mismo número que el de la espuma mineral obtenida.

1/ Producción de espumas minerales 1 a 5 según la invención que comprenden cemento y cemento de aluminato de calcio (Variante 1):

Producción de lechadas de cemento y cemento de aluminato de calcio:

Las Tablas 1 y 2 que se muestran a continuación en la presente memoria proporcionan las composiciones químicas de las diferentes lechadas de cemento y de la espuma acuosa utilizadas.

La lechada de cemento Portland y la lechada de cemento de aluminato de calcio se produjeron usando el mezclador

Rayneri R 602 EV.

Tabla 1:

		Formulaciones de lechadas de cemento y lechadas de cemento de aluminato de calcio ⁽¹⁾				
		1	2	3	4	5
Lechada de cemento	Cemento CEM I 52,5 R	42,34	42,34	55,7	56,15	56,15
	Betocarb HP Entrains	38,48	38,48	0	0	0
	Durcal 1 (lote ADD-0613)	0	0	22,41	22,59	22,59
	Sulfato de calcio (CaSO ₄)	2,12	2,12	3,90	2,81	2,81
	Agua	16,94	16,94	17,82	18,02	18,02
	Plastificante	0,13	0,13	0,16	0,17	0,17
Lechada de cemento de aluminato de calcio	cemento de aluminato de calcio	73,8	73,8	73,8	73,8	73,8
	Agua	25,83	25,83	25,83	25,83	25,83
	Ácido cítrico	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37

⁽¹⁾ Las cantidades en la Tabla 1 se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de cada lechada.

Tabla 2:

		Formulación de la espuma acuosa ⁽³⁾				
		1	2	3	4	5
Agente espumante: Propump 26 ⁽²⁾		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Agua		95,5	95,5	95,5	95,5	95,5

⁽²⁾ la cantidad de Propump 26 es la cantidad de material activo para el producto comercial.

⁽³⁾ las cantidades de la Tabla 2 se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de espuma acuosa (agua + agente espumante)

Producción de una lechada de cemento espumado según la invención:

La producción de lechadas de cemento espumado (1 a 5) se llevó a cabo de manera continua. Las lechadas de cemento, obtenidas de antemano, se vertieron cada una por separado en un tanque de amortiguador mientras se agitaban en un mezclador Rayneri Turbotest (MEXP-101) que comprende una pala desfloculante (la velocidad de la pala pudo variar de 1000 rpm a 400 rpm dependiendo del volumen de la lechada). Las lechadas se bombearon para los caudales proporcionados en la Tabla 3 utilizando una bomba volumétrica Moineau:

- Bomba de rotor helicoidal Seepex™ MD 003-12 - comisión N°: 245928 para la lechada de cemento de aluminato de calcio; y
- Bomba de rotor helicoidal Seepex™ BN025-12 - comisión N°244921 para la lechada de cemento;

La Tabla 3 que se muestra a continuación en la presente memoria presenta los valores de flujo de cada ingrediente (lechada de cemento y espuma acuosa) utilizado para producir las lechadas de cemento espumado según la invención.

Tabla 3:

		Caudales de las lechadas de cemento y las lechadas de cemento de aluminato de calcio y la espuma acuosa				
		1	2	3	4	5
Lechada de cemento ⁽⁴⁾		1584	2906	3197	3302	3370
Lechada de cemento de aluminato de calcio ⁽⁴⁾		30,95	58,4	124,28	124,28	184,67
Espuma acuosa ⁽⁴⁾		288,18	288,18	263,4	279,92	288,18
D50 media de las burbujas de la espuma mineral (µm)		250	250	250	250	250
Caudales de aire en l/min		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

⁽⁴⁾ Los caudales se proporcionan en mg/min

Producción de la espuma acuosa:

La disolución acuosa del agente espumante se introdujo conjuntamente a través del espumador^(*) con el aire a presión (dentro de un intervalo de 1 a 6 bares) usando una unión en T. La espuma acuosa se generó de manera continua al caudal que se da en la Tabla 3;

(*) (lecho de perlas de vidrio SB30 con un diámetro comprendido de 0,8 a 1,4 mm, empaquetado en un tubo: longitud 100 mm y diámetro 12 mm).

5 Se combinó la lechada de cemento y la lechada de cemento de aluminato de calcio para obtener una tercera lechada de cemento. Posteriormente, la tercera lechada de cemento se combinó con la espuma acuosa que ya circula en el circuito del procedimiento. Así se generó la lechada de cemento espumado según la invención. El mezclador estático fue del tipo de mezclador Kenics®, suministrado por Robbins & Myers Inc., con 16 elementos, diámetro interior: 20 mm, longitud: 260 mm.

10 Se obtuvieron cinco lechadas de cemento espumado, numeradas del 1 al 5; sus composiciones se muestran en la Tabla 4 que se proporcionan a continuación en la presente memoria.

Tabla 4:

	Formulaciones de las lechadas de cemento espumado ⁽⁶⁾				
	1	2	3	4	5
Cemento CEM I 52.5 R	35,24	36,33	49,68	50,14	49,29
Sulfato de calcio (CaSO ₄)	1,76	1,82	3,48	2,51	2,46
Cemento de aluminato de calcio	1,20	1,77	2,56	2,48	3,59
Betocarb HP Entrains	32,02	33,01	0	0	0
Durcal 1 (lote ADD-0613)	0	0	19,99	20,18	19,83
Plastificante	0,11	0,11	0,15	0,15	0,15
Ácido cítrico	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Agente espumante ⁽⁵⁾	0,68	0,53	0,33	0,34	0,34
Agua	30,34	27,48	24,53	24,89	25,00
Relación de CaSO ₄ /cemento	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
Relación de cemento de aluminato de calcio/CaSO ₄	0,68	0,97	0,73	0,98	1,46

⁽⁵⁾ la cantidad de agente espumante es la cantidad de material activo para el producto comercial.
⁽⁶⁾ las cantidades de la Tabla 4 se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de la lechada de cemento espumado

15 *Producción de espumas minerales según la invención:*

20 Las lechadas de cemento espumado 1 a 5 fueron entonces vertidas ya sea en columnas de Plexiglás: 1 o 2 metros de altura y 10 cm de diámetro, o en cubos de poliestireno de 10X10X10 cm de lado. Los cubos se desmoldaron después de las 24h00 y se mantuvieron durante 28 días al 100% de humedad relativa y 20°C. Las columnas se desmoldaron después de las 24h00, se mantuvieron durante 7 días al 100% de humedad relativa y 20°C, después se secaron a 45°C hasta que sus masas se mantuvieron constantes.

25 *Estabilidad de las espumas minerales según la invención:*

30 Después de secar a 45°C y de obtener una masa constante, se cortaron secciones en las columnas a 2 cm desde la parte inferior y 2 cm desde la parte superior de la columna. Las secciones tuvieron 10 centímetros de altura. Las secciones se midieron cuidadosamente y se evaluaron las densidades. La densidad obtenida en la parte inferior de la columna y la diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior de la columna están registradas en la Tabla 5.

Tabla 5:

	Estabilidad de las columnas				
	1	2	3	4	5
Densidad seca en la parte inferior de la columna (kg/m ³)	271	447	467	466	471
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior en la columna de 1 metro (en %)	0,4	7,5	n.d.	n.d.	n.d.
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior en la columna de 2 metros (en %)	n.d.	n.d.	17,6	14	17,63
n.d. no determinada					

35 *Conductividad térmica de las espumas minerales según la invención:*

40 La conductividad térmica se midió utilizando un dispositivo de medida de conductividad térmica: el CT-metro (Resistencia 5 Ω, alambre de la sonda 50 mm). Las muestras se secaron en un horno de secado a 45°C hasta que su masa se mantuvo constante. La muestra se cortó entonces en dos trozos iguales utilizando una sierra. La sonda de medida se colocó entre los dos lados planos de estas dos mitades de muestras (los lados aserrados). El calor se transmitió de la fuente hacia el termopar a través del material que rodea a la sonda. El aumento de temperatura del

termopar se midió a lo largo del tiempo, y se calculó la conductividad térmica de la muestra.

Los valores se muestran en la Tabla 6.

5

Tabla 6:

	Conductividad térmica				
	1	2	3	4	5
Conductividad térmica (W/m·K)	0,114	0,188	0,159	0,166	0,164

Resistencias a la compresión mecánica de las espumas minerales:

10 La resistencia mecánica se ensayó en los cubos de 10X10X10 cm. Cada muestra fue sometida a esfuerzo de compresión mecánica hasta el fallo de la muestra utilizando una prensa Zwick™ (PRES-0018-1997/03). De esta manera se midió la fuerza máxima ejercida sobre la superficie de la muestra. Se dedujo una resistencia a la compresión. Las medidas se llevaron a cabo en un ambiente de temperatura estabilizada (23°C) y 50% de humedad relativa. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7. Cada valor es una media de tres medidas.

15

Tabla 7:

	Resistencia a la compresión				
	1	2	3	4	5
Resistencia a la compresión (Pa)	0,21	1,29	2,73	2,66	2,83

20 2/ Producción de espumas minerales 6 a 8 según la invención que comprenden cemento y partículas finas (Variante 2)

Producción de lechadas de cemento Portland:

25 Las Tablas 8 y 9 que se muestran a continuación en la presente memoria presentan las composiciones químicas de las lechadas de cemento (Tabla 8) y de la espuma acuosa (Tabla 9) utilizadas.

Tabla 8:

	Formulación de lechadas de cemento ⁽⁷⁾		
	6	7	8
Cemento CEM I 52.5 R	58,88	58,88	56,42
Durcal 1 (lote: ADD-00662)	22,08	22,08	21,08
Socal 31	0	0	4,23
Plastificante	0,26	0,26	0,34
Retardador	0,24	0,24	0,23
Agua	18,53	18,53	17,71
W/C	0,31	0,31	0,31
Relación de finos/cemento	0,375	0,375	0,373
Relación de ultrafino/finos	0	0	0,2

⁽⁷⁾ Las cantidades en la Tabla 8 se dan en % en masa con respecto a la masa total de cada lechada.

30

Tabla 9:

	Formulación de espuma acuosa ⁽⁹⁾		
	6	7	8
Agente espumante Propump 26 ⁽⁸⁾	4,24	4,5	4,24
Acelerador	15,38	0	15,28
Agente espesante	0,07	0	0
Agua	80,32	95,5	80,47

⁽⁸⁾ la cantidad de Propump 26 es la cantidad de material activo del producto comercial.

⁽⁹⁾ Las cantidades en la Tabla 9 se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de espuma acuosa (agua + agente espumante)

Producción de una lechada de cemento espumado según la invención:

35 La producción de lechadas de cemento espumado (6 a 8) se llevó a cabo de manera continua. Las lechadas de cemento, obtenidas de antemano, se vertieron en un tanque de amortiguador mientras se agitaban en un mezclador Rayneri Turbotest (MEXP-101) que comprende una pala desfloculante (la velocidad de la pala pudo variar de 1000

rpm a 400 rpm dependiendo del volumen de la lechada). Las lechadas se bombearon para los caudales proporcionados en la Tabla 10 usando una bomba volumétrica Moineau (bomba de rotor helicoidal Seepex™ MD 003-12 - comisión N°: 245928).

- 5 La Tabla 10 que se muestra a continuación en la presente memoria presenta los caudales para cada ingrediente (lechada de cemento y espuma acuosa) utilizado para producir las lechadas de cemento espumado según la invención.

Tabla 10:

10

	6	7	8
Lechada de cemento (g/min)	3370	4296	4072
Espuma acuosa (g/min)	296	276	314
D50 media de las burbujas de la espuma acuosa (µm)	251	250	250
Caudales de aire (l/min)	5,2	5,2	5,2

Producción de la espuma acuosa:

- 15 La disolución acuosa del agente espumante se introdujo conjuntamente a través del espumador^(*) con el aire a presión (dentro de un intervalo de 1 a 6 bares) usando una unión en T. La espuma acuosa se generó de manera continua al caudal que se proporciona en la Tabla 10;

^(*) (lecho de perlas de vidrio SB30 con un diámetro comprendido de 0,8 a 1,4 mm, empaquetado en un tubo: longitud 100 mm y diámetro 12 mm).

20

Se combinó la lechada de cemento y la espuma acuosa que ya circula en el circuito del procedimiento. A continuación se generaron las lechadas de cemento espumado según la invención. El mezclador estático fue del tipo de mezclador Kenics® suministrado por Robbins & Myers Inc., con 16 elementos, diámetro interior: 20 mm, longitud: 260 mm.

25

Tabla 11: Formulación de las lechadas de cemento espumado ⁽¹¹⁾

	6	7	8
Cemento CEM I 52.5 R	54,94	55,47	52,62
Durcal 1 (lote ADD-00662)	20,60	20,80	19,66
Socal 31	0	0	3,95
Plastificante	0,12	0,12	0,16
Retardador	0,05	0,06	0,05
Agente espesante	0,005	0	0
Agente espumante ⁽¹⁰⁾	0,08	0,07	0,08
Acelerador	0,31	0	0,26
Agua	24,23	23,48	23,23
Relación de partículas minerales finas/cemento	0,37	0,37	0,37
Relación de partículas minerales ultrafinas/partículas minerales finas	0	0	0,20

⁽¹⁰⁾ la cantidad de agente espumante es la cantidad de material activo para el producto comercial.

⁽¹¹⁾ las cantidades de la Tabla 11 se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de lechada de cemento espumado

Producción de espumas minerales según la invención:

30

Las lechadas de cemento espumado 6 a 8 fueron entonces ya sea vertidas en columnas de Plexiglás: 1, 2 o 3 metros de altura y 20 cm de diámetro, o en cubos de poliestireno de 10X10X10 cm de lado. Los cubos se desmoldaron después de las 24h00 y se mantuvieron durante 28 días al 100% de humedad relativa y 20°C. Las columnas se desmoldaron después de las 24h00, se mantuvieron durante 7 días al 100% de humedad relativa y 20°C, después se secaron a 45°C hasta que su masa se mantuvo constante.

35

Estabilidad de las espumas minerales 6 a 8 según la invención:

40

Después de secar a 45°C y de obtener una masa constante, se cortaron secciones en las columnas a 2 cm desde la parte inferior y 2 cm desde la parte superior de la columna. Las secciones tuvieron de 10 centímetros de altura. Las secciones se midieron cuidadosamente y se evaluaron las densidades. La densidad obtenida en la parte inferior de la columna y la diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior de la columna están registradas en la Tabla 12.

Tabla 12:

	6	7	8
Densidad seca en la parte inferior de la columna (kg/m ³)	487	537	568
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior en la columna de 1 metro (en %)	7,6	8,9	10,7
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior en la columna de 2 metros (en %)	16,4	15	17
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior en la columna de 3 metros (en %)	23	24	24

Conductividad térmica de las espumas minerales 6 a 8 según la invención:

La conductividad térmica se midió utilizando un dispositivo de medida de conductividad térmica: el CT-metro (Resistencia 5 Ω , alambre de la sonda 50 mm). Las muestras se secaron en un horno de secado a 45°C hasta que su masa se mantuvo constante. La muestra se cortó entonces en dos trozos iguales utilizando una sierra. La sonda de medida se colocó entre los dos lados planos de estas dos mitades de muestras (los lados aserrados). El calor se transmitió de la fuente hacia el termopar a través del material que rodea a la sonda. El aumento de temperatura del termopar se midió a lo largo del tiempo, y se calculó la conductividad térmica de la muestra. Los valores se proporcionan en la Tabla 13.

Tabla 13:

	Conductividad térmica		
	6	7	8
Conductividad térmica (W/m·K)	0,132	0,172	0,168

Resistencias a la compresión mecánica de las espumas minerales 6 a 8:

La resistencia mecánica se ensayó en los cubos de 10X10X10 cm. Cada muestra fue sometida a esfuerzo de compresión mecánica hasta el fallo de la muestra utilizando una prensa Zwick™ (PRES-0018-1997/03). De esta manera se midió la fuerza máxima ejercida sobre la superficie de la muestra. Se dedujo una resistencia a la compresión. Las medidas se llevaron a cabo en un ambiente de temperatura estabilizada (23°C) y 50% de humedad relativa. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 14. Cada valor es una media de tres medidas.

Tabla 14:

	Resistencia a la compresión		
	6	7	8
Resistencia a la compresión (Pa)	n.d.	2,31	2,96
n.d. no determinada			

3/ Producción de una espuma mineral 9 según la invención que comprende cemento (Variante 3)

La espuma mineral 9 se produjo según el mismo procedimiento que el de las espumas de 6 a 8. Esta espuma mineral 9 se produjo a partir de un cemento obtenido del clínker descrito en la solicitud de patente WO 2006/018569 (cemento A).

La composición química de la lechada de cemento fue la siguiente:

	g ⁽¹²⁾
Cemento A	72,22
Agente espesante	0,02
Plastificante	0,65
Agua	27,11
⁽¹²⁾ Las cantidades se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de cada lechada.	

La composición química de la espuma acuosa fue la siguiente:

	g ⁽¹⁴⁾
Agente espumante: Propump 26 ⁽¹³⁾	4,5
LiCO ₃	0,11
Agua	95,4
⁽¹³⁾ la cantidad de agente espumante es la cantidad de material activo para el producto comercial.	
⁽¹⁴⁾ las cantidades de la Tabla se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de la espuma acuosa (agua + agente espumante)	

Caudales de la lechada de cemento y la espuma acuosa

	9
Lechada de cemento (g/min)	4016
Espuma acuosa (g/min)	259
D50 media de las burbujas de la espuma acuosa (μm)	250
Caudales de aire (l/min)	5,3

5 Formulación de la lechada de cemento espumado:

	$\text{g}^{(16)}$
Cemento A	67,84
Plastificante	0,31
Agente espesante	0,005
Agente espumante ⁽¹⁵⁾	0,07
Carbonato de litio	0,0016
Agua	31,78

⁽¹⁵⁾ la cantidad de agente espumante es la cantidad de material activo para el producto comercial.

⁽¹⁶⁾ las cantidades se proporcionan en % en masa con respecto a la masa total de la lechada de cemento espumado

	9
Densidad seca para la parte inferior de la columna (kg/m^3)	536
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior de la columna de 1 metro (en %)	1,3
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior de la columna de 2 metros (en %)	19,4
Diferencia de densidad entre la parte superior y la parte inferior de la columna de 3 metros (en %)	21

El valor de la conductividad térmica obtenido fue $0,117 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. La resistencia a la compresión obtenida fue $1,88 \text{ Pa}$.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento continuo para la producción de una espuma mineral que comprende las etapas siguientes:

- (i) preparar por separado una o más lechadas de cemento, y una espuma acuosa para la que la D50 de las burbujas de aire de la espuma es inferior o igual a 400 µm;
- (ii) homogeneizar esta o estas lechada(s) de cemento con la espuma acuosa para obtener una lechada de cemento espumado;
- (iii) verter la lechada de cemento espumado y dejar que fragüe.

2. Procedimiento para la producción de una espuma mineral según la reivindicación 1, en el que la D50 de las burbujas es de 100 a 400 µm, preferentemente de 150 a 300 µm.

3. Procedimiento para la producción de una espuma mineral según la reivindicación 1, en el que la etapa (i) comprende la preparación de dos lechadas de cemento, una de las cuales es una lechada de cemento de aluminato de calcio.

4. Procedimiento para la producción de una espuma mineral según las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa (ii) comprende introducir la lechada o lechadas de cemento y la espuma acuosa en un mezclador estático para obtener una lechada de cemento espumado.

5. Espuma mineral obtenible según el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

6. Espuma mineral obtenible según la reivindicación 5 que presenta una densidad de 100 a 600 kg/m³.

7. Espuma mineral según la reivindicación 5 o 6 producida a partir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de la lechada de cemento espumado:

- de 20 a 70% de cemento;
- de 1 a 5% de sulfato de calcio;
- de 0,5 a 10% de cemento de aluminato de calcio;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0,001 a 0,5% de un retardador;
- de 0,1 a 5% de un agente espumante;
- de 15 a 40% de agua;

siendo la razón de cemento de aluminato de calcio/sulfato de calcio, expresada en porcentaje en masa, de 0,5 a 2,5;

siendo la razón de sulfato de calcio/cemento, expresada en porcentaje en masa, de 0,03 a 0,09.

8. Espuma mineral según la reivindicación 7, en la que la lechada de cemento espumado comprende 15 a 50% de partículas minerales.

9. Espuma mineral según la reivindicación 8, en la que las partículas minerales se seleccionan de entre carbonato de calcio, sílice, vidrio molido, perlas de vidrio huecas o sólidas, gránulos de vidrio, polvos de vidrio expandido, aerogeles de sílice, humo de sílice, escorias, arenas síliceas sedimentarias molidas, cenizas volantes o materiales puzolánicos, o mezclas de los mismos.

10. Espuma mineral según la reivindicación 7 u 8, en la que la razón de cemento de aluminato de calcio/sulfato de calcio es de 0,6 a 2,2.

11. Espuma mineral según la reivindicación 7 u 8, en la que la razón de sulfato de calcio/cemento es de 0,04 a 0,08.

12. Espuma mineral según la reivindicación 5 o 6, producida a partir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de la lechada de cemento espumado

- de 30 a 75% de cemento;
- de 10 a 70% de partículas minerales finas con una D50 inferior o igual a 5 µm;
- de 0 a 15% de partículas minerales ultrafinas con una D50 inferior o igual a 1 µm;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0,0001 a 1% de un retardador;
- de 0 a 0,1% de un agente espesante;
- de 0,01 a 5% de un agente espumante;
- de 0 a 0,5% de sulfatos alcalinos;

- de 0 a 1% de un acelerador;
- de 10 a 70% de agua;

5 estando la razón de partículas minerales finas/cemento, expresada en porcentaje en masa, comprendida entre 0,27 y 0,6;

estando la razón de partículas minerales ultrafinas/partículas finas, expresada en porcentaje en masa, comprendida entre 0 y 0,5.

10 13. Espuma mineral según la reivindicación 5 o 6, producida a partir de una lechada de cemento espumado que comprende por lo menos, en % en masa con respecto a la masa de lechada de cemento espumado

- 15 - de 30 a 75% de cemento obtenido a partir de un clínker que comprende por lo menos una fase mineralógica C_4A_3S ;
- de 0,05 a 3% de un reductor de agua, un plastificante o un superplastificante;
- de 0 a 0,1% de un agente espesante;
- 20 - de 0,01 a 5% de un agente espumante;
- de 0,00001 a 0,01% de sal de litio;
- 25 - de 10 a 70% de agua.

14. Utilización de la espuma mineral según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13 como material de construcción y como material aislante.

15. Elemento de construcción que comprende una espuma mineral según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13.