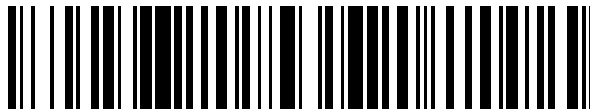


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 672**

21 Número de solicitud: 201530329

51 Int. Cl.:

C04B 14/04 (2006.01)

C04B 22/06 (2006.01)

C04B 28/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

13.03.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.09.2016

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (50.0%)
C/ SERRANO 117
28006 MADRID ES y
UNIVERSIDAD DE ALMERIA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ SOTO, Pedro José;
GOTOR MARTÍNEZ, Francisco José;
FERNÁNDEZ ESCOBAR, Norberto y
GARZÓN GARZÓN, Eduardo**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE UN MORTERO IMPERMEABILIZANTE QUE EMPLEA FILITAS, PRODUCTO OBTENIDO Y UTILIZACIÓN**

57 Resumen:

Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas, producto obtenido y utilización.

La presente invención trata de un mortero impermeabilizante inorgánico que emplea filitas con una granulometría específica en su formulación, un aglomerante y un aditivo orgánico de alto peso molecular con, al menos, un grupo éter. El aditivo incorporado al mortero aumenta la resistencia mecánica del mismo en función del tiempo de fraguado. La invención también está relacionada con el procedimiento de preparación del mortero impermeabilizante y con su aplicación, incluso proyectado, para superficies horizontales y verticales en obra civil, según el porcentaje en peso de filitas en su formulación.

ES 2 582 672 A2

DESCRIPCION

Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas, producto obtenido y utilización.

5 SECTOR DE LA INVENCION

La presente invención se enmarca en el sector de la construcción y más concretamente, en la industria de productos impermeabilizantes inorgánicos para disponer de productos alternativos y sustituir más eficientemente a otros disponibles en el mercado, como pueden ser:

- 10 (a) los aglomerantes hidrocarbonatos,
(b) los basados en materiales poliméricos derivados del petróleo (betún),
(c) los de origen vegetal (alquitrán) que se utilizan solos o aplicados sobre una matriz de origen mineral (fibra de vidrio) u orgánica (fibras vegetales), en la impermeabilización por ejemplo de tejados, con bastantes inconvenientes de aplicación, además de ser productos
15 que contienen compuestos orgánicos, y
(d) las láminas plásticas de PVC (cloruro de polivinilo) y PE (polietileno) de alta densidad sobre geotextiles en la ejecución, por ejemplo, de balsas impermeabilizadas y que necesitan mantenimientos periódicos.

20 ESTADO DE LA TECNICA

Las filitas son rocas que se pueden encontrar a nivel mundial en importantes yacimientos de EE.UU. de América del Norte, México, África y China, además de países como Grecia (Zheng Y.F. et al., Int. Geol.. Review 8, 851-871, 2005; Karakitsios V. y Rigakis N., J. Petrol. Geol.. 3, 197-218, 2007; Oliva-Urcia B. et al., Tectonophysics 486, 120-131, 2010).

- 25 Las características principales de estas materias primas naturales denominadas filitas son su peso específico relativamente bajo, con láminas de exfoliación que pueden hacer que sean flexibles e incluso elásticas. La estructura más común entre los silicatos laminares o filosilicatos que forman las filitas es la hoja de tetraedros de silicio (SiO_4) de extensión
30 indefinida. Estos grupos tetraédricos se unen entre sí compartiendo entre 3-4 oxígenos con estructuras vecinas para formar las capas que constituyen la unidad fundamental de los

filosilicatos y, a veces, el silicio tetraédrico puede ser sustituido por iones trivalentes como aluminio o hierro. Las filitas se caracterizan por tener una composición química sílicoaluminosa, con predominio de sílice sobre alúmina, con abundante contenido en silicatos laminares, como son clorita y mica moscovita o illita, además de la presencia de
5 minerales como el cuarzo y los de tipo silicatos laminares interestratificados (“mixed-layer”), como pueden ser clorita-esmectita o clorita-illita. La microestructura de las filitas estudiada por microscopía electrónica viene determinada por una morfología predominantemente laminar, de ahí su denominación como hojas y láminas, más o menos apiladas, presentándose en láminas dispersas de distintos tamaños y agrupaciones de espesor
10 variable, de acuerdo con el contenido mayoritario en filosilicatos (clorita, illita e interestratificados).

En la Península Ibérica, la localización de filitas es extensa en todo su territorio: por ejemplo, en la zona más septentrional (Noroeste de Galicia), en la parte meridional (Huesca y Lérida),
15 así como en el Sureste de Andalucía y Extremadura. Otra zona de interés, donde se pueden encontrar yacimientos de filitas, es la de Sierra Alhamilla (Almería), en la que el color de éstas puede variar entre el azul, el violeta y rojizo, fruto de la presencia de calizas, dolomías y óxidos de hierro, todas ellas pertenecientes al Complejo Alpujárride (Lonergan L. y Platt J. P., J. Struct. Geol. 17, 1655-1671, 1995).

20 Las filitas se han venido empleando tradicionalmente en su forma natural y compactadas para cubrimiento e impermeabilización de tejados, cubiertas, explanadas y balsas debido a sus propiedades de compactación, su porosidad en seco y su escasa permeabilidad al agua (Garzón E. et al., X-Ray Spectrom. 38, 429-438, 2009). Sobre la permeabilidad al agua no
25 existían datos experimentales, sólo una apreciación física que resultaba del conocimiento extendido de esa aplicación, además de su abundancia en la zona y su bajo coste que favorecían dicha aplicación. Sin embargo, no fue hasta hace pocos años cuando se estudió con detalle y en profundidad la permeabilidad al agua y las propiedades de retención de agua, propiedades características de las filitas, así como otras propiedades físicas y
30 geotécnicas (Garzón E., Sánchez-Soto P. J. y Romero E., Appl. Clay Sci. 48, 307-318, 2010). De hecho, este estudio previo ha sido de interés para investigar la preparación de un mortero impermeabilizante objeto de la presente invención.

Recientemente, se han realizado estudios físico-químicos en profundidad sobre las filitas en cuanto a la localización de distintos yacimientos y la caracterización de su composición química y mineralógica, además de sus propiedades tecnológicas y geotécnicas más interesantes (Garzón E., Ruiz-Conde A. y Sánchez-Soto P. J., Am. J. Anal. Chem. 3, 347-363, 2012).

En la patente española 2341697 se describe un método de prospección y caracterización de materias primas utilizadas como impermeabilizantes, con potencial interés cerámico y en la construcción.

En el mercado existen materiales impermeabilizantes que se vienen aplicando y emplean aglomerantes hidrocarbonados derivados del petróleo (betún) o de origen vegetal (alquitrán), utilizados solos o aplicados sobre una matriz de origen mineral (fibra de vidrio) u orgánica (fibras vegetales o pelos de animales), etc. en la impermeabilización de elementos de construcción sometidos a riesgos por el agua, como pueden ser los tejados. Poseen bastantes inconvenientes de aplicación, además de su elevado coste por ser algunos derivados del petróleo y aumentar dicho coste durante los últimos años; otros son productos que contienen compuestos orgánicos. Igualmente se utilizan láminas plásticas de PVC (cloruro de polivinilo) y PE (polietileno) de alta densidad (HDPE) sobre materiales geotextiles en la ejecución, por ejemplo, de balsas impermeabilizadas y túneles resistentes al agua. Su durabilidad es temporal al degradarse con el tiempo y deben ser reemplazados con cierta periodicidad para evitar problemas de fugas.

En la patente ES 2269425 se describe un método de impermeabilización al agua de túneles que comprende aplicación por rociado de una primera capa de hormigón de cemento sobre la superficie excavada del túnel, estableciendo sobre dicha primera capa de hormigón una capa conductora de agua de tipo tampón o compensadora por fijación de una tela no tejida, con pulverización de fibras, que comprenden poliéster, polipropileno o una mezcla de los mismos, o placas de formas irregulares, estableciendo una lámina de impermeabilización comprendiendo un elemento laminar de plástico o goma, polímero que es polietileno y goma sin reticular, y una capa adhesiva con un recubrimiento secundario de hormigón.

Otro grupo de impermeabilizantes se ha desarrollado sobre la base de arcillas, destacando las bentonitas, esmectitas y montmorillonitas, con multitud de productos y aplicaciones. Se

trata de arcillas altamente expansivas, que contienen sodio, de baja expansión, que contienen calcio, o bien bentonitas intermedias. Las más utilizadas en impermeabilización son las bentonitas sódicas, aunque también se utilizan mezclas que combinan láminas de polietileno de alta densidad (HDPE) y una capa de bentonita sódica (Browning G.R.J.,
5 Trans. Inst. Min. Metall. Sect. B, 107, 120-128, 1998) o bien varias capas donde la parte interna es bentonita sódica y los otros materiales geotextiles y un tipo de polipropileno, realizando en este caso la función de impermeabilización la bentonita sódica (Degussa Construction Chemicals Spain, Technical Report on Bentofix BFG 5000: a Geocomposite containing bentonite for impermeabilization, Barcelona, 2007).

10

La patente KR100668467B, se refiere a una composición de mortero que incorpora "filita", lo que le confiere propiedades anti-fúngicas y anti-bacterianas, con una formulación de mortero propuesto en la invención que incorpora hasta un 10-60 % en peso de filita además de otros materiales aglomerantes, áridos y aditivos. La filita se presenta en un tamaño de partícula de
15 70-100 mesh que corresponde a 0,149-0,210 mm, en una proporción preferida de 40-60 % pero ni se pretende ni se refiere ventaja alguna relativa a conferir propiedades impermeabilizantes al mortero obtenido una vez aplicado.

20

Asimismo, la patente CN103224373A se refiere a una composición que incorpora también "filita" con un tamaño de partícula inferior a 200 mesh (< 0.074 mm) y se presenta en 29-31 partes frente a otros componentes de la formulación, entre los que destaca pulpa de madera, fosfoyeso obtenido como residuo industrial, cemento, vermiculita en polvo y grafito. Dichos componentes se someten a mezclado, deshidratación, curado, secado y moldeo para producir en definitiva una plancha con propiedades antiestáticas, pero no se menciona
25 en ningún caso la composición propuesta en la presente memoria ni que se pretendan obtener ventajas en cuanto a la impermeabilidad del material obtenido.

30

Es importante distinguir entre formulaciones de mortero que incorporan un material natural inorgánico de origen mineral, formado por una mayoría de filosilicatos (silicatos laminares) caracterizados por presentarse en láminas, como ya se ha descrito al principio de estos
antecedentes y que se denominan "filitas", en inglés "phyllites", de otros materiales comerciales con denominaciones tales como "Fillite", ya que así se refiere un material artificial aplicado como un relleno ligero en morteros comercializados por la empresa Trelleborg Ltd., o bien como "Pirofilita" o en inglés "Pyrophyllite", ya que en este último caso

se refiere a un único silicato laminar de tipo 2:1 (2 tetraedros de silicio por 1 octaedro de aluminio), con una estructura análoga al talco y propiedades físicas similares pero con aluminio y silicio (Sánchez-Soto P. J., Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. 48, 59-64, 2009).

5 Los antecedentes del estado de la técnica, relativos a formulaciones de mortero que incorporan filitas, se refieren a las mismas como una de las muchas materias primas o materiales que componen el mortero o el propio cemento, sin proporcionar especiales preferencias por las filitas, sin concretar acerca del tamaño de las partículas o granos que sean deseables y tampoco sin referir, en particular, sobre propiedades impermeabilizantes proporcionadas por dicho material o el material final obtenido. De este modo, es frecuente encontrar antecedentes del estado de la técnica que mencionan a filitas junto a micas, pizarras y esquistos, entre otros materiales de relleno o áridos, pero sobre los que no se explicita de una forma particular que confieran propiedades impermeabilizantes más allá de las que serían deseables para cualquier mortero.

15 Así pues, en el desarrollo de morteros impermeabilizantes para usos en obra civil se tiene que tener en cuenta la presencia de áridos de menor tamaño y aditivos especiales para darles mayor eficacia y, por tanto, dar lugar a una menor cantidad de poros y de menor tamaño. Deben poseer el menor número de conductos capilares en su interior una vez que han fraguado, lo que evita la succión de agua por fuerzas capilares. En términos de porosidad y permeabilidad, el material puede contener poros de distintos tamaños aunque éstos pueden no estar conectados, es decir, que presentaría una baja permeabilidad. También el aditivo es muy importante en cuanto al carácter impermeabilizante y pueden ser jabones metálicos (estearatos, oleatos, etc.) que son de carácter hidrófobo, pero también sales como sulfato de aluminio, carbonato de sodio, además de materiales coloidales susceptibles de hincharse.

Por ejemplo, se han desarrollado morteros con armaduras en forma de fibras sintéticas y resinas acrílicas de base acuosa, consiguiendo pastas maleables de alto poder adhesivo. Una vez secas, presentan gran flexibilidad y una alta capacidad de impermeabilización. Como antecedente del estado de la técnica es de interés mencionar la patente española 2247924, que describe un mortero al que se le incorporan unas armaduras en forma de pelos de fibra sintética y resina acrílica de base acuosa, consiguiendo una pasta maleable de alto poder adhesivo, que una vez seca presenta una gran flexibilidad y una alta

capacidad de impermeabilización. Asimismo, los aditivos fluidificantes (que imparten fluidez) aumentan la resistencia a la flexión del mortero y los hacen menos porosos.

5 El mortero impermeabilizante de la presente invención que emplea filitas tiene como ventaja que se puede aplicar fácilmente sobre la superficie a impermeabilizar, ya que sólo necesita ser mezclado con agua. Sin embargo, las filitas aplicadas en los tejados y cubiertas de forma tradicional necesitan ser compactadas, como ya se ha mencionado, y también es necesario realizar reparaciones y aportes periódicos de material, ya que se va arrastrando por la lluvia y el viento.

10

Asimismo, el mortero de la invención que utiliza filitas en su formulación puede ser empleado en balsas, embalses e instalaciones agropecuarias para ser impermeabilizadas porque, además, posee la ventaja que permite la entrada de maquinaria pesada para realizar labores de mantenimiento, como extracción de purines o limpieza. Estas operaciones no se pueden realizar en balsas y embalses impermeabilizados con PVC o HDPE, ya que se romperían las láminas.

15

EXPLICACION DE LA INVENCION

20 Constituye un primer aspecto de la presente invención un procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas en su formulación, el cual comprende las siguientes etapas:

- a) al menos una etapa de triturado de las filitas.
- b) al menos una etapa de tamizado de las filitas trituradas en la etapa anterior, seleccionándose las que tienen un tamaño de partículas inferior a 0,08 mm.
- 25 c) secado de las filitas trituradas y tamizadas en las etapas anteriores a 110°C durante al menos 12 horas.
- d) mezclado de las filitas trituradas y tamizadas en las etapas anteriores con un aglomerante en proporciones comprendidas entre el 1%/99% (filita/aglomerante) y el 99%/1% (filita/aglomerante).
- 30 e) homogeneización de la mezcla obtenida en la etapa anterior durante un periodo de tiempo comprendido entre 8 y 30 min.

En una forma de realización particular, las filitas con un porcentaje de humedad superior al 2% se someten a una etapa de secado a 110°C durante al menos 12 horas antes de la etapa de triturado.

- 5 En otra forma de realización, el rechazo de la primera etapa de tamizado es sometido a sucesivas nuevas etapas de trituración y tamizado.

En todas las formas de realización de la invención, se seleccionan las filitas que tienen un tamaño de partículas inferior a 0,063 mm.

10

Opcionalmente, tras la etapa de secado a 110°C durante al menos 12 horas, se realiza otro secado al aire en corriente de aire seco.

- 15 En un modo de realización preferente, el aglomerante es cemento y más preferentemente cemento blanco que contiene al menos *clinker* con un tamaño de partículas inferior a 0,063 mm.

- 20 En otro modo de realización preferente de la invención, en la etapa de homogeneización se incluye un aditivo que se incorpora a la mezcla de filitas y aglomerante en un porcentaje comprendido entre el 1% y el 0,001% en peso, preferentemente 0,005 % para mejorar así la resistencia mecánica del mortero en función del tiempo de fraguado. Preferentemente, el aditivo es un compuesto orgánico de alto peso molecular con al menos un grupo éter, más preferentemente éter de almidón.

- 25 En un modo de realización especialmente preferido se seleccionan las mezclas de filitas y aglomerante que presenten valores de densidad superiores a 0,5 g/cm³ y un porcentaje en peso de filitas igual o superior al 70 % en peso.

- 30 Constituye otro aspecto de la presente invención un mortero impermeabilizante preparado mediante el procedimiento referido, caracterizándose dicho mortero porque la distribución de tamaños de las partículas de filita está comprendida entre 0,001 y 0,08 mm y porque el tamaño medio de las partículas de filita es de 23 µm. El mortero posee una consistencia inferior a 140 mm, una superficie específica superior a 5 m²/g, una retención de agua superior al 80 % en peso, una resistencia mecánica a compresión superior a 4 N/mm² a los

28 días de fraguado, una resistencia mecánica a la flexión superior a 6 N/mm^2 a los 28 días de fraguado y un coeficiente de permeabilidad mínimo de 1×10^{-12} también a los 28 días de fraguado.

- 5 Constituye un último aspecto de la presente invención la utilización del mortero impermeabilizante en obras de construcción y en revestimientos sobre superficies a impermeabilizar, una vez mezclado con agua y sin necesidad de compactación, preferentemente muros, techos, tejados, balsas y acequias de riego. La mezcla con agua de amasado se realiza en proporción comprendida entre 30 y 50 % en peso, preferentemente al
- 10 40%, para garantizar una consistencia como mortero seco inferior a 140 mm.

En estas condiciones, el tiempo de fraguado del mortero está comprendido entre 7 y 28 días.

- 15 El mortero puede emplearse, alternativamente, en sistemas de proyección para su aplicación directa en obra civil para paredes verticales y superficies horizontales.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

- El objeto principal de la presente invención es un procedimiento de preparación de un
- 20 mortero impermeabilizante que emplea filitas como materias primas naturales en su formulación. Las filitas contienen filosilicatos, silicatos laminares, en su composición mineral predominando clorita y mica moscovita o illita sobre otros de tipo interestratificados, además de cuarzo e indicios de otros minerales de tipo silicato u óxidos, como son feldespatos y óxidos de hierro.

- 25 Las filitas, una vez secadas, se someten a una etapa de trituración y molienda previa, seguida de tamizado para obtener un tamaño medio de partículas inferior a 0,08 mm. Se tritura el rechazo, seguido de otro tamizado del polvo resultante para obtener un tamaño de partículas final inferior a 0.08 mm y que la mayor parte de la filita como tal roca inicial sea
- 30 aprovechada. Esta reducción de tamaño de las partículas favorece las reacciones posteriores con un aglomerante, el aumento de la superficie específica y la distribución de tamaño de poros en el mortero obtenido una vez que ha fraguado, según se ha comprobado, influyendo en sus propiedades como material impermeabilizante. De este

modo se distingue de las invenciones mencionadas en el estado de la técnica que pueden emplear materias primas de similares características de tipo filosilicatos bajo la denominación de filitas.

5 Las filitas trituradas y tamizadas, secadas de nuevo, se mezclan con un aglomerante en distinta proporción que comprende entre el 1%/99% (filita/aglomerante) y el 99%/1% (filita/aglomerante). Se pueden seleccionar las mezclas que presenten mayores valores de densidad, superiores a $0,5 \text{ g/ cm}^3$, y un mayor porcentaje de filitas que es la materia prima que caracteriza al mortero como material impermeabilizante.

10

En un modo de realización preferente del mortero de la invención, aunque no limitante, el aglomerante es un cemento blanco que se mezcla con las filitas en la proporción escogida. Las mezclas obtenidas se homogenizan utilizando un mezclador tal como un molino de bolas, durante un tiempo comprendido entre 8 y 30 minutos. Se incorpora de preferencia un aditivo en un porcentaje comprendido entre 1 % y 0,001 % en peso, preferentemente 0,005 %.

15 El aditivo es un compuesto orgánico con, al menos, un grupo éter y de alto peso molecular. Este aditivo mejora el comportamiento mecánico de las mezclas de filitas con cemento y favorece las reacciones de fraguado del mortero en su aplicación, ya que aumenta la resistencia mecánica del mortero en función del tiempo de fraguado. El tiempo

20 de fraguado está comprendido entre 7 y 28 días.

Se emplea un volumen de agua de amasado que debe estar comprendido entre 30 y 50 % en peso.

25 El mortero obtenido se caracteriza por su capacidad de retención de agua, su consistencia, su resistencia mecánica a flexión y a compresión, superficie específica y distribución de tamaño de poros y su carácter como material impermeabilizante, teniendo en cuenta su coeficiente de permeabilidad al agua. El mortero obtenido se puede aplicar con ventajas en obras y en revestimientos sobre la superficie a impermeabilizar, ya que únicamente necesita

30 ser mezclado con agua y no necesita compactación, tales como muros, techos y tejados, balsas y acequias de riego.

En el caso de la presente invención, se ha desarrollado un procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas en su formulación, teniendo en cuenta que las filitas han de ser, en primer lugar, trituradas y tamizadas con una granulometría tal que se favorezca la reacción con un aglomerante, con características determinadas en cuanto a superficie específica y distribución de tamaño de los poros que se originan en el fraguado, además de un coeficiente de permeabilidad que caracteriza al mortero como material impermeabilizante. Entre los aglomerantes, el más idóneo para la preparación de morteros es emplear de preferencia un cemento y más preferentemente, cemento blanco. De este modo se tiene también la ventaja de dejar el color original de las filitas empleadas, que ya se ha mencionado pueden variar desde un color azul hasta violeta y rojizo, respetando su aplicación en elementos de arquitectura tradicional como los utilizados en los techos y cubiertas en construcciones.

MODO DE REALIZACION DE LA INVENCION

A continuación se ilustra la invención mediante un ejemplo de realización que pone de manifiesto la aplicabilidad en la construcción del mortero impermeabilizante objeto de esta invención, así como las propiedades del mismo como tal material impermeabilizante.

Se fabrica un mortero de cemento blanco y filitas partiendo de una filita de color gris que se presenta en forma de trozos de roca. De este modo el mortero será de color gris. Las filitas que se pueden encontrar en distintos yacimientos pueden tener colores y tonalidades distintas. Las diferencias en color de las filitas se atribuyen al distinto tamaño de partículas, variaciones en los contenidos de minerales y a la composición química, puesto que los óxidos de hierro y titanio son el origen de variaciones cromáticas, siempre y cuando no existan altos contenidos de materia orgánica.

La filita contiene en su composición una mezcla de silicatos laminares (illita, clorita e interestratificados) en elevada proporción, de fácil molienda (1-2 en la escala de Mohs), pero también cantidades medias de cuarzo (7 en la Escala de Mohs) y proporciones pequeñas pero significativas de feldespatos (6 en la Escala de Mohs), por lo que es importante esta etapa inicial de reducción del tamaño de las partículas para aprovechar toda la materia prima. Una composición típica de filita, según se puede deducir mediante análisis mineralógico por difracción de rayos X de polvo, estima contenidos de 40-30 % en peso de

illita, 30-20 % de clorita, 10-5 % de interestratificados y 30-20 % de cuarzo y feldespatos, por lo que más del 60 % de la filita son silicatos laminares y el resto cuarzo y feldespatos, minerales con diferencia en su comportamiento al ser triturados y fragmentarse las partículas originales con distinta velocidad.

- 5 La filita se deja secar al aire durante 24 horas y trozos de la muestra se someten a la operación básica de trituración y molienda en un molino de martillos, sobre todo para conseguir que el cuarzo presente en la filita, que viene a ser un árido, reduzca su tamaño de partícula. El producto molido se tamiza empleando un tamiz de 0,08 mm de luz de malla (tamiz 200 ASTM) y el rechazo se vuelve a triturar hasta pasar todo el polvo obtenido por
- 10 dicho tamiz. Para asegurar un mejor mezclado, el polvo obtenido se vuelve a tamizar por un tamiz de 0,063 mm (63 μm) hasta conseguir que el 80 % en peso de toda la filita molida pase por dicho tamiz. Los rechazos sobre el tamiz se someten a sucesivos tratamientos de molienda, de preferencia con más filita original para favorecer su trituración. De este modo se consigue también no sólo la reducción del cuarzo, sino una mejor homogeneización de la
- 15 filita original.

Por medio de un analizador de tamaño de partículas se puede realizar un control de la granulometría de las filitas. En el ejemplo de la invención, la distribución de tamaños de partículas de la filita está comprendida entre 1 y 100 μm , siendo la contribución entre 0.1 y 1

20 μm muy escasa, pero algo mayor que la comprendida entre 100 y 1000 μm . Según esta técnica de análisis, el tamaño medio de las partículas de filita se calcula en 23 μm .

Se hace un control de la humedad del polvo, debido a que porcentajes relativamente elevados (> 10 % de humedad relativa) pueden dar lugar a un apelmazamiento del mismo,

25 por lo que puede ser necesario un tratamiento de secado. Además, el mortero resultante podría entonces consumir menos agua para alcanzar su consistencia óptima. Este secado se realiza a 110 °C durante 12 horas, como mínimo, seguido de otro secado al aire de preferencia en corriente de aire seco. El reciclado de los gases calientes que salen de la estufa pero una vez secados, a contracorriente favorece el aprovechamiento energético en

30 esta operación. Se almacena el polvo obtenido en sitio cerrado evitando el contacto con la humedad.

Se procede a mezclar polvo de filita ya tamizado y secado con cemento blanco como aglomerante para la preparación del mortero impermeabilizante, que en el caso del ejemplo

de la invención respeta el color de la filita de partida. El cemento blanco comercial del grupo Cemex, designado BL II B-LL 42,5 R, según Normas UNE-EN 197-1:2000 es muy conveniente por sus características. Dicho cemento está compuesto por clínker en proporción 65-79 % en peso, con adiciones de caliza (21-35 %) y otros componentes minoritarios (0-5 %). Su granulometría de partida, según asegura el fabricante del cemento, es inferior a 0,3 mm. Para tener la certeza de lo garantizado por el fabricante e igualar condiciones, el cemento se pasa por el tamiz de 0,08 mm y también es conveniente por el de 0,063 mm para evitar así la aparición de defectos en el mortero.

10 Las filitas en polvo se mezclan con el cemento blanco en distinta proporción que comprende entre el 1%/99% (filita/aglomerante) y el 99%/1% (filita/aglomerante).

Densidad aparente del mortero seco

En el ejemplo de la invención, se preparan inicialmente 500 g en peso de mortero impermeabilizante y así se puede determinar la densidad aparente del mortero seco. Para ello, la cantidad en peso de cada componente, variando el porcentaje según se ha dicho entre el 1%/99% (filita/aglomerante) y el 99%/1% (filita/aglomerante), se mezclan en un mezclador, molino mezclador o un molino de bolas. En el ejemplo de la invención se utiliza un molino de bolas Staatlich Ku 4, a una velocidad entre 400 y 450 rpm durante 10 minutos como mínimo, lo que asegura su homogeneidad. Con las mezclas obtenidas y utilizando una probeta, que se enrasa con el polvo, y una balanza, conocidos su volumen (en centímetros cúbicos, cm^3) y la masa (peso en gramos), se determina la densidad aparente del conjunto por cálculo mediante la ecuación $D_a = m/V$ siendo D_a la densidad aparente del mortero seco, m la masa en gramos y V el volumen en centímetros cúbicos.

25 Los resultados obtenidos en el ejemplo muestran que los dos extremos difieren en densidad aparente, puesto que la filita molida posee una densidad aparente inferior que el cemento, siendo los valores $0,566 \text{ g/ cm}^3$ y $0,915 \text{ g/ cm}^3$, respectivamente. El valor de la densidad aparente para una mezcla al 50 % en peso de filita y cemento, mezcla 1:1 en peso, es de $0,715 \text{ g/ cm}^3$. Se puede construir una tabla de doble entrada o bien mediante un gráfico se pueden representar en ordenadas los valores de densidad aparente en g/ cm^3 y en abscisas los distintos porcentajes. Los puntos experimentales se ajustan a una recta, ecuación de primer grado, que en el ejemplo de la invención permite deducir experimentalmente la ecuación siguiente:

$$D_a = -0,031xP + 0,9$$

donde D_a es la densidad aparente (teórica) de la mezcla y P el porcentaje en peso de filita añadida, con un coeficiente de regresión R obtenido por ajuste de mínimos cuadrados que resulta ser de $R = 0,9567$.

5 Con los datos obtenidos se estará en condiciones idóneas de seleccionar las mezclas de filita y cemento blanco para la preparación del mortero que deben cumplir dos requisitos:

(1) tener un valor de densidad aparente superior a $0,5 \text{ g/cm}^3$

y

(2) que contenga el mayor porcentaje de filitas para que sea un mortero impermeabilizante

10 En el ejemplo expuesto, en sucesivos modos particulares de realización de la invención se seleccionan los morteros con mayor porcentaje de filitas y, por tanto, con menor porcentaje de cemento por ser más económicos. Se trata de una materia prima natural y siempre el coste relativo de extracción de las filitas en el yacimiento, además de las operaciones básicas de su trituración y molienda, junto con el secado, serán inferiores a un producto de transformación industrial, como es el cemento blanco. También hay que tener en cuenta que
15 el producto que proporciona las propiedades impermeabilizantes es la propia filita y es la razón evidente para elegir composiciones de morteros que contengan un mayor porcentaje de esta materia prima.

Consistencia del mortero obtenido

20

El agua de consistencia normal es la cantidad de agua necesaria para que una pasta de cemento alcance una fluidez óptima y una plasticidad ideal según UNE-EN 196-3:2005+A1, 2009 (Métodos de ensayo de cementos. Parte 3. Determinación del tiempo de fraguado y la estabilidad en volumen). La consistencia se refiere a la movilidad relativa de la mezcla
25 fresca de pasta o mortero de cemento o su habilidad de fluir. Los valores típicos de agua de consistencia normal están entre 23 y 33 %.

Para que el mortero tenga mejores cualidades de fraguado y propiedades de resistencia mecánica debe añadirse un aditivo. Se incorpora en un porcentaje comprendido entre el 1 %
30 y el 0,001 % en peso de mortero seco, preferentemente 0,005 %.

- En el ejemplo de realización de la invención se preparan mezclas de cemento y filita cumpliendo los dos requisitos anteriores (1) y (2), en porcentajes de 70 % de filita y 30 % de cemento, 80 % de filita y 20 % de cemento y, por último, 90 % de filita y 10 % de cemento para que el resultado sea de 2 kg de mortero en cada caso, al que se añade 0,005 % en peso de aditivo y se mezcla en el molino de bolas Staatlich Ku 4 a una velocidad entre 400 y 450 rpm durante 10 minutos como mínimo para asegurar que la mezcla obtenida sea homogénea. El aditivo es un compuesto orgánico de alto peso molecular con al menos un grupo éter y que contiene carbohidratos, siendo preferentemente éter de almidón. Un producto comercial de esta naturaleza que se puede emplear es el designado como ST-G.
- El agua de amasado debe estar comprendida entre 30 y 50 % en peso, siendo el óptimo de 40 % en peso. Para ilustrar el efecto positivo de la incorporación de aditivo, en la Tabla 1 se presentan los resultados medios de consistencia del mortero obtenido siguiendo las referencias de la Norma UNE 83811:1992 EX (Morteros. Métodos de ensayo. Morteros frescos. Determinación de la consistencia. Mesa de sacudidas. Método de referencia) con mesa de sacudidas, en un ensayo sobre ocho muestras, para los tres morteros preparados con 90, 80 y 70 % en peso de filitas y la diferencia, en cada caso, en peso a 100 de cemento blanco.
- Teniendo en cuenta que pueden existir variaciones estadísticas y son valores medios bastante similares, el mortero con 90% en peso de filita posee mayor consistencia en relación al mismo sin aditivos, como cabría esperar del efecto positivo del mismo y presenta el máximo valor para los tres morteros considerados de 90%, 80% y 70% en peso de filitas. En el caso de los morteros de 80% y 70% en peso de filitas, se observa una tendencia similar en el efecto positivo de incorporación del aditivo de forma análoga al de 90% en peso de filitas. Por otra parte, un aumento del porcentaje de cemento blanco en presencia del aditivo no parece ejercer una influencia en el valor de la consistencia obtenida para los tres porcentajes que presenta la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados medios de consistencia total (en mm) de los morteros preparados con 90%, 80% y 70% de filita en peso y 10%, 20% y 30% en peso de cemento blanco, respectivamente, sin aditivo y con 0,005 % en peso de aditivo éter de almidón (ST-G).

5

10

15

| MORTERO | CARACTERÍSTICAS | CONSISTENCIA TOTAL (mm) |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 90% /10% filita/cemento | sin aditivo | 123,7 |
| 90% /10% filita/cemento | con aditivo | 127,2 |
| 80% /20 % filita/cemento | sin aditivo | 115,7 |
| 80% / 20 % filita/cemento | con aditivo | 125,2 |
| 70% /30 % filita/cemento | sin aditivo | 120,5 |
| 70% /30 % filita/cemento | con aditivo | 127,2 |

20

25

En todos los casos se ha buscado que se produzca una consistencia “seca” del mortero preparado según el procedimiento de la invención, ya que ésta es inferior a 140 mm (UNE 83814:92) y, por tanto, se añade agua mediante ensayos hasta que se logra la consistencia inferior a 140 mm, como indican los resultados de la Tabla 1. Esto se consigue con la adición de 40 % en peso de agua o agua de amasado. De este modo se cumple que el mortero posea consistencia “seca”. Si se añadiese más agua, en vez de un mortero seco se obtendría un mortero plástico o blando, que puede ser de utilidad para ciertas aplicaciones, pero entonces los valores de consistencia evidentemente serán superiores a 140 mm.

30

Cuando se aplique el mortero, se mezcla éste con el 40 % en peso de agua, de preferencia con la ayuda de un batidor mecánico a baja revolución, dejándolo reposar durante un tiempo no inferior a 5 minutos antes de su aplicación. En el caso de ser necesario aplicar varias capas hasta conseguir un espesor determinado, es importante siempre dejar endurecer la capa previa de mortero unas 6-12 horas antes de aplicar otra capa.

Área superficial específica

Para la determinación del área superficial específica o superficie específica de los morteros, parámetro de utilidad para diferenciar unos de otros, se utiliza la técnica de adsorción de gas nitrógeno a la temperatura del nitrógeno líquido (-196 °C). La superficie específica se puede determinar por distintos métodos a partir de la isoterma, como es el método del punto “b”, la ecuación BET en su rango de validez y la ecuación de Langmuir . A partir de la isoterma, también se puede estimar la distribución de tamaño de los poros de los morteros y de ahí el diámetro medio de los poros. Para esto último se puede utilizar el método de Barrett-Joyner-Halenda ó método BJH.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a superficie específica de los morteros por los tres métodos antes mencionados.

Tabla 2. Datos de área superficial específica (superficie específica) de los morteros de 90%, 80% y 70% en peso de filita por tres métodos, a partir de la isoterma de adsorción de gas nitrógeno, sin empleo de aditivo y con 0,005 % en peso de aditivo éter de almidón (ST-G).

| MORTERO | Método del punto “b”(m ² /g) | Superficie específica BET (m ² /g) | Superficie específica Langmuir (m ² /g) |
|-------------------------------------|---|---|--|
| 90% /10% filita/cemento sin aditivo | 4,96 | 5,11 | 7,09 |
| 90%/10% filita/cemento con aditivo | 7,16 | 7,33 | 10,11 |
| 80 %/20% filita/cemento sin aditivo | 6,79 | 6,96 | 9,63 |
| 80 %/20%filita/cemento con aditivo | 11,72 | 12,16 | 16,88 |
| 70 %/30% filita/cemento sin aditivo | 9,89 | 10,16 | 14,06 |
| 70 %/30%filita/cemento con aditivo | 14,18 | 14,82 | 20,63 |

Se puede observar que al aumentar el porcentaje en peso de cemento blanco y, por tanto, disminuir el porcentaje en peso de filitas en los morteros impermeabilizantes, objeto de la invención, la superficie específica de los morteros preparados se incrementa. Los valores de superficie específica según el método de punto "b" son muy similares, dentro de los errores experimentales, a los obtenidos según el método BET, siendo los obtenidos por el método de Langmuir los más elevados de todos ellos si se comparan entre sí.

Dentro de los grupos con idéntico porcentaje de cemento, los morteros que contienen aditivo registran los valores más altos de superficie específica, siendo de utilidad este parámetro para caracterizar dichos morteros.

10

Retención de agua del mortero

Se trata de un ensayo de interés para caracterizar el mortero impermeabilizante. Para la obtención de los valores experimentales se preparan muestras de 2000 g de cada tipo de mezcla filita-cemento que constituyen el mortero, en particular las mezclas 90/10, 80/20 y 70/30 de filita/mortero, homogeneizando en el molino de bolas como se ha indicado.

A una muestra de 500 g de cada mortero así preparado se le añade un 40 % en peso de agua desionizada, lo que representa 200 g en cada caso. Se amasa, preferentemente con un batidor mecánico a baja revolución mejor que a mano. Se deja reposar durante 2-5 minutos. Cuando el mortero adquiera consistencia, se rellena un embudo dispuesto con un tamiz y papel de filtro mojado previamente pesado (P0), se enrasa y se pesa (P1). Se conecta todo el sistema a una bomba de vacío y se trata así durante 5 minutos, pasado el cual se vuelve a pesar (P2).

A otra muestra de 500 g del mortero preparado se le añade 0,01 % en peso de un retenedor de agua, de preferencia el compuesto hidroxipropilcelulosa, conocido comercialmente como Culminal, que en el ejemplo de la invención representa 0,05 g. Se añade la misma cantidad de agua, se amasa y se hace la misma operación de vacío. A otra muestra de 500 g se le añade 0,05 % en peso de Culminal, lo que representa 0,25 g. A la última muestra de 500 g se le añade 0,07 % en peso de Culminal, lo que representa 0,35 g.

30

Obtenidos los tres pesos de las distintas muestras, se realizan los siguientes cálculos para determinar el porcentaje de agua retenida:

(1) se calcula la masa de agua del mortero, que será: $m(\text{agua}) = (P1 - P0) \times 0,40$

(2) se determina la cantidad de agua que se ha perdido, retenida por el mortero, que será la siguiente: $m(\text{agua perdida}) = P1 - P2$

(3) Se obtiene la cantidad de agua retenida en el mortero mediante el siguiente cálculo:

$$m(\text{agua retenida}) = m(\text{agua}) - m(\text{agua perdida})$$

5 (4) Por último, el porcentaje de agua retenida se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ agua retenida} = m(\text{agua retenida})/m(\text{agua})$$

En la Tabla 3 se presentan los resultados de retención de agua para los distintos morteros tanto sin aditivo retenedor de agua (0,00 %), como empleando distintos porcentajes del mismo desde 0,01 % a 0,05 % a 0,07 %

10 **Tabla 3.** Resultados de los ensayos de retención de agua para los morteros de 90%, 80% y 70% de filita en peso y los correspondientes porcentajes en peso de cemento sin aditivo y con un aditivo retenedor de agua para realizar el ensayo (Culminal, hidroxipropil celulosa).

| MORTERO | CARACTERÍSTICA | RETENCIÓN DE AGUA (%) |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| 90%/10% filita/cemento | sin aditivo | 94,69 |
| | con aditivo 0,01% | 96,49 |
| | con aditivo 0,05% | 99,13 |
| | con aditivo 0,07% | 99,16 |
| 80%/20% filita/cemento | sin aditivo | 84,27 |
| | con aditivo 0,01% | 87,62 |
| | con aditivo 0,05% | 85,78 |
| | con aditivo 0,07% | 87,15 |
| 70%/30% filita/cemento | sin aditivo | 91,68 |

| | | |
|--|-------------------|-------|
| | con aditivo 0,01% | 87,02 |
| | con aditivo 0,05% | 89,91 |
| | con aditivo 0,07% | 87,25 |

En general, estos resultados son indicativos para destacar que los morteros retienen más agua cuanto mayor es la proporción de aditivo retenedor en la mezcla filita-cemento. Además, se puede apreciar que las diferencias de agua retenida son mínimas y prácticamente despreciables, resultando innecesario el empleo de una proporción relativa elevada del aditivo retenedor.

Los morteros con 80 % de filita en peso retienen un menor porcentaje de agua con respecto al mortero con 90 % de filita.

En el caso de los morteros con 70 % de filita en peso, al aplicar el aditivo retenedor de agua disminuye su capacidad de retención de agua, con una máxima capacidad retenedora cuando no se añade el aditivo.

Los datos resultantes indican que puede existir cierta variabilidad en los resultados obtenidos, debido a efectos estadísticos del ensayo, y también a que los filosilicatos presentes en las filitas pueden reaccionar con el aditivo orgánico que se añade en este ensayo. De este modo, a un porcentaje crítico se formaría un producto inactivo para retener agua.

Resistencia mecánica a la flexión y a compresión

El procedimiento a seguir en los ensayos con los morteros es el establecido en la norma UNE-EN 1015-11: 2000/A1: 2007 AENOR, 2000:11 (Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido). Se preparan 6 probetas, tres sin aditivo y otras tres con aditivo éter de almidón comercial ST-G al 0,005 % en peso y se compactan adecuadamente en los moldes para obtener resultados representativos a los 7 y a los 28 días. Las probetas permanecen un tiempo de fraguado en cámara húmeda, siendo 7 los

días que permanecen dentro del molde y hasta 28 días fuera de él. La cámara húmeda debe permanecer a la temperatura de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una humedad relativa del $95\% \pm 5\%$.

Los resultados obtenidos de resistencia mecánica a compresión y flexión se presentan en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

- 5 **Tabla 4.** Resultados promedio de resistencia mecánica a compresión para los morteros preparados con 90%, 80% y 70% en peso de filitas y los correspondientes porcentajes de cemento sin aditivo y con 0,005 % en peso de aditivo éter de almidón (ST-G) a los 7 y 28 días de fraguado.

| MORTERO | CARACTERÍSTICA | Resistencia a la compresión a los 7 días (N/mm ²) | Resistencia a la compresión a los 28 días (N/mm ²) |
|--------------------------|----------------|---|--|
| 90% filita + 10% cemento | Sin aditivo | 3,97 | 6,13 |
| 90% filita + 10% cemento | Con aditivo | 5,05 | 7,89 |
| 80% filita + 20% cemento | Sin aditivo | 10,07 | 15,47 |
| 80% filita + 20% cemento | Con aditivo | 12,17 | 17,84 |
| 70% filita + 30% cemento | Sin aditivo | 23,84 | 39,20 |
| 70% filita + 30% cemento | Con aditivo | 23,89 | 37,17 |

Tabla 5. Resultados promedio de resistencia mecánica a flexión para los morteros preparados con 90%, 80% y 70% en peso de filitas y los correspondientes porcentajes de cemento sin aditivo y con 0,005 % en peso de aditivo éter de almidón (ST-G) a los 7 y 28 días de fraguado.

5

| MORTERO | CARACTERÍSTICA | Resistencia a las flexión a los 7 días (N/mm ²) | Resistencia a la flexión a los 28 días (N/mm ²) |
|--------------------------|----------------|---|---|
| 90% filita + 10% cemento | Sin aditivo | 6,41 | 8,19 |
| 90% filita + 10% cemento | Con aditivo | 6,41 | 6,41 10 |
| 80% filita + 20% cemento | Sin aditivo | 9,26 | 11,04 |
| 80% filita + 20% cemento | Con aditivo | 8,55 | 12,82 |
| 70% filita + 30% cemento | Sin aditivo | 16,38 | 17,80 15 |
| 70% filita + 30% cemento | Con aditivo | 16,38 | 21,01 |

De acuerdo con estos resultados, aunque pueden existir variaciones estadísticas debido al número de probetas sometidas a ensayo, se ilustra con este ejemplo cómo a medida que disminuye el porcentaje en peso de filitas en el mortero de la invención aumenta la resistencia mecánica tanto a compresión como a flexión, lo cual es de interés para caracterizar las propiedades de los morteros impermeabilizantes.

En general, el efecto del aditivo induce un aumento relativo de dichas resistencias mecánicas, como ya han demostrado diversos estudios mencionados en los antecedentes. Pueden darse excepciones, como en este ejemplo, puesto que algunos resultados

experimentales de los ensayos realizados, dentro de la variación estadística, indican que (a) el grado de mezclado puede que no haya sido suficiente o bien no se ha realizado de forma óptima y (b) puede haber existido una incorrecta compactación del mortero en los moldes para la preparación de probetas, lo que puede dar lugar a la formación de grietas superficiales que son imperfecciones de gran influencia en los resultados de ensayos mecánicos.

La técnica de microscopía electrónica de barrido (MEB) en superficie de fractura permite estudiar los defectos y anomalías en los morteros. Mediante MEB pueden apreciarse burbujas de aire y pequeños capilares, por ejemplo en un mortero preparado con 90%/10% en peso de filita/cemento y otros defectos, como son la detección de grumos de cemento blanco sin mezclar con la filita que pueden también presentarse. En algunas mezclas con mayor porcentaje de cemento, caso de un mortero de 70%/30% en peso de filita/cemento, puede ocurrir que, además, el cemento añadido y que se supone mezclado con la filita no se reparta de forma homogénea por la probeta, provocando zonas más débiles que serán por donde se fracture dicha probeta en el ensayo mecánico de compresión y flexión, lo que puede ocurrir tanto a los 7 como a los 28 días de fraguado (Tablas 4 y 5).

Por todo ello, es muy importante que el grado de mezcla entre la filita y el cemento blanco sea el más alto posible y que en el mezclado con agua del mortero obtenido se evite, en la medida de lo posible, la formación de grumos y otros defectos que disminuyen la resistencia mecánica del mismo. Una medida que evita formación de defectos es el secado previo de la filita tal como ya se ha indicado al principio de este ejemplo ilustrativo.

Coefficiente de permeabilidad

Siguiendo la metodología descrita en la bibliografía (García-Bengoechea I., Lovell C. W. y Altschaeffl A. G., J. Geotech. Engrg. ASCE, 105, 839-856, 1979; Juang C. H. y Holtz R. D., J. Geotech. Eng. Div. ASCE, 112 GT9, 855-868, 1986; Juang C. H. y Holtz R. D., Int. J. Num. Anal. Methods in Geomechanics, 10, 543-553, 1986), se han determinado los valores de los coeficientes de permeabilidad al agua (k) en m/s para cada mortero 90%/10% en peso de filitas/cemento, 80%/20% en peso de filitas/cemento y 70%/30% en peso de filitas/cemento, preparados según este ejemplo de la invención.

Los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 6 junto a una estimación del diámetro medio de los poros en cada mortero, realizada mediante la isoterma de adsorción de

nitrógeno de utilidad para la obtención de la superficie específica (Tabla 2), además del grado de permeabilidad.

Tabla 6. Resultados de la estimación de diámetros medios de los poros (ecuación BJH), coeficientes de permeabilidad (k) en m/s y grado de permeabilidad (véase Tabla 7) de los morteros preparados con filitas y cemento blanco en porcentajes 90%/10%, 80%/20% y 70%/30% en peso de filita/cemento sin aditivo y con 0,005% en peso de aditivo éter de almidón (ST-G).

| Muestra | Diámetro medio de poros (μm) | Coficiente de permeabilidad k (m/s) | Grado de permeabilidad |
|---|---|-------------------------------------|---------------------------|
| 90 % Filita y 10 % Cemento, sin aditivo | 167,8 – 2,01 | $9,69 \times 10^{-13}$ | Prácticamente impermeable |
| 90 % Filita y 10 % Cemento, con aditivo | 182,5 – 1,98 | $9,48 \times 10^{-13}$ | Prácticamente impermeable |
| 80 % Filita y 20 % Cemento, sin aditivo | 185,2 – 1,98 | $1,30 \times 10^{-13}$ | Prácticamente impermeable |
| 80 % Filita y 20 % Cemento, con aditivo | 165,7 – 1,93 | $1,31 \times 10^{-12}$ | Prácticamente impermeable |
| 70 % Filita y 30 % Cemento, sin aditivo | 188,9 – 1,98 | $1,39 \times 10^{-12}$ | Prácticamente impermeable |
| 70 % Filita y 30 % Cemento, con aditivo | 151,6 – 1,91 | $1,277 \times 10^{-12}$ | Prácticamente impermeable |

Los coeficientes de permeabilidad de la Tabla 6 se comparan con la clasificación de grados de permeabilidad (Tabla 7) según dichos coeficientes, aceptada para suelos, descrita en la bibliografía (Terzaghi y Peck, en Lambe T. W. y Whitman R. V., "Mecánica de suelos", Instituto Tecnológico de Massachussets, 2001).

- 5 **Tabla 7.** Clasificación de grados de permeabilidad según los valores de los coeficientes de permeabilidad (k) en m/s.

| Grado de permeabilidad | Valor de k (m/s) |
|---------------------------|----------------------|
| Elevada | Superior a 10^{-3} |
| Media | $10^{-3} - 10^{-5}$ |
| Baja | $10^{-5} - 10^{-7}$ |
| Muy baja | $10^{-7} - 10^{-9}$ |
| Prácticamente impermeable | Inferior a 10^{-9} |

- 10 De acuerdo con los resultados obtenidos (Tablas 6 y 7), todos los morteros con porcentaje de filitas por encima del 70 % en peso son prácticamente impermeables, mientras que la diferencia de añadir o no el aditivo éter de almidón ST-G al 0,005 % en peso no parece ejercer una influencia notable en los coeficientes de permeabilidad.

Así pues, el ejemplo ilustrativo del procedimiento de la invención permite establecer lo siguiente con respecto a los morteros impermeabilizantes que emplean filitas:

- 15 - El mortero obtenido con 90 % en peso de filita y 10 % en peso de cemento blanco y el aditivo éter de almidón ST-G al 0.005 % en peso, resulta ser el más impermeabilizante de todas las composiciones, según el coeficiente de permeabilidad obtenido (Tabla 6) y dado que contiene mayor proporción de filitas. Sin embargo, se caracteriza por poseer una baja resistencia mecánica relativa a flexión y compresión, según los resultados de las Tablas 4 y
- 20 5.

5 - El mortero obtenido con el 80 % en peso de filita y el 20 % en peso de cemento blanco y el aditivo éter de almidón al 0,005 % en peso posee buenas características para usarse tanto en superficies horizontales como verticales, pero presenta un 60 % menos de resistencia mecánica a flexión como a compresión comparado con el mortero fabricado con el 70 % en peso de filita y el 30 % en peso de cemento blanco (Tablas 4 y 5). Por tanto, no lo habilita para su uso en paredes exteriores sometidas a factores medioambientales y el uso idóneo sería para construcciones destinadas para almacenamiento, siendo prácticamente impermeable según su coeficiente de permeabilidad (Tabla 6).

10 - Por último, el mortero obtenido con 70 % en peso de filita y 30 % en peso de cemento blanco y aditivo éter de almidón al 0,005 % en peso es el que se caracteriza por las mejores cualidades para un uso más generalizado que los morteros con mayor contenido de filita, ya que posee una resistencia mecánica a flexión y a compresión superior en relación a los otros morteros preparados según el procedimiento de la invención. Su alta resistencia mecánica lo hace idóneo para resistir la erosión provocada por los efectos climáticos. Este mortero también se caracteriza por tener una elevada consistencia, según los resultados de la Tabla 1 y es prácticamente impermeable, según su coeficiente de permeabilidad (Tabla 6). Todas estas características lo convierten en muy adecuado para trabajar sobre paredes verticales.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas en su formulación, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- 5 a) al menos una etapa de triturado de las filitas
- b) al menos una etapa de tamizado de las filitas trituradas en la etapa anterior, seleccionándose las que tienen un tamaño de partículas inferior a 0,08 mm
- c) secado de las filitas trituradas y tamizadas en las etapas anteriores a 110°C durante al menos 12 horas
- 10 d) mezclado de las filitas trituradas y tamizadas en las etapas anteriores con un aglomerante en proporciones comprendidas entre el 1%/99% (filita/aglomerante) y el 99%/1% (filita/aglomerante).
- e) homogeneización de la mezcla obtenida en la etapa anterior durante un periodo de tiempo comprendido entre 8 y 30 min
- 15
- 2.- Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según la reivindicación 1, caracterizado porque las filitas con un porcentaje de humedad superior al 2% se someten a una etapa de secado a 110°C durante al menos 12 horas antes de la etapa de triturado.
- 20
- 3.- Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque el rechazo de la primera etapa de tamizado es sometido a sucesivas nuevas etapas de trituración y tamizado.
- 25
- 4.- Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se seleccionan las filitas que tienen un tamaño de partículas inferior a 0,063 mm.
- 30
- 5.- Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque tras la etapa de secado a 110°C durante al menos 12 horas, se realiza otro secado al aire en corriente de aire seco.

- 6.-** Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el aglomerante es cemento.
- 5 **7.-** Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según la reivindicación 6, donde el aglomerante es cemento blanco que contiene al menos clinker con un tamaño de partículas inferior a 0,063 mm.
- 8.-** Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según
10 las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque en la etapa de homogeneización se incluye un aditivo que se incorpora a la mezcla de filitas y aglomerante en un porcentaje comprendido entre el 1% y el 0,001% en peso, preferentemente 0,005 % para mejorar así la resistencia mecánica del mortero en función del tiempo de fraguado.
- 15 **9.-** Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas según la reivindicación 8, donde el aditivo es un compuesto orgánico de alto peso molecular con al menos un grupo éter, preferentemente éter de almidón.
- 10.-** Procedimiento de preparación de un mortero impermeabilizante que emplea filitas
20 según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque se seleccionan las mezclas de filitas y aglomerante que presenten valores de densidad superiores a 0,5 g/cm³ y un porcentaje en peso de filitas igual o superior al 70 % en peso.
- 11.-** Mortero impermeabilizante preparado mediante un procedimiento según se define en
25 las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la distribución de tamaños de las partículas de filita está comprendida entre 0,001 y 0,08 mm y el tamaño medio de las partículas de filita es de 0,023 mm y porque el mortero posee una consistencia inferior a 140 mm, una superficie específica superior a 5 m²/g, una retención de agua superior al 80 % en peso, una resistencia mecánica a compresión superior a 4 N/mm² a los 28 días de fraguado,
30 una resistencia mecánica a la flexión superior a 6 N/mm² a los 28 días de fraguado y un coeficiente de permeabilidad mínimo de 1×10^{-12} también a los 28 días de fraguado.
- 12.-** Utilización de un mortero impermeabilizante según se define en la reivindicación 11 en obras de construcción y en revestimientos sobre superficies a impermeabilizar, una vez

mezclado con agua y sin necesidad de compactación, preferentemente muros, techos, tejados, balsas y acequias de riego.

5 **13.-** Utilización de un mortero impermeabilizante según la reivindicación 12, caracterizado porque se mezcla con agua de amasado en proporción comprendida entre 30 y 50 % en peso, preferentemente al 40%, para garantizar una consistencia como mortero seco inferior a 140 mm.

10 **14.-** Utilización de un mortero impermeabilizante según la reivindicación 13, donde el tiempo de fraguado del mortero está comprendido entre 7 y 28 días.

15.- Utilización de un mortero impermeabilizante según se define en la reivindicación 11 en sistemas de proyección para su aplicación directa en obra civil para paredes verticales y superficies horizontales.