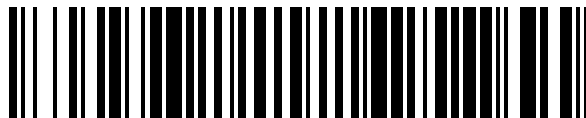


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 222 024**

21 Número de solicitud: 201831203

51 Int. Cl.:

**C01F 11/02** (2006.01)

**B01F 17/52** (2006.01)

**B01J 13/00** (2006.01)

**C04B 14/30** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**30.07.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**18.12.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS (100.0%)  
Campus Universitario, Ctra. de Valldemossa, Km.  
7,5, Edifici Son Lledó  
07122 PALMA DE MALLORCA (Illes Balears) ES**

72 Inventor/es:

**MASDEU MAYANS, Francisco;  
MUÑOZ GOMILA, Joan;  
CARMONA GÓMEZ, Cristian y  
HORRACH SASTRE, Gabriel**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

54 Título: **MORTERO DE CAL TERMOAISLANTE Y SU USO EN EDIFICACIÓN**

**ES 1 222 024 U**

## DESCRIPCIÓN

### MORTERO DE CAL TERMOAISLANTE Y SU USO EN EDIFICACIÓN

5 La presente invención pertenece al campo de la edificación, y más concretamente al campo de los morteros de cal para su uso en edificación.

10 El objeto de la presente invención es un nuevo mortero de cal que comprende un aditivo de óxido de hierro (III) que le confiere al mortero propiedades termoaislantes, antisépticas, de ignifugidad y lo hacen especialmente adecuado para la construcción y o reparación de edificios con un importante ahorro energético desde el punto de vista de aislamiento térmico.

#### Antecedentes de la invención

15 En bien sabido que un mortero es un conglomerado o masa constituida principalmente por arena, conglomerante y agua. Los morteros de cal son aquellos morteros que están fabricados con cal, arena y agua, y pueden contener además algún aditivo. La cal empleada puede ser aérea o hidráulica, con la diferencia de carbonatar en contacto con el aire (aérea) o fraguar en agua (hidráulica) y los aditivos pueden añadirse al mortero con el objeto de mejorar sus  
20 prestaciones.

En el campo de la edificación, uno de los mayores retos es mejorar la capacidad de aislamiento térmico de los materiales empleados en construcción. El aumento del uso de energía provoca cambios dramáticos en el clima. El consumo de energía de los edificios  
25 representa casi el 40% de la energía global del planeta y aproximadamente dos terceras partes de la demanda energética en el sector residencial es atribuida al calentamiento y enfriamiento. El campo de la construcción puede asistir a mitigar estos efectos del calentamiento global mediante el aumento de la capacidad de aislamiento térmico, mejorando la función de los materiales de construcción.

30 El proceso de endurecimiento del mortero de cal está provocado por la reacción de carbonatación. En particular, el uso de cal presenta algunas ventajas como un comportamiento plástico, inferior conductividad térmica o superior impermeabilización, que hace las viviendas más confortables. Así pues, la mejora en la capacidad de aislamiento  
35 térmico es especialmente importante para su uso en una capa exterior del cerramiento de edificios, separando el entorno interior del exterior.

Existen estudios de cómo aumentar la capacidad de aislamiento térmico de morteros de cal. Las formas desarrolladas hasta la fecha se basan mayoritariamente en la adición de fibras macroscópicas orgánicas de origen vegetal como, por ejemplo, corcho, paja, cáñamo, hueso de oliva, fibras de coco, etc..., o fibras sintéticas. Sin embargo, el uso de estos aditivos orgánicos tiene el inconveniente que se descomponen química o bioquímicamente con el paso del tiempo, siendo este proceso más rápido en presencia de humedad. Además, los aditivos de origen orgánico no evitan la proliferación de microorganismos por presencia de humedad en el mortero. La materia orgánica no posee propiedades antisépticas, ni fúngicas, ni bactericidas, e incluso en presencia de humedad puede ser un medio favorable para su proliferación.

Por otro lado, la diferencia de tamaños entre partículas de cal y la de los aditivos confiere una mayor dificultad de homogeneización durante el proceso de mezclado. Así, en relación a las propiedades mecánicas, las partículas de aditivos que quedan en el interior del mortero pueden generar puntos de exaltación de tensiones debido a su diferente tamaño y geometría en función de las tensiones, lo cual podría provocar también la propagación de fisuras bajo esfuerzos de tracción. Así mismo, la materia orgánica que pueda quedar en superficie es susceptible de entrar en combustión en caso de incendio, lo cual conllevaría la iniciación de fisuras por choque térmico alrededor del aditivo orgánico.

Si bien la patente americana US2010326324 describe agregados que comprenden al menos uno de los siguientes compuestos:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  o iones de hierro como componente principal, donde al menos el 20% de las partículas son esféricas, y entre el 10 y 20% en masa de las partículas pueden pasar por un tamiz de 0,15mm, el uso de dichas partículas en morteros tiene la finalidad de disipar ondas y conferir a los bloques y paredes protección contra radiaciones.

El documento SU1625856 describe una mezcla para revestimientos ignífugos que comprende un mortero de cal y entre otros aditivos contiene el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en una proporción de 13,2-15,1% en peso. La mezcla de los componentes secos se tritura, se mezcla con el aglutinante y la superficie a tratar se recubre con tres capas de 2 mm, se seca durante 10-12h para completar el proceso.

El documento CN107311513 describe una mezcla seca de mortero para formar un panel de aislamiento térmico. El método incluye: agregar barro rojo y la mitad del polvo de tierras raras

al agua para formar un lodo, agregar líquido para ajustar a un valor de pH de la suspensión de 7-8, secar y moler. Cuando se agrega agua, se genera gas por la reacción de la cal con los compuestos  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $Sm_2O_3$ ,  $La_2O_3$  y  $Fe_2O_3$  existentes en el polvo de las tierras raras y se forman poros de aire cerrados de manera que en el material base de mortero se forman cavidades de aislamiento térmico uniformes y se logran excelentes prestaciones de aislamiento térmico. Sin embargo, este método emplea barro rojo que está compuesto por una mezcla de impurezas sólidas y metálicas, y constituye uno de los problemas de eliminación de residuos más importantes. El barro rojo no puede eliminarse fácilmente. En la mayoría de los países en los que se genera lodo rojo, éste es almacenado en un depósito o estanque. Presenta el problema de que, cuando ocupa una superficie, esa zona ya no es apta para edificar ni para cultivar, aun cuando el lodo ya se ha secado. Por tanto, el proceso descrito en esta invención no es respetuosa con el medio ambiente.

Sería, por lo tanto, deseable obtener un mortero de cal termoaislante, esto es, con capacidad de aislamiento térmico mejorada, que además fuera ignífugo, antiséptico, antifúngico y/o antibacteriano, respetuoso con el medio ambiente, cuya preparación pudiera realizarse de forma fácil, segura y cuyo residuo fuera compatible con suelos de cultivo.

Para ello, la presente invención se centra en un aditivo de óxido de hierro (III) con determinadas características técnicas de granulometría, solubilidad y concentración. La selección del aditivo particular así como de sus características permite obtener un mortero de cal termoaislante mejorado, cuyo residuo es compatible con suelos de cultivo y, por lo tanto, respetuoso con el medio ambiente.

## 25 **Descripción de la invención**

La presente invención se ha realizado a la vista del estado de la técnica descrito más arriba, y el objeto de la presente invención es proporcionar un nuevo mortero de cal termoaislante, ignífugo, antiséptico, antifúngico y/o antibacteriano, respetuoso con el medio ambiente y su uso en edificación.

Es por tanto un objeto de la presente invención mejorar la capacidad de aislamiento térmico del mortero de cal. La estrategia de la presente invención es la adición de partículas submicrométricas de óxido de hierro (III), cuyo uso confiere una mejora en el aislamiento térmico y cuya composición química es compatible con el concepto ecológico desde un punto de vista de la generación de un residuo menos dañino en un futuro para el suelo y subsuelo.

Para solventar el problema, la presente invención proporciona un mortero de cal termoaislante que se caracteriza por que comprende un aditivo de óxido de hierro (III) con una granulometría de 0,2-0,5  $\mu\text{m}$  en un porcentaje de hasta el 25% en peso respecto al peso total de mortero de cal. Sorprendentemente, la adición de partículas de origen inorgánico y no combustible con dicha granulometría y porcentaje al mortero de cal conduce a una sorprendente mejora en la capacidad de aislamiento térmico del mortero. Dicha mejora aumenta linealmente al aumentar el contenido del aditivo de óxido de hierro (III). La conductividad térmica disminuye un 2% por cada 1% en peso de contenido de óxido de hierro (III) en el mortero de cal. Los autores de la presente invención han logrado un ahorro energético del orden del 40% con el mortero de cal conteniendo un 20% de óxido de hierro (III) comparado con el mismo mortero de cal sin el aditivo.

Se prefiere un porcentaje de aditivo de óxido de hierro (III) comprendido entre 5 y 20%, preferiblemente entre 10 y 20%, todavía más preferiblemente entre 15 y 20% en peso con respecto al peso total de mortero de cal.

De acuerdo con lo anterior, la mejora de la capacidad de aislamiento térmico del mortero de cal mediante la adición del aditivo de óxido de hierro (III) es muy significativa. Inesperadamente, el menor tamaño de grano o partícula y su menor solubilidad en medio acuoso en comparación con la cal producen un aumento en la porosidad del mortero resultante.

El óxido de hierro (III) tiene una conductividad térmica  $\lambda_{\text{Fe}_2\text{O}_3}=0,58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , que es menor que la del mortero de cal  $\lambda_{\text{Mortero de cal}}=1,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Además, el óxido de hierro (III) es un mineral barato y el séptimo compuesto más abundante en la corteza terrestre. La estabilidad electroquímica de los óxidos de hierro (II) y (III) depende de potencial eléctrico, E, y el pH del medio acuoso. El pH de la solución producida mediante la mezcla del mortero de cal y agua es 13. El óxido de hierro (II) no es estable a pH 13 y oxida a óxido de hierro (III). El óxido de hierro (III), también conocido como hematita, es un componente presente en tierras de cultivo y beneficioso para especies de plantas. Por esta razón, los escombros generados después de la etapa en servicio de los edificios no afectarán en detrimento en el medio ambiente.

Los autores de la presente invención han encontrado que adiciones de óxido de hierro (III) como aditivo al mortero de cal mejora sustancialmente su capacidad aislamiento térmico. Así,

la adición del 20% en peso de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  disminuye la conductividad térmica del mortero de cal de  $0,67 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a  $0,40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , que representa un ahorro energético del 40%. La conductividad térmica,  $\lambda$ , muestra una fuerte dependencia con el contenido de óxido de hierro (III). Los factores que afectan el comportamiento térmico son principalmente:

5

- La conductividad térmica del aditivo de óxido de hierro (III) es menor que la del mortero de cal base;

10

- La densidad real del mortero de cal es menor a la esperada por la adición del aditivo de óxido de hierro (III), básicamente por los siguientes motivos: las cantidades de agua añadidas a las mezclas en seco aumentan la porosidad generada durante el proceso de curado del mortero; y las partículas submicrométricas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que rodean las partículas de cal contenidas en el mortero provocan una separación entre las partículas de cal. Una disminución de la densidad real implica una porosidad de hasta 15% superior, que va del 42,3% en un mortero de cal sin el aditivo hasta el 48,7% en el mortero de cal con 20% de aditivo. Puesto que el aire contenido en los poros tiene una conductividad térmica de al menos 20 veces inferior a la del óxido de hierro (III) o el mortero de cal, la conductividad térmica resultante,  $\lambda$ , después de la mezcla es mucho más inferior;

20

- Debido a la baja solubilidad del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en agua, el área del cuello formado entre las partículas de hematita es pequeña comparada con los cuellos entre partículas de cal. En este sentido, la superficie eficaz de fase sólida disponible para transferir el calor es menor, mejorando la capacidad de aislamiento térmico y produciendo un ahorro energético del orden del 40% para un porcentaje del 20% en peso del aditivo.

25

Los autores de la presente invención han seleccionado una granulometría de partícula de óxido de hierro (III) comprendida entre 0,2 y 0,5  $\mu\text{m}$ , siendo la del mortero de cal comprendida entre 1 y 400  $\mu\text{m}$ . Los valores de granulometría descritos aquí indican que al menos el 80% del total de partículas de óxido de hierro (III) presentan un tamaño de partícula o grano comprendido entre 0,2 y 0,5  $\mu\text{m}$ . El aditivo de óxido de hierro (III) tiene una pureza superior al 95% y una solubilidad en agua inferior al 1%. Se prefiere que las partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  presenten un tamaño entre 1 y 3 órdenes de magnitud más pequeñas que las partículas del mortero de cal.

35

Ventajosamente, el uso del aditivo de óxido de hierro (III) en morteros de cal conduce a un aligeramiento del material, es decir, a una menor densidad real respecto de la esperada. Así pues, la densidad teórica del mortero de cal sin aditivo es de  $2,86 \text{ g/cm}^3$  y ésta se aumenta hasta  $3,34 \text{ g/cm}^3$  para un 20% en peso de aditivo de óxido de hierro (III), lo que representa un salto de la porosidad de 42,3% en un mortero sin aditivo hasta el 48,7% en el mortero con el aditivo. Al aumentar el contenido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , aumenta la densidad de la mezcla (por la ley de mezclas), ya que el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es más denso que el mortero de cal. Pero la adición de las pequeñas partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  cambia la microestructura de la mezcla ya que la presencia de estas partículas de menor tamaño genera una mayor porosidad en el material. Como resultado, la densidad real de la mezcla aumenta al añadir partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , pero en comparación con el valor de densidad esperado de acuerdo con la ecuación de la ley de mezclas, cuanto más  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se añade más porosa es la mezcla y, aun que aumenta, aumenta menos en comparación con el valor esperado. De este modo se puede considerar que la mezcla sufre un aligeramiento en comparación con el valor esperado (véase Fig. 2).

Las partículas de óxido de hierro (III), que son de naturaleza inorgánica, representan una ventaja adicional respecto a otros aditivos descritos en el estado de la técnica. Al tratarse de un aditivo inorgánico y no combustible, el mortero de cal termoaislante es ignífugo y, por lo tanto, con su uso también se superan los problemas derivados de la presencia de componentes orgánicos en caso de incendio.

Por otra parte, desde un punto de vista medioambiental, es de destacar que el aditivo de óxido de hierro (III) se encuentra de forma natural en el suelo y subsuelo y, por lo tanto, al finalizar la etapa en servicio de los edificios, los escombros son compatibles con suelos de cultivo.

La presente invención también se refiere al mortero de cal termoaislante que pueda obtenerse por vía seca o por vía húmeda.

En una realización, el mortero de cal termoaislante se obtiene por vía seca como sigue:

- mezclar mortero de cal en seco con aditivo de óxido de hierro (III) con granulometría  $0,2 - 0,5 \mu\text{m}$  en un porcentaje de hasta el 25% en peso con respecto al peso total de mortero de cal (en seco),
- amasar la mezcla para obtener una mezcla seca sustancialmente homogénea, y
- previo a su uso en edificación, añadir agua a la mezcla, donde el pH de la fase acuosa está comprendido entre 12 y 13,5.

Durante el mezclado del mortero de cal en seco (áridos) conteniendo óxido de hierro (III) con agua, el pH de la fase acuosa está entre 12,5 y 13.

5 En otra realización diferente, el mortero de cal termoaislante se obtiene por vía húmeda de la siguiente forma:

- mezclar mortero de cal y agua, donde el pH de la fase acuosa está comprendido entre 12 y 13,5, y
  - añadir el aditivo de óxido de hierro (III) con granulometría de 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$  en un porcentaje de hasta el 25% en peso con respecto al peso total de mortero de cal en seco y previamente amasado en agua.
- 10

La cantidad de agua a añadir será la necesaria para obtener el mismo nivel de trabajabilidad y consistencia elástica en todas las mezclas.

15 Durante el mezclado del mortero de cal (áridos) con agua, el pH de la fase acuosa está entre 12,5 y 13. Se prefiere una dilución de 1:10 de mortero de cal:agua, aunque esta relación puede variar en función del % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  añadido al mortero. El objetivo en la dilución es obtener el mismo grado de trabajabilidad y consistencia elástica sea cual sea el porcentaje de óxido de hierro (III) añadido al mortero. Por tanto, la relación para la dilución es un valor conocido por el experto en la materia.

20

La preparación del óxido de hierro (III) con la granulometría deseada puede llevarse a cabo por cualquier método disponible en el estado de la técnica y al alcance de un conocedor en la materia.

25

La invención se refiere al uso del mortero de cal termoaislante del primer aspecto de la invención para revestimientos en cerramientos de obra nueva y/o rellenos en rehabilitación de cerramientos existentes, e incluso capas de compresión en forjados de cubierta o soleras en contacto con el terreno, todo ello mejorando la capacidad de aislamiento térmico de la envolvente de edificios.

30

### **Breve descripción de las figuras**

35 Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico



de realización.

La Figura 1 es una gráfica que muestra la disminución de la conductividad térmica ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) de un mortero de cal conteniendo 0, 5, 10, 15 y 20 % en peso de aditivo de óxido de hierro (III), medida mediante el método de caja caliente.

La Figura 2 es una gráfica que compara los resultados de densidad experimental o real con los resultados de densidad teórica o esperada con la adición de porcentajes de óxido de hierro (III).

La Figura 3 es una gráfica que muestra la dependencia lineal entre el aumento de concentración de aditivo de óxido de hierro (III) con respecto a la densidad esperada y porosidad del mortero de cal.

La Figura 4 es una imagen de microscopio electrónico por escáner (SEM) que muestra partículas de cal, en cuya superficie se encuentran adheridas las partículas de óxido de hierro (III). La imagen muestra las partículas de cal con un 5% en peso de aditivo de óxido de hierro (III) en el mortero.

#### 20 **Descripción de una realización preferida**

A continuación, se incluye una descripción detallada de un caso particular de realización de la presente invención.

El mortero de cal base empleado contenía la siguiente composición que se determinó por difracción de rayos X. Los resultados mostraron que el mortero de cal estaba compuesto principalmente por  $CaMg(CO_3)_2$  (dolomita), un bajo contenido de  $CaCO_3$  (calcita) y presencia residual de  $SiO_2$  (cuarzo),  $Ca_2SiO_4$  (larnita) y  $Ca(OH)_2$  (portlandita).

El aditivo de óxido de hierro (III) empleado contenía una pureza superior al 95% y una solubilidad en agua inferior al 1%.

La caracterización dimensional se llevó a cabo empleando dos técnicas distintas. Valores precisos de tamaño de grano y superficie específica, medidos mediante Beckman Coulter y Malvern Mastersizer Micro Plus, respectivamente, cuyos valores se muestran en la Tabla 1 que sigue:

Tabla 1

Compuesto	Rango de tamaño de grano ( $\mu\text{m}$ ) (por lo menos el 80% de las partículas)	Superficie específica ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )
Mortero de cal	10-200	$5,7 \cdot 10^3$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,2-0,5	$9,4 \cdot 10^4$

Se prepararon diferentes muestras de mortero de cal que contenían distintos porcentajes de aditivo de óxido de hierro (III) empleando los componentes descritos más arriba. Se prepararon cinco muestras con distintos contenidos de aditivo de óxido de hierro (III): 0, 5, 10, 15 y 20% en peso. La cantidad de agua añadida a la mezcla fue superior a medida que aumentaba el contenido de óxido de hierro (III) con el fin de preparar un mortero de con cal, como aglomerante, de igual trabajabilidad y consistencia elástica (por ejemplo, bajo la norma estándar ISO 12439). La Tabla 2 que sigue muestra el peso y fracción en peso de polvo de óxido de hierro (III) que sustituye el mortero de cal.

Tabla 2

Muestra	Componentes en peso (g)			Fracción en peso de $\text{Fe}_2\text{O}_3$ en mortero (%)
	Mortero	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	
M-0	1900	0	400	0
M-5	1805	95	412	5
M-10	1710	190	436	10
M-15	1615	285	500	15
M-20	1520	380	545	20
M-100	0	190	89	100

Se prepararon muestras cilíndricas (12 cm de altura y 10 cm de diámetro). El tiempo de curado fue entre 60 y 70 días. El peso de agua necesaria para obtener la mezcla óptima aumentó linealmente con el contenido de óxido de hierro (III), ya que la adición de partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de pequeño tamaño aumentaba el área específica, lo cual condujo a un aumento de la demanda de adición de agua para envolver la superficie de las partículas.

20

La densidad real de las muestras se calculó a partir de sus pesos y dimensiones. La densidad y porosidad (véase Figuras 2 y 3) proporcionaron información crucial para entender el comportamiento de la conductividad térmica. Las densidades teóricas se calcularon a partir

de la densidad de la dolomita (2,84 g/cm<sup>3</sup>), que es el componente mayoritario en el mortero de cal, y del óxido de hierro (III) (5,26 g/cm<sup>3</sup>) considerando sus fracciones en volumen para cada muestra en la aplicación de la ley de mezclas. La porosidad se calculó empleando la densidad teórica y la densidad experimental ( $d_{\text{exp}}/d_{\text{teor}}$ ). El aumento de los valores de la densidad experimental es la consecuencia del aumento de la porosidad debido a la presencia de las partículas de óxido de hierro (III). Los poros en el mortero se crean durante el proceso de curado debido a la evaporación del agua. Con el aumento del contenido de las partículas sumicrométricas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la cantidad de agua necesaria para preparar la mezcla también aumentó, de manera que el grado de porosidad generado por la liberación de agua fue superior. El aumento de la porosidad aumenta significativamente la conductividad térmica de un material. Así, la adición de un 20% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aumentó la porosidad de 42,3% a 48,7%, que significó un incremento de aproximadamente el 15%. La porosidad mostró una dependencia lineal con respecto al aumento del contenido de óxido de hierro (III).

La conductividad térmica se calculó mediante el método de caja cerrada. Brevemente, el método emplea un dispositivo de caja caliente calibrada. En el fondo de la caja caliente, fabricada con poliestireno expandido, se ubica una lámina caliente que mantiene a una temperatura constante de 61,2 °C el lado caliente de la muestra, que se encuentra situada sobre la misma lámina caliente. El flujo de temperatura del lado frío se midió mediante un sensor de flujo HFP01. La temperatura de cada uno de los lados, lado caliente y lado frío, se midieron mediante dos termopares (uno para cada lado). Los tres parámetros obtenidos experimentalmente fueron temperatura del lado frío, temperatura del lado caliente y flujo de temperatura. A partir de ellos, mediante la aplicación de la ley de Fourier, se halló la transmitancia, U.

$$U = \frac{\Phi}{\Delta T}$$

A partir de la transmitancia, U, del espesor de la muestra, L, se calcula el valor de conductividad térmica,  $\lambda=U/L$

El calor generado por la lámina caliente se distribuyó de manera homogénea sobre la sección de la muestra. Los sensores de pérdidas de calor permitieron controlar la eficiencia de la caja caliente para medir de manera óptima del flujo de calor de la muestra.

Los ensayos realizados mostraron una caída esencialmente lineal de las conductividades térmicas con el aumento del contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Los resultados se recogen en la Tabla 3 que

sigue, representados en la Figura 1.

Tabla 3

<b>Contenido (% en peso)</b>	<b>Conductividad térmica experimental (W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>)</b>	<b>Conductividad térmica teórica (W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ahorro energético (%)</b>
0	0,67	0,71	0 (referencia)
5	0,57	0,67	14,3
10	0,55	0,63	17,2
15	0,49	0,59	32,8
20	0,40	0,56	40,1

- 5 La capacidad de aislamiento térmico permitió un ahorro del 40% respecto al mortero de cal sin aditivo para un porcentaje del 20% en peso de óxido de hierro (III) añadido.

La divergencia entre la conductividad térmica experimental y la teórica o esperada puede explicarse considerando la solubilidad de los componentes del mortero de cal y la microestructura formada durante el proceso de curado. La extremadamente baja solubilidad de las formas de Fe en medio acuoso hace que el número de iones complejos de Fe<sup>3+</sup> disponibles para el transporte sea muy bajo. Teniendo en cuenta que la transferencia de calor a través de la cal o la fase sólida del Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es más eficaz que a través de los poros de aire, la reducción del área de contacto entre partículas sólidas obliga a disminuir la conductividad térmica del mortero. Las imágenes mostradas en la Figura 4 revelan las pequeñas partículas de óxido de hierro (III) adheridas en la superficie de las partículas de cal. Las fuerzas de distribución espacial que mantienen las partículas de cal mejor separadas que en ausencia del polvo fino de óxido de hierro (III) reducen mejor el área de contacto entre las partículas de cal conductoras de calor.

20

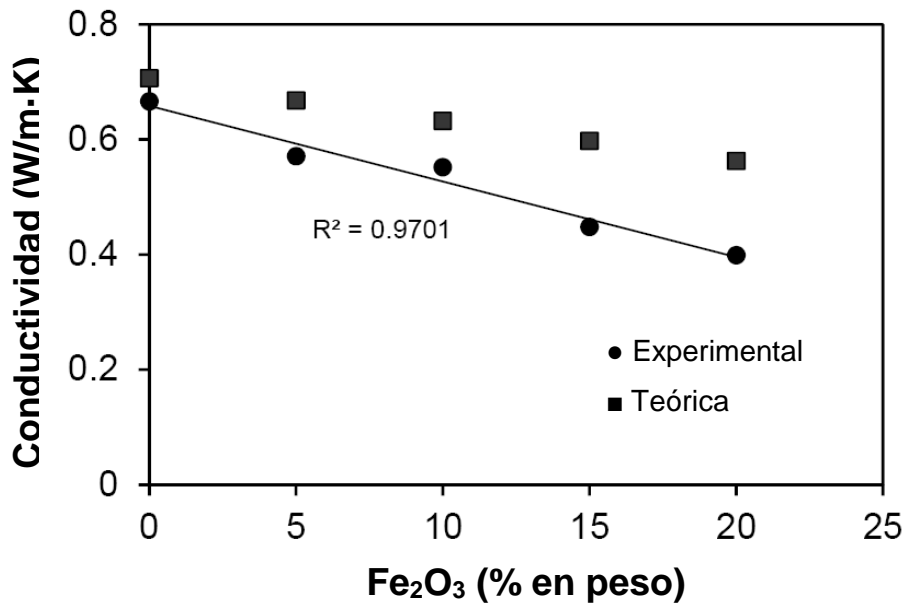
## REIVINDICACIONES

1. Mortero de cal termoaislante, **caracterizado** por el hecho de que comprende un aditivo de óxido de hierro (III) con una granulometría 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$  en un porcentaje de hasta el 25% en peso con respecto al peso total de mortero de cal.
2. Mortero de cal según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el aditivo de óxido de hierro (III) está en un porcentaje comprendido entre 15 y 20% en peso con respecto al peso total de mortero de cal.
3. Mortero de cal según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que el mortero de cal comprende partículas de cal con el aditivo de óxido de hierro (III) adherido en su superficie.
4. Mortero de cal según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la capacidad de aislamiento térmico del mortero de cal aumenta de manera sustancialmente lineal al aumentar el porcentaje de aditivo de óxido de hierro (III), siendo el ahorro energético del mortero de cal termoaislante de hasta un 40% superior para un porcentaje del 20% en peso de aditivo.
5. Mortero de cal según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la porosidad del mortero de cal aumenta de manera sustancialmente lineal al aumentar el porcentaje de aditivo de óxido de hierro (III), siendo la porosidad del mortero de cal termoaislante hasta un 15% superior para un porcentaje del 20% en peso de aditivo.
6. Mortero de cal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por el hecho de que se obtiene por vía seca de la siguiente forma:
  - mezclar mortero de cal en seco con aditivo de óxido de hierro (III) con granulometría 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$  en un porcentaje de hasta el 25% en peso con respecto al peso total de mortero de cal en seco,
  - amasar la mezcla para obtener una mezcla seca sustancialmente homogénea, y
  - previo a su uso en edificación, añadir agua a la mezcla, donde el pH de la fase acuosa está comprendido entre 12 y 13,5.
7. Mortero de cal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por el hecho de que se obtiene por vía húmeda de la siguiente forma:
  - mezclar mortero de cal y agua, donde el pH de la fase acuosa está comprendido entre 12 y 13,5, y
  - añadir el aditivo de óxido de hierro (III) con granulometría de 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$  en

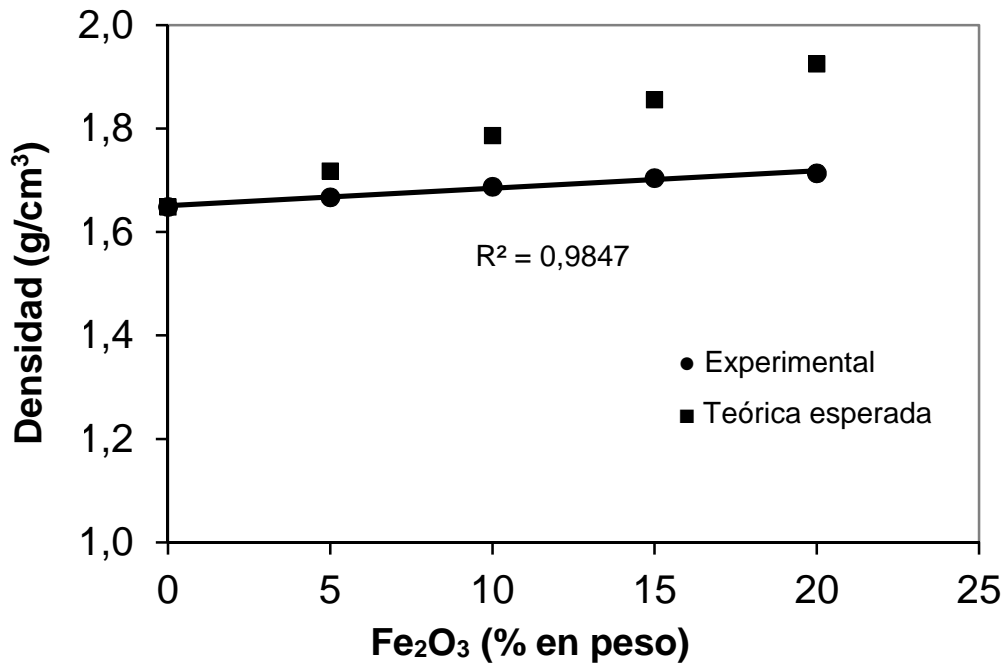
un porcentaje de hasta el 25% en peso con respecto al peso total de mortero de cal en seco y previamente amasado en agua.

- 5 8. Mortero de cal según una cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, donde el aditivo de óxido de hierro (III) está presente en un porcentaje de 15% a 20% en peso con respecto al peso total de mortero de cal.
9. Uso del mortero de cal termoaislante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 como revestimiento de cerramientos de obra nueva.
10. Uso del mortero de cal termoaislante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 como relleno en rehabilitación de cerramientos existentes.
- 10 11. Uso del mortero de cal termoaislante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 como capas de compresión en forjados de cubierta o soleras en contacto con el terreno.

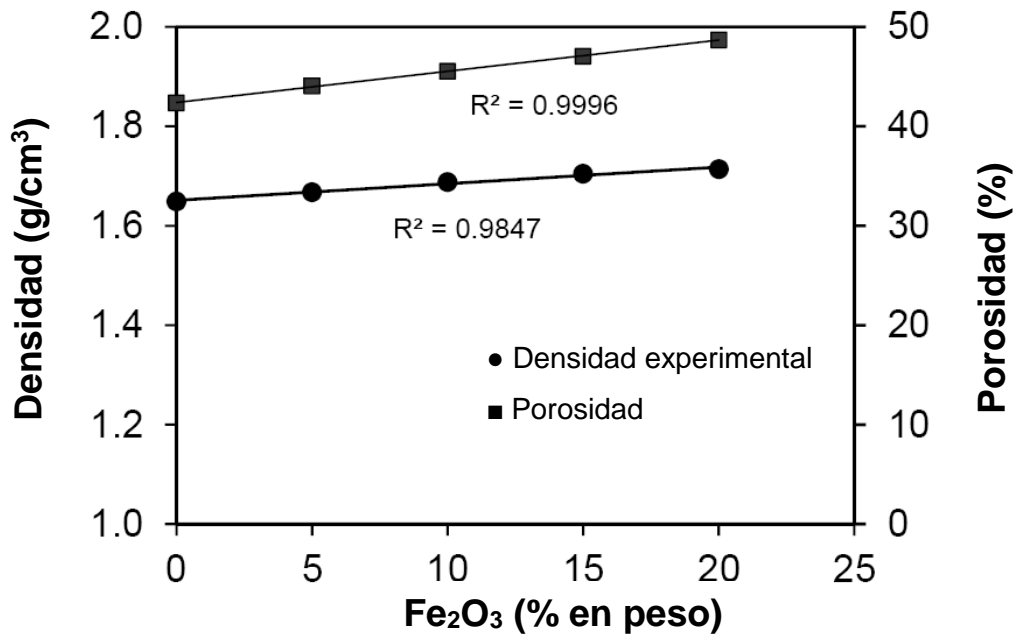
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG 3**



**FIG. 4**

