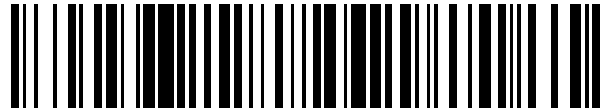


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 136**

21 Número de solicitud: 201731186

51 Int. Cl.:

**C04B 20/10** (2006.01)

**C09D 5/26** (2006.01)

**C04B 28/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**06.10.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**08.04.2019**

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)**

**C/ Serrano, nº 117  
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ ÁLVAREZ-QUIÑONES, Gloria;**

**GUERRERO BUSTOS, Ana M<sup>a</sup>;**

**RODRÍGUEZ ALLEGRO, Virginia;**

**GAVIRA GALOCHA, M<sup>a</sup>jesús;**

**ALONSO ALONSO, M<sup>a</sup> Cruz y**

**PONS AGLIO, Alicia**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **MORTERO DE REVESTIMIENTO TERMOCRÓMICO REVERSIBLE, PROCEDIMIENTO DE  
OBTENCIÓN Y USO**

57 Resumen:

Mortero de revestimiento termocrómico reversible, procedimiento de obtención y uso. La presente invención se refiere a un mortero de revestimiento termocrómico reversible adecuado para revestir un elemento de estructura expuesta a la radiación solar. Además, la presente invención se refiere al procedimiento de obtención de dicho mortero y a su uso para revestir cualquier elemento de una estructura expuesta a la radiación solar como son fachadas de edificios energéticamente eficientes. Por tanto, la presente invención se podría encuadrar en el área de la ciencia e ingeniería de materiales, concretamente en el área de la construcción, particularmente en la edificación energéticamente eficiente.

ES 2 708 136 A1

**DESCRIPCIÓN**

**MORTERO DE REVESTIMIENTO TERMOCRÓMICO REVERSIBLE,**

5

**PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN Y USO**

La presente invención se refiere a un mortero de revestimiento termocrómico reversible adecuado para revestir un elemento de estructura expuesta a la radiación solar. Además, la presente invención se refiere al procedimiento de obtención de dicho mortero y a su uso para revestir cualquier elemento de una estructura expuesta a la radiación solar como son fachadas de edificios energéticamente eficientes.

Por tanto, la presente invención se podría encuadrar en el área de la ciencia e ingeniería de materiales, concretamente en el área de la construcción, particularmente en la edificación energéticamente eficiente.

15

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La respuesta óptica de los materiales define su temperatura superficial cuando están expuestos a la radiación solar, de manera que esta temperatura aumentará cuanto mayor sea la absorción de la radiación incidente del sol. En este sentido, los materiales convencionales tienen una respuesta óptica constante, que no se ve afectada por parámetros externos, salvo su degradación o deterioro. Sin embargo, existen actualmente materiales dinámicos cromogénicos, que cambian sus propiedades ópticas en función de parámetros externos como la incidencia de radiación ultravioleta (materiales fotocromicos), la aplicación de un voltaje eléctrico (electrocromicos) o la temperatura (termocrómicos). Este tipo de materiales aportan también un valor estético añadido por el cambio de aspecto del material y se emplean actualmente en campos muy diversos como la fabricación de automóviles o la construcción.

30

En el caso concreto de la construcción, una envolvente opaca de color más oscuro, que absorba la energía de la radiación solar, o bien un acristalamiento más transparente, que permita la entrada de esta radiación al interior del edificio, serán convenientes en invierno y permitirán una reducción del consumo energético de

35

iluminación y calefacción. Sin embargo, estas mismas soluciones también provocarán en verano un aumento de la temperatura del edificio y de sus espacios interiores, que generará un efecto negativo en la isla de calor urbana y en el consumo energético de refrigeración. Es por ello que se han implementado en este campo materiales cuya respuesta óptica puede variar y tomar el valor más adecuado para cada una de las circunstancias. Por ejemplo, existen acristalamientos electrocrómicos o termocrómicos, con los que se puede regular la cantidad de radiación transmitida hacia los espacios interiores del edificio [C.G. Granqvist. *Recent progress in thermochromics and electrochromics: a brief survey*. **Thin Solid Films** 614 (2016) 90-96].

Para el campo concreto de la construcción podemos encontrar entre la bibliografía pinturas con comportamiento termocrómico reversible para su uso como revestimiento de envolventes de edificios. En el caso de las fachadas, este tipo de propuestas debe implementarse como capa final del acabado sobre una capa subyacente de mortero de revestimiento, lo cual implica un tiempo largo de puesta en obra, un coste económico elevado y posibles problemas de durabilidad por levantamiento de la capa superficial de pintura.

Por tanto, es necesario desarrollar nuevas composiciones termocrómicas reversibles que superen las desventajas mencionadas anteriormente para poder ser utilizadas en los diversos campos de interés, por ejemplo, en el campo de la construcción.

## 25 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un mortero de revestimiento que implementa la funcionalidad termocrómica reversible. Se trata de una composición en base cemento que presenta propiedades termocrómicas reversibles.

Por un lado, para que la composición sea considerada mortero de revestimiento en base cemento sus resistencias mecánicas deben atender fundamentalmente en su respuesta a las tensiones provocadas por pequeños movimientos diferenciales del soporte, tensiones generadas por cambios ambientales e impactos o agresiones externas. Distinguimos dos tipos de resistencias relacionadas con las solicitaciones que deberá de soportar el mortero de revestimiento: compresión y tracción.

La resistencia a compresión ( $R_c$ ) nos proporciona una idea de la cohesión interna del mortero. Indica, así, su capacidad de soportar presiones sin disgregarse. La cohesión  
5 también se relaciona con el grado de estanqueidad que será capaz de alcanzar una vez dispuesto.

La resistencia a tracción ( $R_t$ ) nos proporciona información sobre la dificultad que oponen las partículas a separarse. Como en el resto de este tipo de materiales la  
10 resistencia a tracción es baja, por lo que debe asegurarse que el material no estará expuesto a estas sollicitaciones.

Es, por tanto, importante que el mortero destinado a revestir desarrolle resistencias mecánicas, tanto a flexión como a compresión, durante los primeros 28 días de  
15 curado.

Por otro lado, para que la composición sea considerada mortero de revestimiento debe cumplir con ciertos requisitos en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas. Concretamente, debe presentar una consistencia y una densidad en estado fresco que  
20 garantice su fluidez para aplicarlo sobre el soporte a recubrir. En este sentido, el requisito a exigir a la composición será diferente para el revestimiento de un elemento vertical, que para uno horizontal. En el caso de un revestimiento de fachadas (aplicación vertical), por ejemplo, será necesario un material más fluido si se va aplicar el mortero en capas de acabado más finas, mientras que si se va a aplicar un espesor  
25 mayor, es más conveniente una menor fluidez. El mortero de revestimiento de la presente invención es adecuado para aplicaciones verticales y horizontales.

El mortero de revestimiento termocrómico reversible de la presente invención cumple con la normativa UNE-EN 998-1:2010 para morteros de revestimiento monocapa.  
30

El mortero de revestimiento termocrómico reversible de la presente invención se aplica directamente sobre el elemento de una estructura expuesta a la radiación solar en forma de monocapa o capas con un grosor menor de 20 mm; por lo que la adhesión entre el mortero y su soporte, por ejemplo, la fachada de un edificio, queda asegurada.  
35 Dicha característica le supone una ventaja con respecto a las pinturas termocrómicas reversibles que han de aplicarse sobre una capa subyacente de mortero de

revestimiento. En la presente invención el acabado es final.

5 Cabe señalar que, para que una composición sea considerada mortero de revestimiento las resistencias mecánicas del soporte deben ser superiores a las resistencias mecánicas del mortero de revestimiento. El mortero debe ser lo suficientemente flexible para acompañar leves movimientos del soporte por causas térmicas o estructurales. Una excesiva rigidez provocaría la aparición de fisuras o agrietamientos.

10

Para conferir al mortero de la presente invención la funcionalidad termocrómica, se añade un pigmento termocrómico reversible encapsulado en microcápsulas de material orgánico.

15

Por el término "pigmento termocrómico reversible" se entiende, en la presente invención, como aquel pigmento que cambia de color con la temperatura; este cambio de color ocurre dentro de un rango de temperaturas, cuando se calientan por encima de su temperatura de activación ( $T_c$ ). Este cambio es reversible, recuperando el color original cuando se enfrían de nuevo.

20

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un mortero de revestimiento, termocrómico reversible, adecuado para revestir un elemento de una estructura expuesta a la radiación solar, (a partir de aquí "el mortero de la presente invención") caracterizado por que comprende:

25

- un cemento
- capsulas que comprenden un pigmento termocrómico reversible en una proporción mayor de 1 % en peso con respecto a la composición final del mortero y menor de 6% en peso con respecto a la composición final del mortero,

30

- un árido en una proporción mayor del 60 % en peso con respecto a la composición final del mortero, con un tamaño de grano menor de 1 mm y con una curva granulométrica compensada,
- un aditivo retenedor de agua,
- un aditivo hidrofugante, y

35

- agua

Por el término “cemento” se entiende en la presente invención como aquel tipo de cemento caracterizado por tener una blancura mayor del 80%. El cemento debe su color a la ausencia de óxidos férricos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). La cantidad de óxido férrico en el cemento de la presente invención no supera el 1 %. Para suplir la carencia de óxidos de hierro, se puede añadir óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) o criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) al cemento de la presente invención.

En una realización preferida del mortero de la presente invención, el cemento se selecciona de entre un cemento blanco Portland convencional o un clinker belítico eco-eficiente.

Los morteros de revestimiento actuales se basan en su composición en el cemento Portland convencional, del cual es bien conocido el alto impacto energético y medioambiental que conlleva su fabricación. En este contexto, se han desarrollado distintas estrategias para minimizar el impacto de la fabricación del cemento, incluyendo la valorización de residuos en distintos pasos de su producción y desarrollando distintos procesos de síntesis más eco-eficientes. Un caso concreto de este tipo de estrategias es el cemento belítico eco-eficiente fabricado mediante síntesis hidrotermal a partir de un residuo (cenizas volantes de central térmica). Además de favorecer la valorización de este residuo, el proceso de síntesis conlleva un consumo de energía muy inferior al de cemento Portland, al utilizarse temperaturas menores de  $850\text{ }^\circ\text{C}$ , y con muy bajas emisiones de  $\text{CO}_2$  tal y como se describe en la referencia [A. Guerrero, S. Goñi, I. Campillo, A. Moragues. *Belite cement clinker from coal fly ash of high Ca content. Optimization of synthesis parameters. Environmental Science & Technology* 38 (2004) 3209-3213]. Este tipo de cementos se han considerado desde hace años como alternativa eco-eficiente para distintas aplicaciones, como el confinamiento de residuos radiactivos. El color claro del citado cemento representa una ventaja significativa para su empleo como sustituto eco-eficiente del cemento Portland blanco en aplicaciones de fachadas, por ejemplo, con un mínimo impacto desde el punto de vista energético y también estético.

Por tanto, en una realización más preferida del mortero de la presente invención, el cemento de dicho mortero de revestimiento es un clinker belítico ecoeficiente Dicho clinker belítico eco-eficiente se obtiene a partir de cenizas volantes, por ejemplo, cenizas volantes de la combustión del carbón, de bajo contenido en cal, con métodos

convencionales de baja energía para la síntesis de cementos, pero utilizando temperaturas de síntesis de alrededor de 800 °C, de entre 780 °C y 820 °C. El uso de un componente belítico con estas características supone una clara reducción de los costes de producción para el mortero de revestimiento de la presente invención, debido a la reducción drástica de la temperatura de síntesis, y la reducción de las necesidades de molienda; además, desde el punto de vista ecológico, se reduce la emisión de CO<sub>2</sub> durante el proceso del horno (conlleva un 33 % menos de emisión de CO<sub>2</sub>) y se usa un residuo de un proceso industrial como materia prima, lo cual implica una reducción en la explotación de recursos naturales y una consiguiente reducción de costes de explotación de canteras.

El cemento belítico tradicional está constituido fundamentalmente por la variedad estructural  $\beta$  del silicato dicálcico (belita), compuesto que se obtiene a partir de las mezclas de CaCO<sub>3</sub> y arcilla, calentadas hasta 1400 °C. Así, el cemento belítico tradicional tiene unas propiedades, diferenciadas del cemento Portland ordinario, necesarias para determinadas aplicaciones. En primer lugar, presenta una cinética de hidratación más lenta, por lo que el calor que se libera es más gradual, evitándose problemas de retracción. Esta circunstancia lo hace idóneo para la fabricación de grandes bloques de hormigón en masa, como es el caso de las presas. En segundo lugar, es un cemento más estable microestructuralmente frente a determinados procesos agresivos que transcurren en medios altamente alcalinos, como suele ser el cemento Portland ordinario. Además, la mínima cantidad de Ca(OH)<sub>2</sub> que se produce durante su hidratación asegura su estabilidad frente al ataque por sulfatos. Además, su proceso de fabricación implica una menor contaminación ambiental en comparación con el proceso de fabricación tradicional del cemento Portland. Estas ventajas son aplicables al clinker belítico eco-eficiente de la presente invención.

Además, el clinker belítico ecoeficiente al que se refiere la presente invención no contiene sulfatos puesto que proviene de residuos/cenizas. El ion sulfato daña la melamina-formaldehído que forman las capsulas del pigmento termocrómico reversible, por lo que un mortero de revestimiento que comprende un clinker belítico ecoeficiente supone una ventaja para la durabilidad del pigmento termocrómico reversible encapsulado. Para conferir al mortero de la presente invención la funcionalidad termocrómica, se añade un pigmento termocrómico reversible encapsulado en microcápsulas de material orgánico.

Por el término "pigmento termocrómico reversible" se entiende, en la presente invención, como aquel pigmento que cambia de color con la temperatura; este cambio  
5 de color ocurre dentro de un rango de temperaturas, cuando se calientan por encima de su temperatura de activación (Tc). Este cambio es reversible, recuperando el color original cuando se enfrían de nuevo.

Los colores estándar de estos pigmentos son negro, azul, morado, verde, naranja y  
10 rojo, pero es posible solicitar colores diferentes. En cuanto a la temperatura de activación se puede seleccionar dentro del rango entre -10 °C y + 69 °C, siendo los valores estándar de 15 °C, 31 °C y 47 °C.

Ejemplos son los pigmentos en polvo o en dispersión acuosa con una concentración  
15 de sólido próxima al 50 %, de entre 45 % y 55 %, en los que el compuesto termocrómico está protegido por cápsulas de resina de melamina-formaldehído con tamaño de partícula menor de 10 µm. El pigmento suele estar formado por los siguientes tres componentes:

- un formador del color sensible al pH (donador de electrones), el cual determina  
20 el color del pigmento
- un donador de protones (aceptor de electrones) que actúa como desarrollador del color; normalmente se trata de un ácido débil que permite que la reacción sea reversible y es responsable de la intensidad del color
- un disolvente hidrofóbico y no volátil, tipo alcohol, éster o éter (por ejemplo, el  
25 metil estearato), con un punto de fusión bajo que coincide con la temperatura de transición para que se produzca la reacción termocrómica.

La composición del "árido" de la presente invención debe ser carbonato cálcico con un color lo más próximo posible al del cemento empleado de manera que, cuando el  
30 pigmento se decolore, el mortero alcance el color más próximo al blanco posible. A lo largo de la presente invención, el término "árido" se refiere preferentemente a áridos de naturaleza caliza.

En la presente invención, el "árido" tiene una granulometría caracterizada por tamaños  
35 de partícula menores de 1 mm y con curvas granulométricas bien compensadas; que permite obtener un mortero de revestimiento sin espacios intersticiales, para que el



acabado superficial del mortero de revestimiento sea adecuado para aplicaciones en revestimientos. Preferiblemente, el árido tiene un tamaño de grano de entre 0,3 mm y 1 mm.

5

La proporción de árido en la presente invención debe ser mayor del 40 % en peso con respecto a la composición final del mortero de revestimiento. Una proporción menor produce la pérdida del comportamiento termocrómico del mortero de la presente invención, se deterioran las microcápsulas de pigmento. Preferiblemente, el árido está en una proporción mayor del 60 % en peso con respecto a la composición final del mortero.

En el mortero de la presente invención, el “aditivo retenedor de agua” evita que el agua del revestimiento sea absorbida por el soporte. Es un aditivo celulósico, por ejemplo, metil hidroxietil celulosa o hidroxipropil metil celulosa, que se añade en proporciones del orden de entre 0,10 y 0,13 % en peso con respecto a la composición final del mortero de revestimiento.

En cuanto al “aditivo hidrofugante” evitar la entrada de agua del exterior una vez que el revestimiento está aplicado sobre el soporte. Se trata de un oleato, por ejemplo de sodio, que puede estar mezclado con un estearato, por ejemplo de calcio, zinc o de magnesio. Se añade en una proporción del orden de entre 0,11 % y 0,15 % en peso con respecto a la composición final del mortero de revestimiento.

La cantidad de “agua” en el mortero de la presente invención debe ser tal que esté entre un 18 % y un 24 % del peso del mortero seco.

En una realización preferida del mortero de la presente invención, éste además comprende hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , más preferentemente el  $\text{Ca(OH)}_2$  se encuentra en una proporción entre el 2 % y el 5 % en peso con respecto a la composición final del mortero de revestimiento de la presente invención. El hidróxido de calcio en la composición del mortero de revestimiento de la presente invención tiene como finalidad mejorar la plasticidad del material.

En otra realización preferida del mortero de revestimiento de la presente invención, éste además comprende una combinación formada por

- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
  - fibras de celulosa natural insolubles en agua,
  - metacaolín,
- 5
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada y
  - un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm,

donde la combinación es incolora, blanca o beige, y donde dicha combinación mejora  
10 la circulación de las partículas en el mortero de la presente invención, además del ritmo de fraguado del mismo, la dispersión de los pigmentos y su compatibilidad con la matriz.

En la combinación mencionada anteriormente, la resina en polvo está en una  
15 proporción de entre 2,0 % y 3,0 % en peso con respecto a la composición final de la combinación, las fibras de celulosa en una proporción de entre 0,10 % y 0,30 % en peso con respecto a la composición final de la combinación, el metacaolín en una proporción de entre 1,4% y 2,0 % en peso con respecto a la composición final de la combinación, la mezcla de áridos calizos en una proporción de entre 73,0 % y 76,0 %  
20 en peso con respecto a la composición final de la combinación y el árido silíceo en una proporción de entre 4,0 % y 7,0 % en peso en peso con respecto a la composición final de la combinación .

En otra realización preferida del mortero de la presente invención, en el caso del  
25 mortero que contiene cemento belítico eco-eficiente, éste además comprende una combinación formada por

- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
  - fibras de celulosa natural insolubles en agua,
  - metacaolín,
- 30
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada,
  - un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm, y
  - un aditivo superfluidificante

35 donde la combinación es incolora, blanca o beige. El aditivo superfluidificante está en una proporción del orden de 0,10 % en peso con respecto a la composición final de la

combinación.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para  
5 obtener un mortero de revestimiento, termocrómico reversible descrito anteriormente,  
(a partir de aquí “el procedimiento de la presente invención”) caracterizado por que  
comprende las siguientes etapas:

a) preparar una composición homogénea que comprende:

- un cemento
- 10 • un árido,
- un aditivo retenedor de agua,
- un aditivo hidrofugante, y
- agua

b) preparar una dispersión acuosa de un pigmento termocrómico reversible  
15 encapsulado,

c) amasar conjuntamente la composición homogénea de la etapa (a) y la dispersión  
acuosa preparada en la etapa (b) a una velocidad de entre 130 rpm y 300 rpm durante  
un periodo de tiempo de al menos 40 segundos, donde los líquidos de la composición  
de la etapa (a) y de la dispersión de la etapa (b) se adicionan en los primeros 30  
20 segundos,

d) dejar reposar el producto obtenido en la etapa (c) durante un periodo de tiempo de  
al menos 15 s,

e) amasar el producto obtenido en la etapa (d) a una velocidad de entre 270 rpm y 300  
rpm durante al menos 50 segundos,

25 f) dejar reposar el producto obtenido en la etapa (e) durante un periodo de tiempo de al  
menos 2 min; y

g) aplicar del producto obtenido en la etapa (f) sobre un elemento de una estructura  
expuesta a la radiación solar en forma de monocapa o capas que forman un grosor  
final menor de 20 mm; y

30 h) curar el producto aplicado en una atmósfera con una humedad menor de 90 %.

La etapa (a) del procedimiento de la presente invención se refiere a la preparación de  
una composición homogénea que comprende:

- un cemento,
- 35 • un árido,
- un aditivo retenedor de agua,

- un aditivo hidrofugante, y
- agua

5 La etapa (c) del procedimiento de la presente invención es la primera etapa de amasado, donde la composición homogénea de la etapa (a) y la dispersión acuosa preparada en la etapa (b) se amasa conjuntamente.

10 En una realización preferida del procedimiento de la presente invención, el cemento utilizado en la etapa (a) es un cemento blanco Portland, la etapa (c) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 130 rpm y 150 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 40 segundos y donde la etapa (e) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 270 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 50 segundos

15

En otra realización preferida del procedimiento de la presente invención, el cemento utilizado en la etapa (a) es un clinker belítico ecoeficiente, la etapa (c) de amasado se lleva a cabo a una primera velocidad de entre 130 rpm y 150 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 10 segundos y a una segunda velocidad de entre 270 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 30 segundos y donde la etapa (e) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 280 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 50 segundos.

25 En otra realización preferida del procedimiento de la presente invención, la composición homogénea de la etapa (a) además comprende  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Otra realización preferida del procedimiento de la presente invención se refiere a la etapa (a), donde la composición homogénea de la etapa (a) además comprende una combinación formada por

30

- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
- fibras de celulosa natural insolubles en agua,
- metacaolín,
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada, y
- 35 • un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm,

donde la combinación es incolora, blanca o beige.

- En el caso de que se utilice el Clinker belítico como cemento, la composición
- 5 homogénea de la etapa (a) además comprende una combinación formada por
- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
  - fibras de celulosa natural insolubles en agua,
  - metacaolín,
  - al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1
  - 10 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada,
  - un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm, y
  - un aditivo superfluidificante

donde la combinación es incolora, blanca o beige.

15

La etapa (b) del procedimiento de la presente invención se refiere a la preparación de una dispersión acuosa de un pigmento termocrómico reversible encapsulado. Preferiblemente, el pigmento termocrómico reversible de la etapa (b) está en la dispersión en una proporción de entre un 1 % y un 6 % de la composición final del

20 mortero.

Las etapas (d) y (f) de reposo tienen la finalidad de favorecer la reacción de los distintos componentes y son necesarias para obtener las características técnicas esenciales de un mortero de revestimiento.

25

La etapa (g) se refiere a la aplicación del producto obtenido en la etapa (f) sobre un elemento de una estructura expuesta a la radiación solar en forma de monocapa o capas de grosor menor de 20 mm.

30

La última etapa del procedimiento de la invención, la etapa (h) se refiere al curado del producto aplicado en la etapa (g) en una atmósfera con una humedad menor del 90 %.

35

La humedad durante el proceso de curado juega un papel muy importante a la hora de obtener el mortero de revestimiento de la presente invención, puesto que se ha confirmado experimentalmente que, en un ambiente de humedad relativa mayor del 90 %, habitual en el curado de probetas de materiales base-cemento, el comportamiento

termocrómico de los morteros de la presente invención se degrada. Este hecho supone una ventaja para la aplicación del revestimiento en fachadas de edificios situados en zonas cálidas o soleadas como es el sur de España.

5

Un último aspecto de la presente invención se refiere al uso del mortero de revestimiento, termocrómico reversible, descrito anteriormente, para revestir cualquier elemento de una estructura expuesta a la radiación solar.

10 Por el término "elemento de estructura expuesta a la radiación solar" se entiende, en la presente invención, como un área de la estructura expuesta a la radiación solar, siendo el rango de longitudes de dicha radiación solar de entre 300 nm y 2500 nm.

Ejemplos de "estructura expuesta a la radiación solar" son una fachada, la cubierta de  
15 un tren o un depósito para almacenamiento. El mortero termocrómico de revestimiento favorece una temperatura más alta en el interior de las estructuras mencionadas cuando el ambiente exterior es frío y una temperatura menor cuando el ambiente exterior es caluroso. En el caso de la fachada de un edificio o la cubierta de un tren este comportamiento además favorece una disminución del consumo energético para  
20 obtener condiciones de confort y por tanto una ventaja económica para los usuarios. En el caso de un depósito de almacenamiento se conseguirá una temperatura más uniforme en el interior a lo largo de las horas del día y de las distintas estaciones del año que puede ser necesario para ciertos tipos de materiales almacenados especialmente sensibles a los cambios de temperatura o a temperaturas fuera de  
25 ciertos rangos de seguridad.

En una realización preferida del uso de la presente invención, el elemento de la estructura expuesta a la radiación solar es una fachada de un edificio.

30 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y  
35 no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 **FIG. 1** Espectros de reflectancia de probetas de morteros termocrómicos MWT1 y MBT1 a temperatura superior (40 °C) e inferior (20 °C) a la correspondiente al cambio de color del pigmento termocrómico empleado (31 °C).

10 **FIG.2** Espectros de reflectancia de probetas de morteros termocrómicos MWT2 curadas con una humedad relativa menor del 50% y curadas con una humedad relativa mayor del 90 % para temperatura superior (50°C) e inferior (20°C) a la correspondiente al cambio de color del pigmento termocrómico empleado (31 °C)

15 **FIG. 3** Espectros de reflectancia de probetas de morteros termocrómicos MWT2 y MBT2 a temperatura superior (40 °C) e inferior (20 °C) a la correspondiente al cambio de color del pigmento termocrómico empleado (31 °C).

## EJEMPLOS

20 A continuación, se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

### EJEMPLO 1

25 La tabla 1 muestra la composición concreta de dos morteros de revestimiento, uno de ellos basado en un cemento Portland blanco convencional (MWT1) y el otro en un cemento belítico eco-eficiente sintetizado por vía hidrotermal a partir de un residuo (MBT1). En la patente ES2306992T3 se puede encontrar una descripción detallada de dicho cemento belítico eco-eficiente.

30

35

Tabla 1. Composición de dos morteros termocrómicos.

MWT1		MBT1	
Producto	%	Producto	%
Cemento BLII A-L 42.5R	19	Cemento belítico	17,5
Árido calizo	77,7	Árido calizo	79,2
Ca(OH) <sub>2</sub>	3	Ca(OH) <sub>2</sub>	3
Metilhidroxietil celulosa	0,13	Metilhidroxietil celulosa	0,13
Oleato de sodio	0,05	Oleato de sodio	0,05
Estearato de calcio	0,12	Estearato de calcio	0,12

- 5 Para conferir al mortero la funcionalidad termocrómica, se añade un pigmento termocrómico reversible encapsulado en microcápsulas de material orgánico, como es el caso de los pigmentos en dispersión acuosa ChromaZone® Slurry de TMC Hallcrest.
- 10 Estos pigmentos se vuelven incoloros o de un color claro cuando se calientan por encima de su temperatura de activación (Tc) y este cambio es reversible, recuperando el color original cuando se enfrían de nuevo. Los colores estándar de estos pigmentos son negro, azul, morado, verde, naranja y rojo, para este ejemplo de realización se ha escogido el color negro.
- 15 La temperatura de activación del pigmento ChromaZone® Slurry de color negro es de 31 °C en una proporción de un 3 % del peso total de sólido (mortero de revestimiento termocrómico reversible).
- 20 El árido calizo Granicarb 0.3/1-BE de Omya empleado en ambos morteros tiene una granulometría caracterizada por tamaños de partícula de entre 0,3 mm y 1 mm, para que el acabado superficial del mortero sea adecuado para aplicaciones en revestimientos.
- 25 Para garantizar la integridad de los pigmentos y, por tanto, el comportamiento termocrómico de los morteros de revestimiento de la presente invención, el contenido mínimo de árido calizo en el mortero de revestimiento termocrómico reversible debe ser del 60 % del peso total de sólido. Experimentalmente se ha comprobado que con



una proporción de áridos menor o igual al 40% se produce la pérdida del comportamiento termocrómico del material.

- 5 La siguiente secuencia describe el procedimiento de preparación del mortero de revestimiento que comprende el mortero MWT1 de la tabla 1:

Paso 1 Preparar la mezcla de sólidos en las proporciones indicadas en la tabla 1 y homogeneizar dicha mezcla mecánicamente;

10

Paso 2 Amasar el mortero obtenido en amasadora:

- o Introducir la mezcla en el vaso de la amasadora.
- o Pesar 1/3 del pigmento en dispersión acuosa que se vaya a añadir, mezclar con el mismo peso de agua y agitar con una varilla de vidrio para asegurar la dispersión adecuada de las microcápsulas;
- 15 o Pesar en recipiente separado el resto de agua para completar un peso del 18 % en peso del mortero de revestimiento termocrómico final;
- o Iniciar un primer amasado a una velocidad de 140 rpm (velocidad “lenta”) y añadir la mezcla de agua con pigmento. Verter el resto del agua en el vaso usado para la mezcla y agitar para diluir los restos de pigmento, antes de
- 20 añadirlo a la amasadora. Todo el líquido se debe añadir durante los primeros 30 segundos de amasado. Continuar amasando a 140 rpm hasta un tiempo total de 45 segundos
- o Parar amasadora y bajar el material de las palas en un tiempo aproximado de 15 segundos;
- 25 o Iniciar un segundo amasado de 1 minuto de duración y con una velocidad de 285 rpm (velocidad “rápida”);

Parar la amasadora y dejar la masa en reposo hasta un tiempo total de 4 minutos;

- 30 Paso 3 Aplicar el mortero termocrómico obtenido sobre la estructura deseada y curar.

La humedad durante el proceso de curado juega un papel muy importante a la hora de obtener el mortero de revestimiento de la presente invención, puesto que se ha confirmado experimentalmente que, en un ambiente de humedad relativa mayor del 90

35 %, habitual en el curado de probetas de materiales base-cemento, el comportamiento termocrómico de los morteros se degrada.

Para la preparación del mortero de revestimiento que comprende el clinker belfítico eco-eficiente sintetizado por vía hidrotermal a partir de un residuo denominado MBT1 en la tabla 1 se sigue la misma secuencia con las siguientes modificaciones:

- 5 - La mezcla de sólidos se prepara con las proporciones indicadas para MBT1 en la tabla 1;
- La cantidad total de agua a añadir es de un 23 % en peso con respecto a mortero de revestimiento termocrómico final.
- 10 - el primer amasado se realiza con una velocidad de 140 rpm (velocidad “lenta”) durante 15 segundos y seguidamente se aumenta la velocidad de amasado hasta 285 rpm (velocidad “rápida”) hasta completar un tiempo total de este primer amasado de 45 segundos.

15 En la tabla 2 se recogen los valores de consistencia, densidad en estado fresco y resistencias a los 28 días de curado a flexión (Rf-28d) y compresión (Rc-28d) del mortero endurecido obtenidos de acuerdo con las normas UNE-EN-1015 de los morteros fabricados con las dosificaciones y las secuencias de preparación descritas anteriormente.

20

Norma UNE-EN 1015-3:2000. Métodos de ensayo para morteros de albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas).

Norma UNE-EN 1015-6:1999/A1:2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.

25

Norma UNE-EN 1015-6:2000/A1:2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

30

Los valores obtenidos son adecuados para la aplicación de los morteros como revestimiento de fachadas.

35

Tabla 2. Propiedades de los morteros termocrómicos

Mortero	Consistencia (mm)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Rf-28d (MPa)	Rc-28d (MPa)
MWT1	160	1818	2,3	5,8
MBT1	128	1978	0,8	1,4

5 Mientras que, en los morteros de revestimiento convencionales, el comportamiento óptico es constante a cualquier temperatura, los morteros descritos en esta invención cambian su respuesta con la temperatura. La figura 1 muestra los espectros de reflectancia de los dos morteros termocrómicos MWT1 y MBT1 descritos anteriormente en el rango de longitudes de onda de 300 nm a 2500 nm a dos  
10 temperaturas: una de ellas (40 °C) claramente por encima de la temperatura de cambio de color del pigmento empleado en su formulación ( $T_c=31$  °C) y la otra claramente por debajo (20 °C). Los espectros confirman una brusca disminución de la reflectancia en el rango visible del espectro (en longitudes de onda entre 380 nm y 780 nm) cuando la temperatura disminuye entre esos dos valores, asociado a un brusco  
15 aumento de la absorbancia al pasar por el valor de  $T_c$ . La absorbancia solar pasa de un valor medido de 0,616 a 40 °C a 0,659 a 20 °C (una variación de 0,043) para el mortero MWT1. Para el mortero de cemento belítico eco-eficiente (MBT1) la variación es de 0,635 a 40 °C a 0,669 a 20 °C (variación de 0,034). Por su parte, la absorbancia visible pasa de un valor medido de 0,687 a 40 °C a 0,762 a 20 °C para el mortero  
20 MWT1. Para el mortero de cemento belítico eco-eficiente (MBT1) la variación es de 0,681 a 40 °C a 0,741 a 20 °C.

Un efecto directo de esta variación de las propiedades ópticas del material, concretamente en el rango visible del espectro de entre 380 nm a 780 nm, es el  
25 cambio de color que se aprecia. Se observa que las probetas de morteros enfriadas a 8 °C presentan un color gris oscuro similar al que tienen a temperatura ambiente, alrededor de 23 °C. Por el contrario, las probetas calentadas a 50 °C presentan un color significativamente más claro, como corresponde al desplazamiento del espectro a valores reflectancia mayores en el rango visible.

30

Si la proporción de pigmentos que se añade a la mezcla de sólidos para preparar el mortero es demasiado baja, no se obtiene una coloración suficiente del mortero a baja

temperatura. Por ejemplo, un mortero de cemento blanco (MWT1) con un 1 % en peso de pigmento negro con respecto a la composición final del mortero, no presenta un excesivo contraste de color con el mismo mortero sin pigmento a una temperatura de 8 °C.

Por otro lado, si la proporción de pigmentos es demasiado alta no se consigue un color claro, próximo al del mortero sin pigmentos, por encima de la temperatura de activación. Por ejemplo, un mortero de cemento blanco MWT1 con un 5 % en peso de pigmento negro con respecto a la composición del mortero final presenta un color a una temperatura de 23 °C muy oscuro. Al calentar el material a 50 °C se produce un cambio en el color del mortero, pero el contraste es claramente menor.

La variación en la reflectancia de los morteros termocrómicos con la temperatura, y de la absorbancia solar asociada, da lugar a una variación de la temperatura superficial del revestimiento que puede ser aprovechada en términos de eficiencia energética y sostenibilidad.

#### EJEMPLO 2 Ejemplo de composición que comprende fibras (composición fina)

La tabla 3 muestra la composición concreta de dos morteros de revestimiento que incluyen resina, fibra celulósica, metacaolín, tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías y una contribución de árido silíceo, uno de ellos basado en un cemento Portland blanco convencional (MWT2) y el otro en un clinker belítico eco-eficiente sintetizado por vía hidrotermal a partir de un residuo (MBT2). La formulación con clínker belítico eco-eficiente incluye además un aditivo superfluidificante. Esta formulación mejora (respecto a la del ejemplo 1) la circulación de las partículas, el ritmo de fraguado, la dispersión de los pigmentos y su compatibilidad con la matriz.

Tabla 3. Composición de dos morteros termocrómicos con fibras.

MWT2		MBT2	
Producto	%	Producto	%
Árido calizo 0,1-0,8 mm	20,30	Árido calizo 0,1-0,8 mm	15,000
Árido calizo 0,01-0,9	46,00	Árido calizo 0,01-0,9	50,405
BL II/A-L 42.5R	15,00	BL II/A-L 42.5R	14,800
Hidrofugante	0,12	Hidrofugante	0,120
Retenedor	0,13	Retenedor	0,125
Resina	2,70	Resina	2,300
Fibra	0,25	Fibra	0,150
Metacaolín	1,50	Metacaolín	2,000
Árido calizo	9,00	Árido calizo	8,000
Árido silíceo 0,1-0,6 mm	5,00	Árido silíceo 0,01-0,6 mm	7,000
		Superfluidificante	0,100

- 5 Al igual que en el caso del Ejemplo 1, para conferir al mortero la funcionalidad termocrómica, se añade un pigmento termocrómico reversible encapsulado en microcápsulas de material orgánico, como es el caso del pigmento en dispersión acuosa ChromaZone® Slurry de TMC Hallcrest de color negro y temperatura de activación ( $T_c$ ) de 31 °C. El pigmento se añade en una proporción de un 3 % del peso
- 10 total de sólido (mortero de revestimiento termocrómico reversible).

- Los áridos calizos empleados en ambos morteros tienen granulometrías diferentes para obtener una curva de distribución granulométrica bien compensada que favorezca un fraguado compensado y un mejor comportamiento de los pigmentos orgánicos. El árido calizo Granicarb 0.1/0.8-DA de Omya se caracteriza por tamaños
- 15 de partícula de entre 0,1 mm y 0,8 mm. El árido calizo Polvo Blanco de Macael se caracteriza por tamaños de partícula de entre 0,01 mm y 0,9 mm. El árido calizo Betocarb P1-DA de Omya se caracteriza por tamaños de partícula pasantes a 0,125 mm en un  $95 \pm 5$  % y pasantes a 0,063 mm en un  $80 \pm 5$  %.
- 20 El árido silíceo empleado en ambos morteros es arena 0,1-0,6 mm de Sifusa, que se caracteriza por ser arena clasificada de grano redondeado y color beige claro con tamaños de partícula de entre 0,1 y 0,6 mm.

Para garantizar la integridad de los pigmentos y, por tanto, el comportamiento termocrómico de los morteros de revestimiento de la presente invención, el contenido mínimo del total de árido calizo en el mortero de revestimiento termocrómico reversible  
5 debe ser del 60 % del peso total de sólido.

El aditivo hidrofugante empleado es HISA A 2388 N de Clariant Ibérica, cuya composición es de oleato sódico. El aditivo retenedor empleado es Tylose MH 12003 P6 con una composición de metilhidroxietilcelulosa modificada y una viscosidad de  
10 15000 mPs s. La resina empleada es Vinnapas 8031 H de Wacker en polvo y con composición formada por etileno, laureato de vinilo y cloruro de vinilo. La fibra empleada es Arbocel FI 540 CA de JRS Ibérica, compuesta de celulosa técnica con longitud media de fibra de 600  $\mu\text{m}$ . El metacaolín empleado es Burgess Optipozz de Burgess Pigment, compuesto de silicato de aluminio calcinado. El aditivo  
15 superfluidificante empleado en la formulación del mortero MBT2 es un derivado poliacrilato.

La secuencia que describe el procedimiento de preparación del mortero de revestimiento que comprende el mortero MWT2 de la tabla 3 es la misma que la  
20 recogida en el Ejemplo 1 para el mortero MWT1, excepto en que la cantidad total de agua a añadir es de un 18,5 % en peso con respecto a mortero de revestimiento termocrómico final. En este caso, también juega un papel muy importante la humedad durante el proceso de curado a la hora de obtener el mortero de revestimiento de la presente invención, puesto que se ha confirmado experimentalmente que, en un  
25 ambiente de humedad relativa mayor del 90 %, habitual en el curado de probetas de materiales base-cemento, el comportamiento termocrómico de los morteros se degrada. La figura 2 muestra los espectros de reflectancia del mortero termocrómico MWT2 descrito anteriormente en el rango de longitudes de onda de 350 nm a 700 nm a dos temperaturas: una de ellas (50 °C) claramente por encima de la temperatura de  
30 cambio de color del pigmento empleado en su formulación ( $T_c=31$  °C) y la otra claramente por debajo (20 °C). El espectro de la probeta de mortero MWT2 curada en un ambiente con humedad relativa menor del 50% presenta una brusca disminución de la reflectancia cuando la temperatura disminuye entre esos dos valores, asociado a un brusco aumento de la absorbancia al pasar por el valor de  $T_c$ . Por el contrario, el  
35 espectro de una probeta del mortero MWT2 curado en un ambiente con humedad relativa mayor del 90% no varía cuando la temperatura disminuye entre 50°C y 20°C.

Estos resultados indican que el mortero curado en un ambiente con humedad relativa mayor del 90% no presenta comportamiento termocrómico.

5 Para la preparación del mortero de revestimiento que comprende el clinker belítico eco-eficiente sintetizado por vía hidrotermal a partir de un residuo denominado MBT2 en la tabla 3 se sigue la misma secuencia que la recogida en el Ejemplo 1 para el mortero MBT1.

10 En la tabla 4 se recogen los valores de consistencia, densidad en estado fresco y resistencias a los 28 días de curado a flexión (Rf-28d) y compresión (Rc-28d) del mortero endurecido obtenidos de acuerdo con las normas UNE-EN-1015 de los morteros fabricados con las dosificaciones y las secuencias de preparación descritas anteriormente.

15

Norma UNE-EN 1015-3:2000. Métodos de ensayo para morteros de albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas).

20 Norma UNE-EN 1015-6:1999/A1:2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.

Norma UNE-EN 1015-6:2000/A1:2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

25

Los valores obtenidos son adecuados para la aplicación de los morteros como revestimiento de fachadas.

Tabla 4. Propiedades de los morteros termocrómicos con fibras

30

Mortero	Consistencia (mm)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Rf-28d (MPa)	Rc-28d (MPa)
MWT2	140	1439	2,3	5,8
MBT2	133	1405	1,1	2,7

La figura 3 muestra los espectros de reflectancia de los dos morteros termocrómicos

- MWT2 y MBT2 descritos anteriormente en el rango de longitudes de onda de 300 nm a 2500 nm a dos temperaturas: una de ellas (40 °C) claramente por encima de la temperatura de cambio de color del pigmento empleado en su formulación ( $T_c=31$  °C) y la otra claramente por debajo (20 °C). Los espectros confirman una brusca disminución de la reflectancia en el rango visible del espectro (en longitudes de onda entre 380 nm y 780 nm) cuando la temperatura disminuye entre esos dos valores, asociado a un brusco aumento de la absorbancia al pasar por el valor de  $T_c$ .
- 5
- 10 La absorbancia solar pasa de un valor medido de 0,622 a 40 °C a 0,682 a 20 °C (una variación de la absorbancia solar de un 0,060%) para el mortero MWT2. Para el mortero de cemento belítico eco-eficiente (MBT2) la variación es de 0,546 a 40 °C a 0,624 a 20 °C (una variación de un 0,078). Por su parte, la absorbancia visible pasa de un valor medido de 0,661 a 40 °C a 0,763 a 20 °C para el mortero MWT2. Para el
- 15 mortero de cemento belítico eco-eficiente (MBT2) la variación es de 0,575 a 40 °C a 0,709 a 20 °C.

Un efecto directo de esta variación de las propiedades ópticas del material, concretamente en el rango visible del espectro de entre 380 nm a 780 nm, es el cambio de color que se aprecia. Se observa que las probetas de morteros enfriadas a 8 °C presentan un color gris oscuro similar al que tienen a temperatura ambiente, alrededor de 23 °C. Por el contrario, las probetas calentadas a 50 °C presentan un color significativamente más claro y similar al del mortero del mismo cemento sin adición de pigmento, como corresponde al desplazamiento del espectro a valores reflectancia mayores en el rango visible.

20

25

La variación en la reflectancia de los morteros termocrómicos con la temperatura, y de la absorbancia solar asociada, da lugar a una variación de la temperatura superficial del revestimiento que puede ser aprovechada en términos de eficiencia energética y sostenibilidad. En el caso de los morteros de este Ejemplo 2 la variación de la absorbancia solar con la temperatura es más pronunciada que en el caso de los morteros del Ejemplo 1. En el mortero MWT2 la variación de la absorbancia solar es de un 0,060 y en el mortero MWT1 la variación es de un 0,043. En el mortero MBT2 la variación de la absorbancia solar es de un 0,078 y en el mortero MBT1 la variación es de un 0,034. Como consecuencia, la eficacia de los morteros MWT2 y MBT2 para la reducción del consumo energético en un edificio en el que se encuentran como

30

35



revestimiento de fachadas es mayor que la de los correspondientes MWT1 y MBT1.

5 EJEMPLO 3 Ejemplo que demuestra la eficacia energética del mortero de revestimiento utilizado en una fachada.

10 La eficiencia energética del mortero de revestimiento termocrómico utilizado en fachada se ha estudiado considerando como modelo de edificio una vivienda unifamiliar adosada que, siendo un tipo edificatorio habitual en el parque construido español, es uno de los modelos de ejemplo de la herramienta Unificada Lider-Calener para verificación de las exigencias de Ahorro de Energía (DB HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) [Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo].

15 La vivienda consta de dos plantas, con una superficie habitable total de 82 m<sup>2</sup>. Dispone de una superficie de envolvente de 211 m<sup>2</sup> con un porcentaje de huecos en fachada del 15%, encerrando un volumen de espacio habitable de 222 m<sup>3</sup>. La compacidad resultante del edificio es de 1 m, definiéndose dicha compacidad como el resultado de dividir el volumen de espacio habitable entre la superficie de envolvente.

20 Las transmitancias térmicas de los cerramientos que componen la envolvente térmica del edificio modelo son los valores orientativos del DB HE del CTE para el cumplimiento de los requisitos relativos a la demanda energética.

25 El análisis de la demanda energética del caso estudiado se realiza en base a simulaciones mediante la herramienta informática Design Builder (versión 4.7.0), que integra el motor de cálculo de Energy Plus.

30 Se considera el edificio con una orientación Norte-Sur y las fachadas sin aislamiento para que el comportamiento termocrómico del revestimiento tenga un mayor impacto sobre los resultados.

35 Se ha realizado la simulación energética del edificio con las propiedades del mortero de revestimiento con la composición fina que comprende fibras basada en cemento belítico, MBT2 descrita en el Ejemplo 2. Se ha comparado el comportamiento energético del edificio cuando el revestimiento tiene de manera constante el comportamiento del mortero MBT2 a 40 °C (Figura 3), cuando tiene de manera

5 constante el comportamiento del mortero MBT2 a 20 °C (Figura 3) y cuando el mortero tiene un comportamiento termocrómico, variable con la temperatura. En este último caso, se han tomado los valores de demanda correspondientes a las propiedades del mortero para 40 °C, cuando la temperatura superficial simulada del muro es superior a 28 °C, se han tomado los valores de demanda correspondientes a las propiedades del mortero a la temperatura de 20 °C cuando la temperatura superficial simulada del muro es inferior a 22 °C, y en el resto de horas del año en el que la temperatura superficial se encuentra entre 22 °C y 28 °C, se ha tomado la demanda correspondiente a un revestimiento con las propiedades ópticas relativas a una temperatura de 25 °C, calculadas por interpolación de los valores correspondientes a 20 °C y a 30 °C.

15 Se plantea la simulación energética en un clima D3, caso de Madrid. La zona climática D3 representa un clima severo en invierno por sus bajas temperaturas, y severo también en verano por sus altas temperaturas.

Los resultados obtenidos de la simulación energética se recogen en la Tabla 5:

20 Tabla 5. Resultados de simulación energética

Demanda edificio	Calefacción	Refrigeración	Total
	kW·h/m <sup>2</sup>	kW·h/m <sup>2</sup>	kW·h/m <sup>2</sup>
Revestimiento MBT2 a 20°C	25,08	16,97	42,05
Revestimiento MBT2 a 40°C	26,32	15,84	42,16
Revestimiento MBT2 variable	25,41	16,23	41,64
Demanda espacios a Norte	Calefacción	Refrigeración	Total
	kW·h/m <sup>2</sup>	kW·h/m <sup>2</sup>	kW·h/m <sup>2</sup>
Revestimiento MBT2 a 20°C	23,12	15,96	39,08
Revestimiento MBT2 a 40°C	24,11	15,02	39,13
Revestimiento MBT2 variable	23,13	15,28	38,41

25 Los resultados muestran que con el revestimiento de mortero termocrómico variable con la temperatura disminuye la demanda energética total con respecto al revestimiento con morteros de comportamiento constante. La reducción de la

demanda energética total es más significativa en el caso de los espacios a orientación norte.

- 5 Considerando los resultados a nivel global (no repercutidos por m<sup>2</sup>) se produce una reducción de la demanda de calefacción con el revestimiento de comportamiento variable respecto al edificio con el comportamiento del revestimiento MBT2 a 40 °C constante del 3 %. Para los espacios orientados a norte esta reducción de la demanda de calefacción aumenta a un 4%. La demanda de refrigeración del edificio con el
- 10 revestimiento de comportamiento variable se reduce respecto a la del revestimiento MBT2 a 20 °C constante en un 4 %. Sin embargo, la reducción de la demanda total es menor, ya que se compensan los efectos de la demanda de calefacción y refrigeración a lo largo del año.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un mortero de revestimiento, termocrómico reversible, para revestir un elemento de una estructura expuesta a la radiación solar, caracterizado por que comprende:
- o un cemento,
  - o capsulas que comprenden un pigmento termocrómico reversible en una proporción mayor de 1 % en peso con respecto a la composición final del mortero y menor de 6 % en peso con respecto a la composición final del mortero,
  - o un árido con un tamaño de grano menor de 1 mm y en una proporción mayor del 40 % en peso con respecto a la composición final del mortero,
  - o un aditivo retenedor de agua,
  - o un aditivo hidrofugante, y
  - o agua
- 10
- 15
- 20 2. El mortero según la reivindicación 1 caracterizado por que el cemento se selecciona de entre un cemento blanco Portland convencional o un clinker belítico eco-eficiente.
- 25 3. El mortero según la reivindicación 2, caracterizado por que el cemento es un clinker belítico eco-eficiente obtenido a partir de cenizas volantes o por métodos convencionales de baja energía para la síntesis de cementos utilizando una temperatura de síntesis de entre 780 °C y 820 °C.
- 30 4. El mortero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el árido tiene un tamaño de grano de entre 0,3 mm y 1 mm.
- 35 5. El mortero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el árido está en una proporción mayor del 60 % en peso con respecto a la composición final del mortero.
6. El mortero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que además comprende  $\text{Ca(OH)}_2$ .

7. El mortero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que además comprende una combinación formada por

- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
- 5 • fibras de celulosa natural insolubles en agua,
- metacaolín,
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,01 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada, y
- un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm
- 10 y 0,6 mm,

donde la combinación es incolora, blanca o beige.

8. El mortero según la reivindicación 3, caracterizado por que además comprende una combinación formada por

- 15 • una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
- fibras de celulosa natural insolubles en agua,
- metacaolín,
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,01 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada,
- 20 • un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm, y
- un aditivo superfluidificante

donde la combinación es incolora, blanca o beige.

25 9. Un procedimiento para obtener un mortero de revestimiento, termocrómico reversible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

a) preparar una composición homogénea que comprende:

- un cemento
- 30 • un árido,
- un aditivo retenedor de agua,
- un aditivo hidrofugante, y
- agua

b) preparar una dispersión acuosa de un pigmento termocrómico reversible

35 encapsulado,

- 5 c) amasar conjuntamente la composición homogénea de la etapa (a) y la dispersión acuosa preparada en la etapa (b) a una velocidad de entre 130 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 40 segundos, donde los líquidos de la composición de la etapa (a) y de la dispersión de la etapa (b) se adicionan en los primeros 30 segundos,
- d) dejar reposar el producto obtenido en la etapa (c) durante un periodo de tiempo de al menos 15 min,
- 10 e) amasar el producto obtenido en la etapa (d) a una velocidad de entre 270 rpm y 300 rpm durante al menos 50 segundos,
- f) dejar reposar el producto obtenido en la etapa (e) durante un periodo de tiempo de al menos 2 min; y
- 15 g) aplicar del producto obtenido en la etapa (f) sobre un elemento de una estructura expuesta a la radiación solar en forma de monocapa o capas que forman un grosor final menor de 20 mm; y
- h) curar el producto aplicado en una atmósfera con una humedad menor de 90 %.

20 10. El procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que el cemento utilizado en la etapa (a) es un cemento blanco Portland, la etapa (c) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 130 rpm y 150 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 40 segundos y donde la etapa (e) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 270 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 50 segundos

25 11. El procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que el cemento utilizado en la etapa (a) es un clinker belítico ecoeficiente, la etapa (c) de amasado se lleva a cabo a una primera velocidad de entre 130 rpm y 150 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 10 segundos y a una segunda velocidad de entre 270 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 30 segundos, y donde la etapa (e) de amasado se lleva a cabo a una velocidad de entre 280 rpm y 300 rpm durante un periodo de tiempo de al menos 50 segundos.

35 12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que la composición homogénea de la etapa (a) además comprende  $\text{Ca(OH)}_2$ .

13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que la composición homogénea de la etapa (a) además comprende una combinación formada por

- 5
- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
  - fibras de celulosa natural insolubles en agua,
  - metacaolín,
  - al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada, y
- 10
- un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm,

donde la combinación es incolora, blanca o beige.

14. El procedimiento según la reivindicación 9 u 11, caracterizado por que la  
15 composición homogénea de la etapa (a) además comprende una combinación formada por

- una resina en polvo que comprende etileno, acetato o cloruro de vinilo,
  - fibras de celulosa natural insolubles en agua,
  - metacaolín,
- 20
- al menos tres tipos de árido calizo con distintas granulometrías, de entre 0,1 mm y 1 mm, que aporten en conjunto una curva granulométrica compensada,
  - un árido silíceo como es una arena con un grano redondeado de entre 0,1 mm y 0,6 mm, y
  - un aditivo superfluidificante

25 donde la combinación es incolora, blanca o beige.

15. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizado por que el pigmento termocrómico reversible de la etapa (b) está en una proporción de entre un 1 % y un 6 % en peso en la dispersión.

30

16. Uso del mortero de revestimiento, termocrómico reversible, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, para revestir cualquier elemento de una estructura expuesta a la radiación solar.

FIG. 1

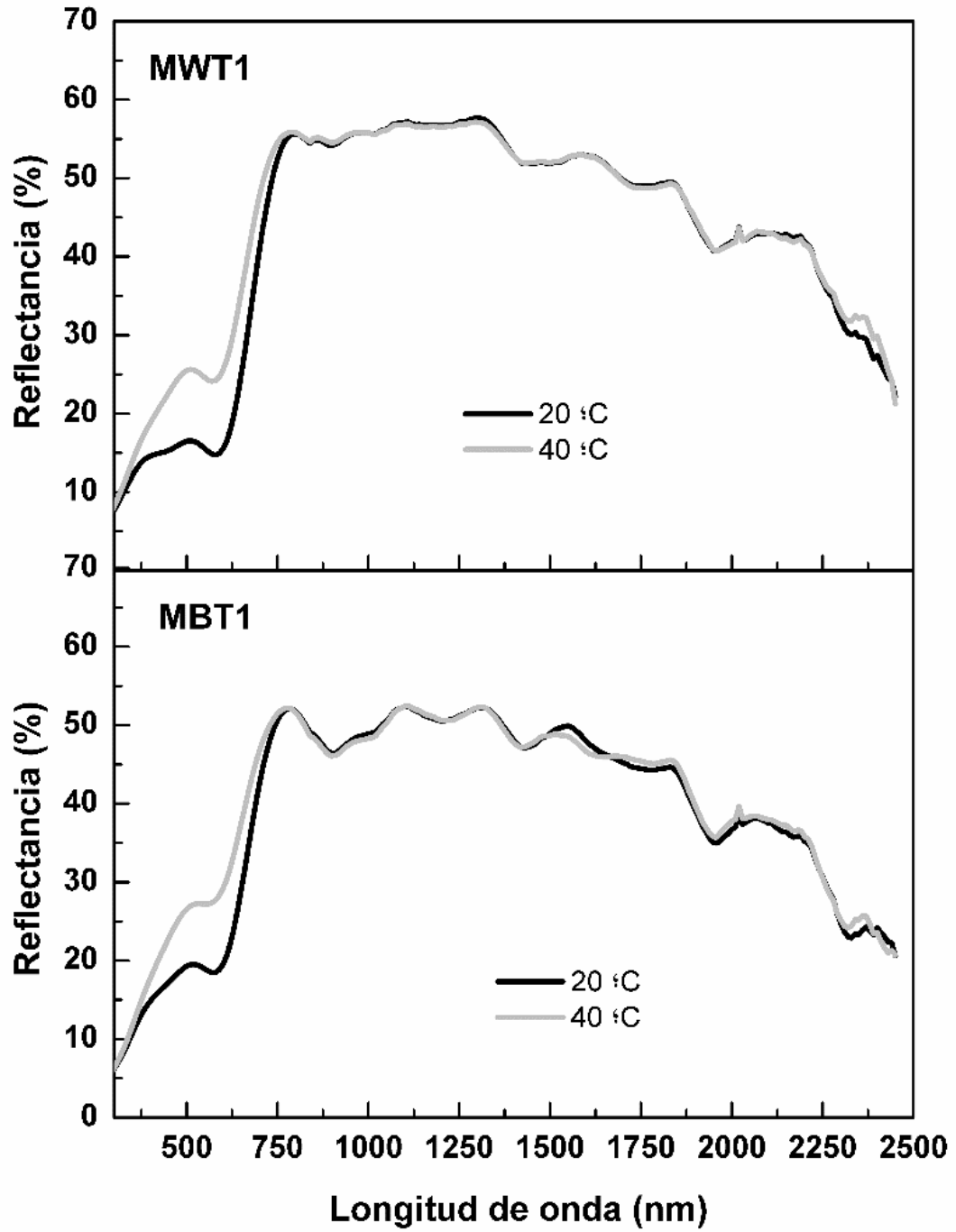




FIG. 2

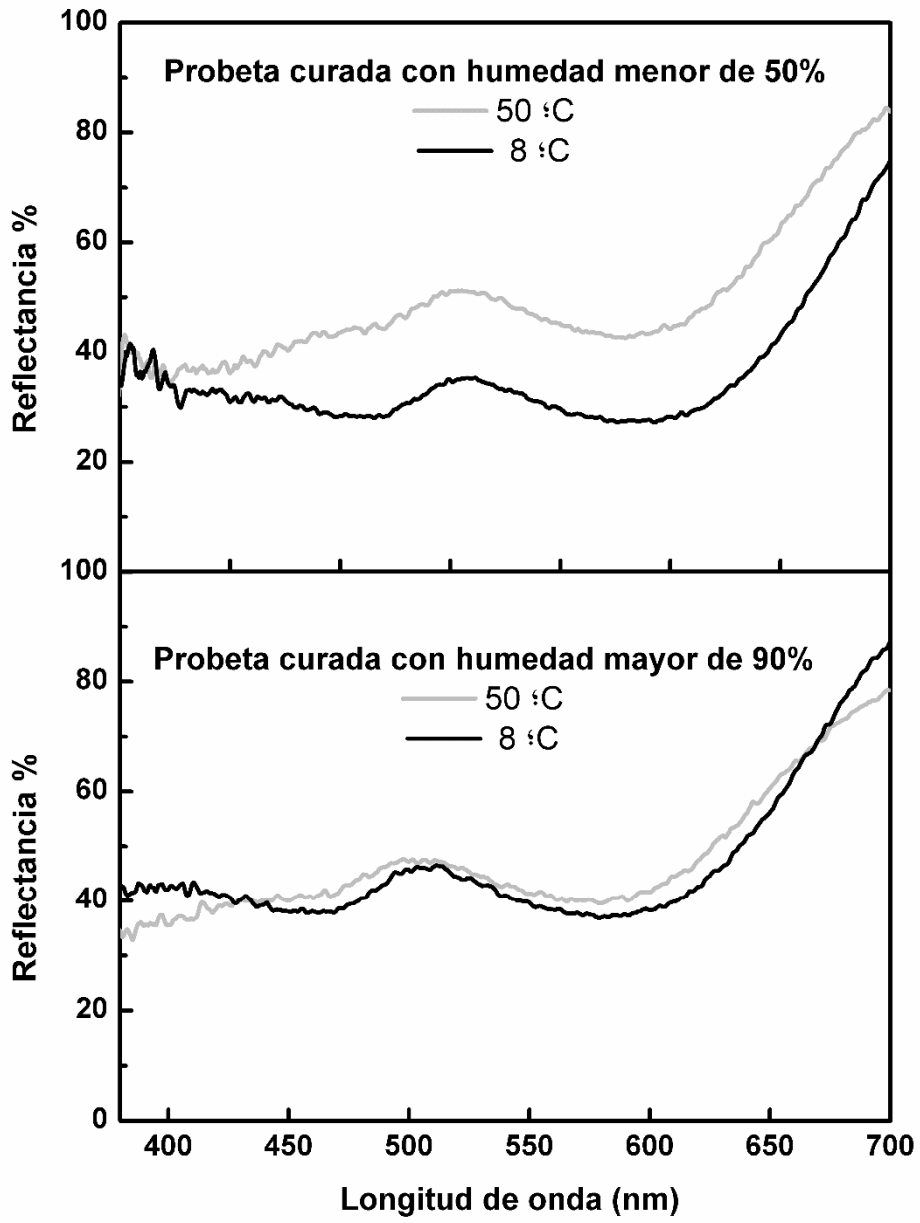
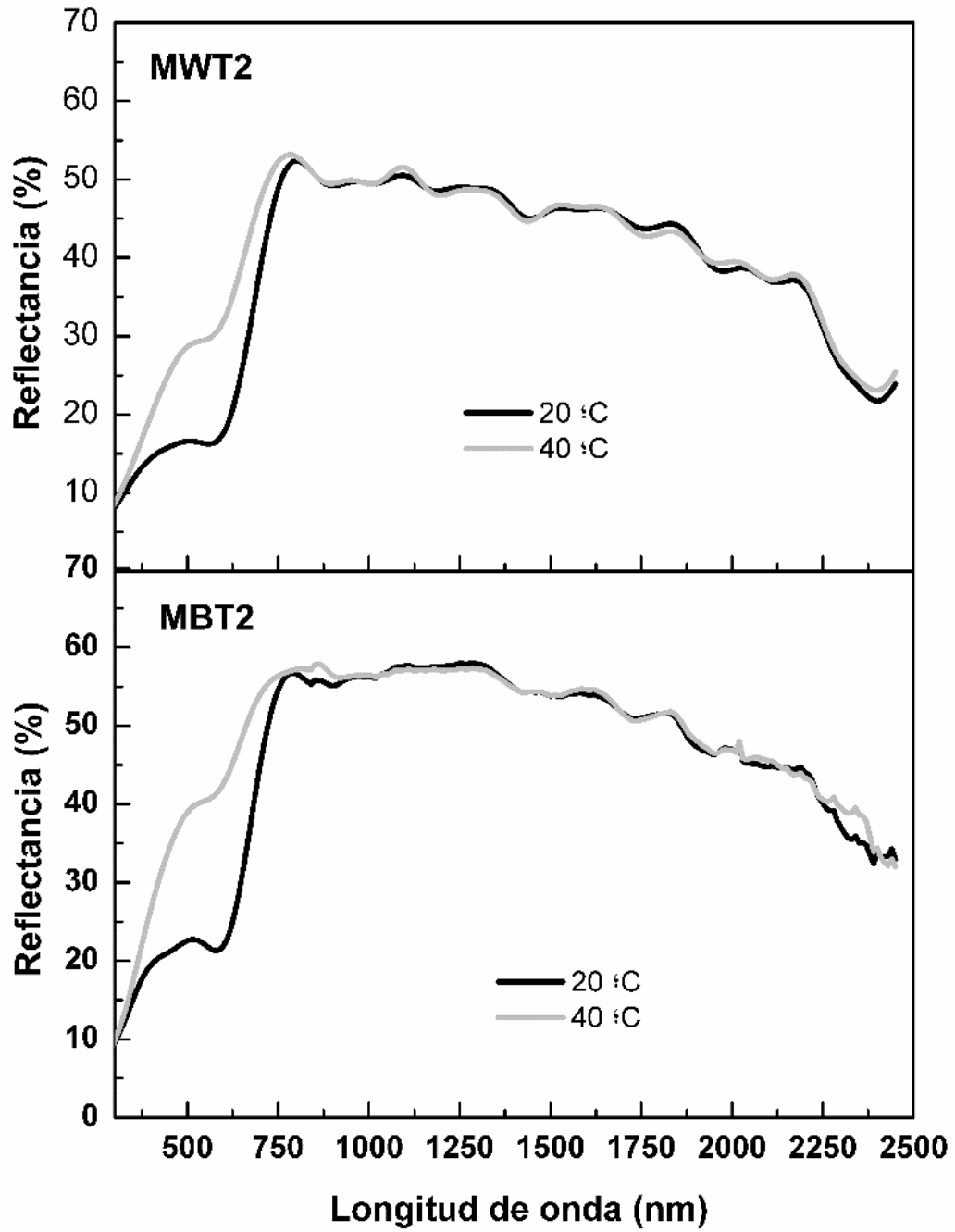


FIG. 3





- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201731186  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 06.10.2017  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CN 106365557 A (PAREX(SHANGHAI) MAN CO LTD) 01/02/2017, (resumen) [en línea] Recuperado de: WPI/ 2017 Clarivate Analytics	1,2,6,16
Y		3
Y	GLORIA PEREZ et al. First approach to the thermochromic mortars: Compatibility between thermochromic pigments and cement. Proceedings of the Second International Conference on Concrete Sustainability, Madrid, 13/06/2016, Páginas 626 a 632. página 627, párrafos [2 - 3]	3
A	WO 2014065682 A1 (SECIL S.A.-COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO) 01/05/2014, página 6, línea 26 - página 8, línea 27	1-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
29.12.2017

Examinador  
A. Rua Agüete

Página  
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**C04B20/10** (2006.01)

**C09D5/26** (2006.01)

**C04B28/02** (2006.01)

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

C04B, C09D

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

INVENES, EPODOC, WPI, TXTE, CAPLUS