

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 923 823**

21 Número de solicitud: 202130094

51 Int. Cl.:

C04B 40/00 (2006.01)

C04B 22/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

08.02.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.09.2022

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

23.12.2022

Fecha de concesión:

03.03.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

10.03.2023

73 Titular/es:

**S.A. SULQUISA (100.0%)
Paraje de Valdeguerra s/n
28380 Colmenar de Oreja (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**PALOMO SÁNCHEZ, Angel;
MALTSEVA, Olga;
GARCÍA LODEIRO, Inés y
FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, Ana María**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

54 Título: **Aditivo sólido para potenciar las resistencias mecánicas de pastas de cemento, morteros u hormigones con altos contenidos de "SCMs"**

57 Resumen:

Aditivo sólido para potenciar las resistencias mecánicas de en pastas de cemento, morteros u hormigones con altos contenidos de "SCMs".

La presente invención se refiere a un aditivo sólido y seco (pulverulento) para mejorar el desarrollo mecánico temprano y tardío de pastas de cemento u hormigón especialmente de aquellas basadas en cementos en los cuales se ha sustituido una parte importante del clinker o OPC por materiales cementantes suplementarios (SCMs) tales como cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, arcillas deshidroxiladas u otros materiales silicoaluminosos.

Así mismo, el segundo objeto de la invención es una formulación conglomerante que comprende:

- a) un cemento conteniendo al menos una fracción de Clinker/cemento portland y materiales cementantes suplementarios (SCMs);
- b) agua;
- c) un aditivo de acuerdo con la presente invención y
- d) opcionalmente áridos

y que presenta valores de resistencias mecánicas similares y/o superiores a los cementos convencionales denominados como blended cements.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 923 823 B2

DESCRIPCIÓN

Aditivo sólido para potenciar las resistencias mecánicas de en pastas de cemento, morteros u hormigones con altos contenidos de “SCMs”

5

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención pertenece al campo de los aditivos sólidos para composiciones conglomerantes con una cierta base de cementos Portland. En particular, la presente
10 invención se refiere a un aditivo sólido que mejora el desarrollo mecánico temprano y tardío de pastas y morteros de cemento portland (OPC) en los cuales se ha sustituido una parte importante del clinker por adiciones minerales (“Materiales cementantes suplementarios-
“*Supplementary Cementitious Materials*” (SCMs)) tales como cenizas volantes, escorias de
15 horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, arcillas tratadas térmicamente (deshidroxiladas) u otros materiales silicoaluminosos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Uno de los principales retos actuales del sector cementero es reducir el nivel de emisiones de
20 CO₂ a la atmosfera. En el periodo 2013-2020, según la revisión de la Directiva de Comercio de Emisiones, el límite máximo de derechos de emisión correspondiente a cada uno de los 27 Estados miembros de la EU, se sustituirá por un único límite máximo a escala de la UE: disminución del 20% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2020 respecto a los niveles de 2005, reduciéndose un 21% las emisiones de los sectores incluidos
25 en el régimen de comercio de emisiones y un 10%, en el caso de los no regulados.

El objetivo del 21% de reducción en las emisiones de CO₂, aún sin especificar sectorialmente, requerirá un gran esfuerzo adicional por parte del sector cementero. Actualmente el sector
30 cementero contribuye entre un 8 y un 9% a las emisiones totales de CO₂, lo cual quiere decir que tendrá que disminuir sus emisiones entre 2% y un 3%, si el nivel de producción se mantiene al ritmo actual. No obstante, las previsiones son que el nivel de producción aumente de forma global en los próximos años; por tanto, es previsible que la disminución de las emisiones deba ser mayor que ese 2% o 3% señalado anteriormente.

35 En el proceso de fabricación del cemento portland (OPC), el 60% de las emisiones de CO₂ provienen del procesado de los materiales, es decir, de la descarbonatación de las calizas

necesarias para fabricar clínker, lo que dificulta enormemente la reducción de dichas emisiones. El otro 40% se debe a la ignición de los combustibles empleados para calentar el horno y a otras operaciones de proceso (secado, molienda etc.), y naturalmente al transporte de materias primas y del producto acabado. En este sentido, es preciso destacar que en los últimos años las empresas europeas cementeras en general ya han acometido importantes planes de inversión, con el objetivo de implantar las mejoras tecnológicas disponibles para incrementar la eficiencia energética, reducir las emisiones de CO₂ y optimizar el proceso de producción.

5 **Una de las propuestas más interesantes y habituales para** reducir las emisiones de CO₂ es sustituir parte del Clínter del cemento portland por Materiales Cementantes Suplementarios (SCMs), ó incluso parte del cemento portland por los mismos SCMs en la elaboración de hormigones. Los SCMs son comúnmente subproductos procedentes de otras industrias, tales como las cenizas volantes, las escorias de horno alto y el humo de sílice. Este tipo de subproductos normalmente se asocian con muy bajas emisiones CO₂ (mínima energía requerida para su secado, molienda y transporte).

De hecho, esta es una práctica recogida en las normativas de todo el mundo. La mayoría de los cementos comerciales actuales incorporan habitualmente entre un 10% y un 25% de estos SCMs. De hecho, estos cementos que contienen SCMs cuando se hidratan en presencia de aditivos reductores de agua, y con arena y/o grava son capaces de generar morteros y hormigones con excelentes comportamientos mecánico-resistentes y durables. La cantidad de SCMs que generalmente se incorpora a cementos, morteros y hormigones está limitada, en función del tipo de SCMs y de la aplicación del producto final; ello se debe a que muy elevados niveles de sustitución de clínker por SCMs, generalmente da lugar a un menor desarrollo de resistencias mecánicas, especialmente a edades iniciales.

La presente invención está dirigida a un nuevo tipo de aditivo en forma sólida capaz de mejorar el desarrollo mecánico temprano (2 días) y tardío (28 días) de pastas, morteros y hormigones en base OPC con un elevado nivel de sustitución de clínker por SCMs. Los resultados obtenidos indican que el efecto del aditivo de la invención es más significativo en pastas y morteros con un nivel de sustitución de clínker por SCMs superior al 25%, considerando como SCMs cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, arcillas tratadas térmicamente (deshidroxiladas), u otros materiales silico-alumino-calcicos.

35

De este modo, el aditivo de la presente invención no solo presenta la ventaja de mejorar el desarrollo mecánico de pastas de cemento o morteros, sino que además permite rebajar significativamente el porcentaje de Clinker (factor clinker) y aumentar simultáneamente el de SCMs sin afectar de forma relevante las características mecánicas de los morteros u hormigones resultantes y al mismo tiempo favoreciendo el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y el objetivo de producir materiales más durables.

OBJETO DE LA INVENCION

10 Por tanto, el objeto principal de la presente invención, es un aditivo sólido y seco (en estado pulverulento para composiciones cementosas que comprende dos componentes:

- a) Una sal alcalina o una mezcla de sales alcalinas capaces de generar al disolverse, un pH igual o superior a 13,5
- b) un agente dispersante orgánico en forma de polvo.

15

Un segundo objeto de la invención es una composición conglomerante que comprende:

- a) un cemento conteniendo al menos una fracción de Clinker/cemento portland y materiales cementantes suplementarios (SCMs);
- b) agua;
- 20 c) un aditivo de acuerdo con la presente invención y
- d) opcionalmente áridos.

20

Es asimismo objeto de la presente invención, un procedimiento para preparar una composición conglomerante que comprende:

- 25 a) adicionar el aditivo de la invención al clinker de cemento durante la molienda del mismo junto con los SCMs,
- b) mezclar el producto de la etapa a) con el agua y opcionalmente con los áridos para producir la pasta de cemento, mortero u hormigón.

30 Por último, es objeto de la invención el uso del aditivo de la invención para mejorar la fluidez y el desarrollo mecánico de la pasta de cemento y para mejorar las características mecánicas y durables en los morteros y/o hormigones finales. En particular, es especialmente útil para mejorar el desarrollo mecánico a edades iniciales de morteros y hormigones en base OPC con elevados niveles de sustitución de clinker por SCMs.

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1: Esquema de preparación del aditivo de la invención.

Figura 2: Esquema del proceso de formulación de la composición conglomerante de la invención.

5

Figura 3: Desarrollo mecánico de morteros a las edades de 2 días (columna verde) y 28 días (columna azul). Las resistencias mecánicas a compresión de morteros preparados 100% con un cemento 52,5R se representan en las dos columnas de la izquierda. Las dos columnas de la derecha representan las resistencias a compresión de morteros en los que el 50% del cemento se ha sustituido por ceniza. Finalmente, las dos columnas centrales representan las resistencias de un mortero en el que el 50% del cemento se ha sustituido por una ceniza y en la que se ha incorporado el aditivo de la invención. Como se puede observar, este último caso se obtiene un patrón de resistencias muy similar al caso correspondiente al 100% de cemento.

10
15 **Figura 4:** Cambios de color del ensayo de Frattini.

Figura 5: [CaO] determinada en los conglomerantes, con un nivel de sustitución de OPC con cenizas Volantes del orden de 50% y 70%.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Con el fin de facilitar la comprensión y de aclarar el significado de determinados términos en el contexto de la presente invención se aportan las siguientes definiciones:

25 **“Clinker” o “Clinker de cemento Portland”:** Producto resultante de la calcinación de arcillas y calizas a elevadas temperaturas (1450-1550°C) durante el proceso de fabricación de cemento. Las fases minerales que conforman el Clinker son fundamentalmente el silicato tricálcico o alita (C_3S), el silicato bicálcico o belita (C_2S), el aluminato tricálcico (C_3A) y la fase ferrítica (C_4AF).

30

“Cemento Portland (OPC)” Es el producto resultante de la molienda conjunta del Clinker con una pequeña cantidad de yeso (sulfato de calcio), que tiene la propiedad de regular el fraguado. Las normas admiten la adición de otros productos (generalmente denominados SCMs) cuya inclusión se sabe no afecta las propiedades tecnológicas del cemento resultante y se sabe que reduce el impacto ambiental del cemento. El cemento es un conglomerante
35 hidráulico, pulverulento, compuesto predominantemente por silicatos y aluminatos de calcio

que, en reacción con agua y luego de un proceso de fraguado, conducen a la formación de una matriz endurecida, estable y durable, de propiedades ligantes, con adecuada resistencia y rigidez.

5 **“Adiciones minerales o Materiales cementantes suplementarios (SCMs)”**: Las adiciones minerales son materiales de origen natural o artificial, cuya mezcla con el clinker en la elaboración de cemento, o con el cemento para elaborar morteros y hormigones permite alcanzar mejoras tecnológicas en su desempeño, ya sea en su comportamiento en estado fresco como en sus propiedades resistentes y durables. Las adiciones reaccionan a través de su actividad hidráulica, puzolánica o ambas. Ejemplos de SCMs son las cenizas volantes procedentes de la combustión del carbón (FA), las escorias de horno alto (BFS), las puzolanas naturales y el humo de sílice.

15 **“Material cementante o conglomerante”**: en el contexto de la invención se refiere al conjunto de materiales que en presencia de agua u otras sustancias, forma una pasta blanda con propiedades aglomerantes que fragua y endurece para dar lugar a un material rígido. En la presente invención este término se aplica tanto para el cemento portland como para las mezclas de OPC+SCMs

20 **“Composiciones cementosas”**: en el contexto de la presente invención se refiere a formulaciones que comprenden y/o están basadas en cemento portland o mezclas (OPC+SCMs) como componente conglomerante esencial.

25 **“Áridos”**: Material granulado inorgánico como grava o piedra partida, empleado en la elaboración de hormigones.

“Pasta de cemento”: Mezcla de cemento y agua

30 **“Mortero”**: Mezcla de cemento, arena y agua

“Hormigón”: Aglomerante resultado de la mezcla de cemento, agua y áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena) en las proporciones adecuadas.

35 **“Aditivos Químicos”**: Son compuestos químicos que en pequeñas proporciones se incorporan a las pastas, morteros y hormigones. Su dosificación tiene por propósito modificar una o varias

propiedades de las mezclas cementantes, mejorando sus prestaciones, ya sea en su estado fresco o endurecido. Su incidencia en el desempeño y las propiedades de hormigones con funciones específicas los convierte en un componente necesario.

5 **“Aditivo sólido”**: se refiere a un aditivo que se adiciona al cemento mortero u hormigón o a la pasta de estos en estado sólido, en contraposición con los aditivos líquidos. En el contexto de la invención el aditivo sólido se presenta en forma de polvo seco.

10 **“Aditivo seco”**: se refiere a un aditivo que no requiere hidratación o disolución previa antes de su adición al cemento, mortero u hormigón o a la pasta de estos.

15 **“Agente dispersante”**: hace referencia a aditivos con capacidad para dispersar las partículas sólidas que constituyen los cementos, potenciando su reactividad. Incluye entre otros los aditivos conocidos como plastificantes y superplastificantes. En el contexto de la presente invención el agente dispersante se selecciona preferentemente de entre lignosulfonatos, melaminas, naftalen sulfonatos, policarboxilatos y/o mezclas de los mismos.

20 **“Sal alcalina”**: Una sal es un compuesto químico formado por cationes (iones con carga positiva, en este caso alcalinos tipo Na^+ o K^+ o Li^+ o alcalinotérreos tipo Ca^{2+} o Mg^{2+}) enlazados a aniones (iones con carga negativa, en este caso, Cl^- , F^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- ...) mediante un enlace iónico. Son el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, donde la base proporciona el catión, y el ácido el anión. De manera preferente la sal puede seleccionarse de entre NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , NaF , CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 , K_2CO_3 , Li_2CO_3 y mezclas de las mismas.

25 **“Hidróxido alcalino”**: se refiere a un hidróxido de un elemento alcalino, preferiblemente de sodio o potasio.

30 **“Fluidez”**: Medida de la consistencia de la pasta de cemento expresada en términos del incremento del diámetro de un espécimen moldeado en el interior de una pieza troncocónica, después de sacudir un número específico de veces.

35 **“Desarrollo mecánico”**: Desarrollo en el tiempo de las resistencias a flexión y/o a compresión (normalmente medidas en MPa) de pastas, morteros y hormigones.

“**Desarrollo mecánico temprano**”: en el contexto de la invención es el desarrollo en el tiempo de las resistencias a flexión y/o a compresión (normalmente medidas en MPa) de pastas, morteros y hormigones en los primeros momentos del fraguado, como referencia se toman las 48 horas (dos días).

5

“**Desarrollo mecánico tardío**”: en el contexto de la invención es el desarrollo en el tiempo de las resistencias a flexión y/o a compresión (normalmente medidas en MPa) de pastas, morteros y hormigones en momentos tardíos del fraguado, como referencia se toman los 28 días.

10

“**Resistencia mecánica a flexión**”: Resistencia de un material a la deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

“**Resistencia mecánica a compresión**”: Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

15

“**Agua destilada descarbonatada**”: Agua destilada hervida a 100°C, durante un tiempo de X min, para eliminar los restos de CO₂, y enfriada a temperatura ambiente.

20 “**EDTA**”: Ácido Etilendiamonotetraácetico (C₁₀H₁₆N₂O₈).

“**Naranja de metilo y murexida**”: Indicador de pH con cambio de color de rojo a naranja-amarillo entre pH 3,1 y 4,2.

25 “**Murexida**”: Indicador que proporciona un color rosa a la solución. Al añadir dicho indicador, se forma un complejo entre éste y el calcio presente y al comenzar la valoración con EDTA, el calcio (que tiene mayor afinidad con el EDTA), comienza a formar un complejo con él. Cuando todo el calcio queda acomplexado con el ligando (EDTA) se origina el cambio de color. La solución pasa de rosa a violeta.

30

“**Bentonita**”: Arcilla de grano muy fino (coloidal) del tipo de montmorillonita (filosilicatos de fórmula general (Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)₂Si₄O₁₀(OH)₂ · nH₂O)) que contiene bases y hierro.

35

Aditivo de la invención

El aspecto principal de la presente invención se refiere a un aditivo sólido, pulverulento y seco para composiciones cementosas que comprende dos componentes:

- a) Una sal alcalina o una mezcla de sales alcalinas capaces de generar al disolverse, un pH igual o superior a 13,5
- 5 b) un agente dispersante orgánico en forma de polvo.

De manera particular y preferente la sal alcalina comprende una sal alcalina seleccionada de entre Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , NaF , CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 , K_2CO_3 , Li_2CO_3 , oxalato sódico, citrato sódico, o mezclas de las mismas. La realización preferida de la
10 invención contempla el uso de Na_2SO_4 como sal alcalina principal.

Estas sales alcalinas o mezclas de sales alcalinas se encuentran en una proporción en peso de entre 80% y 85% respecto el total del aditivo, preferiblemente de entre 82% y 83%.

15 En relación al agente dispersante en forma de polvo, éste está basado en un producto dispersante de partículas sólidas preferentemente seleccionado de entre lignosulfonatos, melaminas, naftalen sulfonatos, policarboxilatos o mezclas de los mismos. La realización preferida de la invención contempla que el agente dispersante orgánico sea un policarboxilato.

20 El agente dispersante se encuentra en una proporción en peso de entre 15% y 20% respecto el total del aditivo, preferiblemente de entre 17% y 18%.

En una realización particularmente preferida de la invención sal alcalina es Na_2SO_4 y el agente dispersante es un policarboxilato.

25 El aditivo de la invención se ha demostrado útil en la mejora de la fluidez y el desarrollo mecánico de las pastas de cemento y para mejorar las características mecánicas y durables en los morteros y/o hormigones finales. De manera particular se ha mostrado especialmente eficaz en la mejora tanto el desarrollo mecánico temprano como tardío en cementos OPC en
30 los cuales se ha sustituido una parte importante del Clinker de cementos por SCMs. Esto implica en cementos Portland donde los SCMs se encuentran en un porcentaje del 25% en peso, aún más preferentemente igual o superior al 50% y aún más preferentemente igual superior al 60%.

35 Las características mecánicas que se ven mejoradas son principalmente la resistencia mecánica a flexión y compresión.

El aditivo de la invención se presenta en forma de polvo seco y se puede incorporar en las mezclas de cementos bien durante el proceso de fabricación del cemento, durante la molienda del clinker o bien durante la preparación de la pasta de cemento, mortero u hormigón. Normalmente el aditivo se adiciona en una proporción de entre 0,5% y el 15% en peso respecto del total los materiales cementantes, más preferiblemente entre 1 y el 5%.

La realización preferida de la invención contempla que el aditivo de la invención se incorpora en forma de polvo seco durante la molienda del clinker el cual preferentemente es sustituido en parte por SCMs (ver figura 2). En este caso el aditivo se incorpora a la mezcla de Clinker, yeso, SCMs, y “filler calizo” durante el proceso de molienda en un porcentaje en peso respecto del total del material cementante que puede oscilar entre el 1% y el 5%.

Así pues, el aditivo de la invención tiene el efecto de mejorar el desarrollo mecánico temprano (a los 2 días) y tardío (a los 28 días) de pastas, morteros y hormigones fabricados con los cementos que los contienen. Como se advertía más arriba este efecto es especialmente notable en aquellos casos de composiciones cementosas o conglomerantes con un alto contenido en SCMs, esto es con un contenido superior al 25% en peso respecto del material cementante.

20 Composición conglomerante

Otro aspecto importante de la invención viene representado por una composición conglomerante que comprende:

- a) un cemento conteniendo al menos una fracción de Clinker/cemento portland y materiales cementantes suplementarios (SCMs);
- b) agua;
- c) un aditivo de acuerdo con la invención y;
- d) opcionalmente áridos.

El cemento utilizado en la composición de la invención comprende preferiblemente clinker Portland, que es parcialmente sustituido por materiales cementantes suplementarios (SCMs), yeso y filler calizo. En una realización preferente, el Clinker utilizado en la composición conglomerante de la invención se sustituye por un porcentaje en peso de SCMs igual o superior al 25%, aún más preferentemente igual o superior al 50% y aún más preferentemente igual superior al 60%.

Asimismo, en una realización particular y preferente de la invención los SCMs son seleccionados entre cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, arcillas deshidroxiladas y/o sus mezclas.

5 La composición conglomerante de la invención, gracias a la presencia del aditivo de la invención, permite el uso de una proporción de SCMs mucho mayor a la que incorporan los cementos más frecuentemente utilizados en la construcción sin que por ello se vean afectadas las características mecánicas de las pastas de cemento, morteros y hormigones resultantes. Además, la composición de la invención permite solucionar uno de los problemas que
10 persigue la presente invención que es reducir las emisiones de CO₂ gracias a la reducción del factor clinker en la fabricación del cemento Portland.

Una realización preferida de la invención contempla que, en la composición conglomerante de la invención, la pasta de hormigón formada por el cemento y el agua y opcionalmente los
15 áridos, representa entre el 89% y el 99,4% en peso del total de composición y el aditivo representa entre el 0,6% y el 11% en peso del total de la composición.

Como se menciona más arriba la composición de la invención puede contener opcionalmente áridos. La naturaleza y granulometría de los áridos empleados en la composición
20 conglomerante de la invención, puede ser cualquiera normalmente utilizada en construcción, aunque de una manera preferente los áridos son gravas y/o arenas silíceas o calcáreas.

Procedimiento de preparación de la composición de la invención

25 Otro aspecto adicional de la invención se refiere a un procedimiento para la preparación de la composición conglomerante de la invención que comprende:

- a) adicionar el aditivo de la invención al clinker de cemento durante la molienda del mismo junto con los SCMs,
- b) mezclar el producto de la etapa a) con el agua y opcionalmente con los áridos
30 para producir la pasta de cemento, mortero u hormigón.

En una realización particular y preferida, el aditivo que se añade en la etapa a) deben suponer entre el 0,6% y el 11% en peso con respecto al resto de los materiales que conformaran la composición de la invención. El resto de los materiales, son los materiales conglomerantes
35 (cemento, SCMs, yeso...), agua y opcionalmente los áridos que en total deben representar un porcentaje peso de entre un 89% y un 99,4%.

Uso del aditivo de la invención

Otro aspecto general de la invención se refiere al uso del aditivo de la invención para mejorar el desarrollo mecánico de la pasta de cemento y para mejorar las características mecánicas y de durabilidad en los morteros y/o hormigones finales.

De manera particular, el efecto de mejora de la fluidez y del desarrollo mecánico de la pasta de cemento, así como la mejora de las características mecánicas y durabilidad en los morteros y/o hormigones finales, es especialmente adecuada en pastas de cemento basadas en cementos donde un alto porcentaje de Clinker ha sido sustituido por SCMs.

Así pues, el uso de aditivo de la invención es particularmente preferido en cementos, con una fracción de Clinker igual o inferior al 50% en peso y que los materiales cementantes suplementarios (SCMs) se encuentran en un porcentaje igual o superior al 25% en peso, aún más preferentemente igual o superior al 50% y aún más preferentemente igual superior al 60%. Los SCMs pueden ser seleccionados entre cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, arcillas deshidroxiladas o sus mezclas.

Como se demostrará en el apartado de ejemplos, la mejora de la fluidez y del desarrollo mecánico de las pastas mediante el empleo del aditivo de la invención se sustancia tanto en una mejora del desarrollo mecánico temprano como del desarrollo mecánico tardío de las pastas de cemento, mortero u hormigón.

Esta mejora de las características mecánicas mediante el uso del aditivo de la invención se observa midiendo los parámetros esenciales que determinan el carácter conglomerante de los cementos como son la resistencia mecánica a flexión y la resistencia mecánica a compresión. El uso del aditivo de la invención en los cementos produce una mejora sustancial tanto en la resistencia a flexión como a compresión frente a composiciones sin aditivar. Por otro lado, el efecto sobre estos parámetros se vuelve más significativo en tanto en cuanto aumenta el porcentaje de SCMs en la composición del cemento utilizado.

Los inventores han observado que el empleo entre un 1% y un 5% del aditivo de la invención produce mejoras significativas en el desarrollo de resistencias mecánicas iniciales en pastas, morteros y hormigones que incorporan cantidades relevantes de SCMs.

35

EJEMPLOS

Al objeto de mejor ilustrar las propiedades de los materiales que incorporan el aditivo sólido con capacidad de potenciar el desarrollo de las resistencias mecánicas de pastas de cemento, morteros u hormigones con altos contenidos de “SCMs”, a continuación, se describen con detalle algunos ejemplos.

5

1.- Ejemplo de preparación del aditivo en polvo de la invención

El proceso de preparación del aditivo en polvo de la invención consiste en una sencilla operación de mezcla entre el componente inorgánico esto es de las sales alcalinas tales como Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , oxalato sódico, citrato sódico o una mezcla una o varias de ellas y el componente orgánico, esto es agente dispersante orgánico seleccionado de entre lignosulfonatos, melaminas, naftalen sulfonatos, policarboxilatos o mezclas de los mismos tal y como se representa en la figura 1. Las proporciones de cada componente pueden variar en los rangos que se han descrito previamente. La naturaleza concreta de cada componente también es objeto de posible variación entre los diferentes productos previamente mencionados.

De manera particular, se desarrolló un aditivo en polvo en base a una mezcla de Na_2SO_4 en un porcentaje en peso de del 82,5% del total de la mezcla y de policarboxilato en un porcentaje en peso de del 17,5% del total de la mezcla. Este aditivo se utilizó en los sucesivos ejemplos.

20

2.- Ejemplo de consumo de cal (Ensayos de puzolanicidad: Método de Frattini)

En este ejemplo se da cuenta del ensayo de puzolanicidad para cementos puzolánicos detallado en la norma UNE-EN196-5 realizado sobre las mezclas descritas en la Tabla 1. Al emplear la ceniza en 2 estados distintos [original (TO)], y mezclada con el aditivo de la invención tal y como se preparó en el ejemplo 1 (TMA), podemos establecer el efecto de dicho aditivo en la reactividad de la ceniza. La arena se emplea como referencia de material inerte.

30 **Tabla 1.- Proporciones de materiales estudiadas**

Nombre	Materiales en %			
	Cemento	Arena	Ceniza original	Ceniza + 4% de aditivo
Arena 50%	50	50	-----	-----
TO 50%	50	-----	50	-----
TMA 50%	50	-----	-----	50

Arena 70%	30	70	-----	-----
TO 70%	30	-----	70	-----
TMA 70%	30	-----	-----	70

El ensayo de puzolanicidad o de Frattini, consiste en determinar la cantidad de cal consumida por la reacción puzolánica después de 3, 7 y 28 días, de una mezcla de 20 g de cemento en 100 ml de agua a 40°C. El objeto de realizar este ensayo es poner de manifiesto el efecto potenciador del aditivo en la reactividad de una ceniza volante.

Para realizar el ensayo se tomaron 100 ml de agua destilada descarbonatada que se incorporaron a un recipiente con tapa y se introdujo cerrado en una estufa con agitación a 40°. Tras una hora de atemperamiento aproximadamente, se pesó 20 g del material objeto de estudio y se añadieron al recipiente removiendo a continuación unos 20 segundos, en círculos, para evitar que se proyectara la disolución y pudiera quedar parte sin entrar en contacto con la muestra, así como para conseguir una sedimentación homogénea (este paso se realizó con rapidez, no más de un minuto, para evitar una disminución significativa de la temperatura de la disolución). Una vez realizado este proceso se volvió a introducir el recipiente en la estufa con agitación y se mantuvo allí hasta que cumplió la edad requerida.

Cumplida la edad se procedió a valorar la disolución mediante ácido clorhídrico 0,1 mol/l para conocer la concentración de iones hidroxilo y con EDTA (concentración 0,01 mol/l) para la concentración de óxido de calcio. Estas valoraciones se realizaron con buretas e indicadores de naranja de metilo y murexida respectivamente hasta alcanzar el cambio de color, de naranja a rojo y de rosado a ligeramente violáceo (ver Figura 4).

Para hacer las valoraciones se tomaron 40 ml (20 ml en cada vaso) de la disolución previamente filtrada y se pasaron a dos vasos de precipitados uno para el ácido clorhídrico y otro para el EDTA, el de la valoración de EDTA se ajustó previamente en su pH para lo cual se añadieron 5 ml de NaOH 4N en 80 ml de agua destilada. Se añadió el indicador y se comenzó a añadir ácido clorhídrico o EDTA, dependiendo de la valoración que se realice en ese momento, hasta el cambio de color. Para finalizar se anotó el volumen empleado. Todos los materiales objeto de estudio se dividieron en dos muestras, una A y otra B, con la que se realizaron las valoraciones. Los volúmenes empleados en las fórmulas que se describen a continuación indican la media de ambas muestras. Una vez conocidos los volúmenes de ácido

y EDTA empleados en la valoración, estos se introdujeron en las fórmulas matemáticas siguientes (ecuaciones 1 y 2):

$$[OH^-] = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot V_3 \cdot f_2}{20} \quad (\text{Eq.1})$$

$$[CaO] = \frac{1000 \cdot 0,01 \cdot V_4 \cdot f_1}{20} \quad (\text{Eq. 2})$$

f1: factor del EDTA (0,92)

f2: factor del ácido clorhídrico (1)

V3: volumen de ácido clorhídrico empleado en ml

V4: volumen de EDTA empleado en ml

Estas fórmulas permiten conocer las concentraciones de iones hidroxilo y óxido de calcio correspondientes.

Los ensayos se realizaron a las edades de 3, 7 y 28 días. En las Tablas 2 y 3 se muestran los valores de CaO y OH⁻ obtenidos para las muestras ensayadas y ordenados por porcentaje de sustitución. Estos valores se corresponden con la media de dos ensayos.

Los ensayos a las edades de 3 y 7 días nos permiten comprobar la actividad puzolánica en las edades tempranas del material, ya que dicha actividad se caracteriza por una muy lenta velocidad inicial. A la edad de 28 días se supone se ha alcanzado su valor máximo.

Tabla 2: resultados del ensayo de Frattini mezclas con el 50% de ceniza

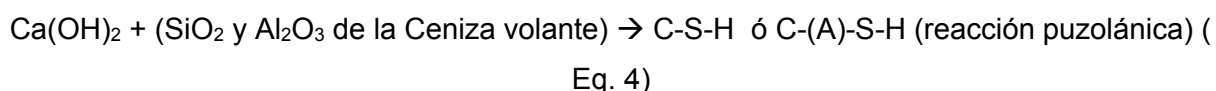
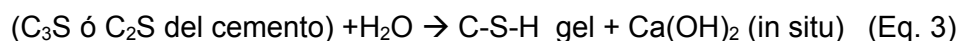
	Tiempo	Vol. HCl (ml)	[OH] (mmol/l)	Vol. EDTA (ml)	[CaO] (mmol/l)
Arena 50 %	3 días	9,6±0,10	48±0,50	23,15±0,45	10,64±0,20
	7 días	9,3±0,20	46,5±1,00	26,15±0,15	12,03±0,07
	28 días	9,35±0,25	46,75±1,25	24,3±0,10	11,17±0,05
TO 50 %	3 días	10,4±0,10	52±0,50	24,8±0,10	11,41±0,05
	7 días	8,45±0,05	42,25±0,25	13,55±0,05	6,23±0,02
	28 días	8,1±0,10	40,5±0,50	3,4±0,20	1,56±0,09
TMA 50 %	3 días	16,75±0,15	83,75±0,75	8,45±1,35	3,88±0,62
	7 días	16,35±0,35	81,75±1,75	4,65±0,35	2,14±0,16
	28 días	15,8±0,20	79±1,00	1±0,01	0,46±0,01

Tabla 3: resultados del ensayo de Frattini mezclas con el 70% de ceniza

	Tiempo	Vol. HCl (ml)	[OH] (mmol/l)	Vol. EDTA (ml)	[CaO] (mmol/l)
Arena 70 %	3 días	2,25±0,25	11,25±1,25	32,2±1,1	14,82±0,5
	7 días	8,75±0,15	43,75±0,75	31,55±0,45	14,51±0,21
	28 días	8,45±0,45	42,2±2,20	25,9±1,40	11,91±0,64
TO 70 %	3 días	6,75±0,05	33,75±0,25	18,55±0,45	8,69±0,21
	7 días	6,55±0,15	32,75±0,75	12,4±0,50	5,7±0,23
	28 días	5,6±0,10	28±0,50	1,9±0,10	0,87±0,05
TMA 70 %	3 días	18,45±0,15	92,25±0,75	4,6±1,10	2,12±0,50
	7 días	18,5±0,10	92,5±0,50	1,55±0,25	0,71±0,11
	28 días	16,5±0,20	82,5±10	0,35±0,05	0,16±0,02

La actividad puzolánica en los cementos con ceniza se explica por un ataque lento de la sílice y de la alúmina (en disolución) de la ceniza, por parte de la portlandita (CH) formada “in situ” cuando se hidratan los silicatos de calcio del clínker. El cemento reacciona inicialmente con el agua liberando la portlandita, que activa la puzolana (Ver ecuaciones 1 y 2). La puzolana entonces reacciona con dicho $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para formar silicato cálcico hidratado adicional (C-S-H); aunque también pueden formarse aluminatos de calcio hidratados (C_4AH_{13} , AF_t y AF_m), compuestos que tienen propiedades cementantes.

10



El ensayo de actividad puzolánica está diseñado para un valor de sustitución del 15% - 25% claramente inferior a los utilizados para valorar la eficacia del aditivo de la invención (50% y 70%); por tanto, se considera que la aplicación de este ensayo y la representación de los resultados en la curva de Frattini (tal y como dice la norma), no tiene por qué tener una precisión del 100%. Ello se debe a que al disminuir el contenido de OPC también estamos disminuyendo la cantidad de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ libre que puede reaccionar con la ceniza y se podría dar la circunstancia de que existiera un “exceso” de ceniza que no reaccione.

20

Para obviar este posible error y poder mejorar la precisión en el análisis de los resultados, se prepararon unas mezclas de cemento con arena cuarzosa molida, que es inerte y que sirvió como material de referencia. Se analizaron los resultados de las mezclas con arena para niveles de sustitución del 50% y 70% se observó que el contenido de CaO en las mezclas con arena varía ligeramente a lo largo de las distintas edades del estudio, disminuyendo en lugar

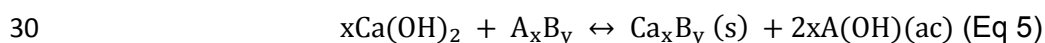
25

de ir aumentando (Figura 5). Estas ligeras variaciones (diferencias muy pequeñas) pueden ser debidas al propio error experimental ya que se trata de una valoración por determinación del viraje de color, aunque no se puede excluir el hecho de que una muy pequeña cantidad de arena pueda ser reactiva. Además, está el denominado “Efecto filler” de la arena (Berodier and Scrivener 2014); efecto de añadir un material que (inicialmente) no es reactivo, pero proporciona sitios de nucleación adicionales para las fases hidratadas del cemento, además de estimular el aumento de la ratio “agua/cemento” lo que aumenta el grado de hidratación a largo plazo proporcionando más espacio para que los hidratos precipiten. Esto podría justificar también el ligero aumento del contenido de CaO cuando aumenta el nivel de sustitución del cemento: hay menos cemento, pero reacciona más deprisa.

La cantidad de calcio, analizado a edades tempranas, es elevada en las muestras con ceniza original (comportamiento esperado ya que se sabe que la reacción puzolánica no empieza a tener una incidencia clara hasta los 28 días).

Los cementos que contenían ceniza con el aditivo de la patente (CVA 50 y CVA 70) presentaron un comportamiento claramente diferenciado en su reactividad con respecto a los cementos que incorporaron solo ceniza original (CV50 y CV70). La razón probable es que en los cementos aditivados se solapan dos tipos de reacciones: i) la reacción puzolánica de la ceniza tal y como se describe en la ecuación 4 y ii) la reacción de activación alcalina de la ceniza.

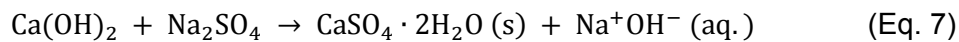
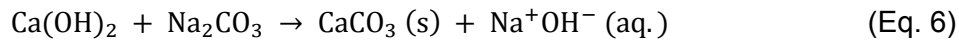
Las sales alcalinas del aditivo de la invención funcionan como activador químico. Estas sales disueltas en agua no generan un valor de pH alcalino superior a 13 tal y como se describe en los procesos de activación alcalina (A. Fernández-Jiménez et al., 2011, SA, Bernal et al., 2011, F., Z. Abdollahnejad et al., 2014). No obstante, estas sales pueden reaccionar con el Ca(OH)_2 producido en la hidratación de los silicatos del cálcico del Clinker, generando una sal cálcica insoluble y generando una elevada alcalinidad “in situ” (NaOH or KOH, en función del catión, ver ecuación 5 (Eq.5).



A=catión alcalino, normalmente Na^+ o K^+ ; B= anión en la respectiva sal inorgánica.

Por ejemplo, dependiendo de si el activador es carbonato o sulfato, su reacción con Ca(OH)_2 produce carbonato de calcio o sulfato de calcio hidratado, y NaOH “in situ” aumentando la

alcalinidad (pH) de la matriz de cemento (ver ecuaciones 6 y 7), (Garcia-Lodeiro et al., 2016) lo cual favorece la disolución de la fase vítrea de la ceniza. El menor tamaño de partícula de las cenizas junto al calor liberado durante la hidratación inicial de OPC favorece y acelera la disolución de materiales de aluminosilicato a pH alto. Estas reacciones justifican el mayor consumo de CaO y la elevada concentración de [OH⁻] en estos cementos.



Finalmente, en la Tabla 4 se calculó de forma comparativa la efectividad del aditivo de la invención, viendo la diferencia de calcio a partir del control y comparándola con la cantidad detectada en los ensayos entre las diferentes mezclas (Ver Eq. 8)

$$\% [\text{CaO}]_{\text{Fijado}} = ([\text{CaO}]_{\text{Referencia}} - [\text{CaO}]_{\text{ceniza}} / [\text{CaO}]_{\text{Referencia}}) \times 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de consumo de calcio que se obtuvo al aplicar la ecuación anterior. Estos resultados indican que con el aditivo de la invención se incrementó mucho el consumo de calcio, lo que sugiere un incremento de la reactividad de la ceniza, lo cual implica una mejora en el desarrollo de resistencias mecánicas de los cementos con ceniza, especialmente a edades iniciales.

Tabla 4: porcentaje de consumo de calcio de las mezclas

	3 días	7 días	28 días
TO o CV 50	-	48,22 %	86,04 %
TMA o CVA 50	63,53 %	83,54 %	95,88 %
TO o CV 70	19,27 %	60,72 %	92,69 %
TMA o CVA 70	86,30 %	95,10 %	98,65 %

3.- Desarrollo de resistencias mecánicas en pastas con una arcilla deshidroxilada de tipo bentonita

En este ejemplo se pone de manifiesto el efecto del aditivo sólido en el desarrollo mecánico resistente de mezclas de cemento Portland con Bentonita. Para llevar a cabo la ejecución de este ejemplo se utilizó un cemento portland tipo 52,5-R (OPC) y una bentonita comercial (BT).

La bentonita se sometió previamente a un tratamiento térmico a 750°C durante 5 horas (dicho tratamiento térmico es crucial para producir la deshidroxilación completa de la bentonita y así generar un material de alta reactividad) (DH-BT). La bentonita deshidroxilada tenía algunas características interesantes que se cree conveniente mencionar: i) una ratio $(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{reactivo}}$ de 2 y ii) un contenido de fase amorfa de 66,58%.

Con estos materiales se prepararon varios cementos mezclando OPC y DH-BT (ver Tabla 5). Todas las mezclas de materiales se molieron en un molino de bolas durante 30 min, después de lo cual el 95% de las partículas pasaron por un tamiz de 45 micras. Cada mezcla se dividió en dos sistemas cementosos, solo uno de los cuales fue enriquecido con 5% en peso del aditivo sólido preparado en el ejemplo 1. Estos materiales se hidrataron con agua (relación $a/c = 0,4$, donde $a = \text{agua}$ y $c = \text{OPC} + \text{DH-BT}$) y la pasta resultante se vertió en moldes prismáticos de $1 \times 1 \times 6 \text{ cm}^3$ que fueron curados en una cámara climática a $22 \pm 2 \text{ °C}$ y 99% de humedad relativa, hasta el momento del ensayo a los 2 días y 28 días. Los prismas se sometieron a prueba de rotura a compresión en una prensa Autotest –200 / 10-SW (ver Tabla 5)

Tabla 5. Mezclas de OPC- Bentonita deshidroxilada (% en peso) y sus valores de resistencias a compresión (MPa) a las edades de 2 y 28 días

MEZCLA	BENTONITA deshidroxilada (%)	OPC (%)	ADITIVO SOLIDO	W/C	RESIST. COMP.(MPa) 2 días	RESIST. COMP.(MPa) 28 días
1	100	----- ---	-----	0,4	-----	-----
2	100	----- ---	5%	0,4	-----	-----
3	-----	100	-----	0,4	27,00	41,18
4	-----	100	5%	0,4	28,00	46,57
5	80	20	-----	0,4	9,73	23,50
6	80	20	5%	0,4	12,67	30,94
7	70	30	-----	0,4	13,74	27,77
8	70	30	5%	0,4	14,61	37,64
9	60	40	-----	0,4	19,27	34,45
10	60	40	5%	0,4	22,94	53,40

4.- Desarrollo de resistencias mecánicas en hormigón H30

Este ejemplo describe la preparación de varias muestras de hormigón, a través de cuyo estudio, se pone de manifiesto el efecto de incorporar el aditivo preparado en el ejemplo 1.

5

La Tabla 6 nos permite observar la composición de 5 hormigones diferentes:

La primera columna responde a una dosificación de referencia (REF 1); es decir un hormigón del tipo H30, preparado con cemento Portland como único material cementante (un cemento Portland de la categoría resistente 42,5 R suministrado por un fabricante español). Este hormigón no incorporó ningún material cementante suplementario (SCM); es decir, no incorpora cenizas, ni escorias, ni puzolanas naturales (en definitiva, ninguna adición mineral con efecto puzolánico). El hormigón descrito en la primera columna tampoco incorpora el aditivo de la invención (aditivo potenciador de las resistencias), aunque si incluye un aditivo reductor de agua (superfluidificante) habitual en las dosificaciones de hormigón. Y finalmente es importante destacar que dicho hormigón tampoco incluye “filler” calizo. En definitiva, este es un hormigón de referencia en el que se evitó el uso de cualquier material diferente del cemento Portland, de los áridos (finos y gruesos) y del aditivo reductor de agua.

En el hormigón H-12-AC, se sustituyó el 50% de cemento Portland por una cantidad igual de ceniza que lleva incorporado un 5% del aditivo preparado en el ejemplo 1. Además, al hormigón se le incorpora una cierta cantidad de filler calizo. La cantidad de agua utilizada para hidratar este hormigón fue prácticamente igual a la utilizada en el hormigón de referencia 1, lo que lógicamente obligó a utilizar una cantidad mayor de aditivo reductor de agua. En este caso también se utilizó un aditivo acelerador del fraguado, obteniéndose valores de resistencia similares e incluso superiores a 28 días que el hormigón de referencia (100 % cemento).

Tabla 6. Ejemplo de 5 hormigones con dosificaciones diferentes

DOSIFICACION (Kg/m³)	CEM I 42,5R (REF. 1)	CEMI42,5R + CENIZA + aditivo sólido H-12-AC	CEMI 52,5R + CENIZA (REF. 2)	CEMI52,5R + CENIZA+ aditivo sólido H-15-AC	CEMI52,5R + CENIZA+ aditivo sólido H-10-AC
<i>Cemento Portland</i>	300	148	150	116	100
<i>Ceniza original</i>	--	--	150	--	--

Ceniza + 5% aditivo de la invención	--	152	--	175	200
Filler calizo	-	63	-	63	64
Árido grueso	1005	1065	984	1097	1082
Árido fino	927	731	784	777	742
Aditivo reductor de agua	2,44	4,26	1,5	1,79	4,33
Aditivo acelerante	-	4,68	-	-	5,46
Agua	160	159	174	181	165
Ratio “agua/conglomerante”	0,53	0,55	0,58	0,51	0,55
Asentamiento (cm)	9	13	15	13	10
Resistencias compresión (MPa)	REF.1	H-12-AC	REF.2	H-15-AC	H-10-AC
1 día	11,3	12,2	5,2	9,2	8,6
7 días	22,2	24,4	12,3	26,3	24,7
28 días	26,9	36,3	19,7	42,5	38,8

La tercera columna corresponde a la dosificación del hormigón de referencia 2 (REF.2). Este hormigón presenta algunas diferencias frente al de la referencia 1, emplea un cemento 52,5 R y ceniza original en un ratio 50/50.

5

Comparando este hormigón de REF. 2 (ratio OPC /TO = 50/50) con los hormigones de las columnas 4 (H-15-AC), y 5 (H-10-AC) donde se emplea una ceniza aditivada con el 5% del aditivo del ejemplo 1 en proporciones mayores que el de referencia (ratios OPC/TMA = 40/60 y 34/66, respectivamente), se observa que con un mayor porcentaje de sustitución de cemento por ceniza con el activador de la invención, aumentan los valores de resistencias mecánicas a compresión a todas las edades de estudio.

10

REIVINDICACIONES

1. Un aditivo sólido y seco para composiciones cementosas que comprende dos componentes:
- 5 a) Una sal alcalina o una mezcla de sales alcalinas capaces de generar, al disolverse, un pH igual o superior a 13,5, en una proporción en peso de entre 80% y 85% respecto el total del aditivo
- b) un agente dispersante orgánico en forma de polvo en una proporción en peso de entre 15% y 20% respecto el total del aditivo.
- 10
2. Un aditivo, de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sal alcalina comprende una sal alcalina seleccionada de entre Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , oxalato, citrato sódico, o mezclas de las mismas.
- 15
3. Un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el agente dispersante orgánico está basado en un producto dispersante de partículas sólidas, seleccionado de entre lignosulfonatos, melaminas, naftalen sulfonatos, policarboxilatos o mezclas de los mismos.
- 20
4. Un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la sal alcalina o mezcla de sales alcalinas se encuentra en una proporción en peso de entre 82 y 83%.
5. Un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el agente dispersante orgánico se encuentra en una proporción en peso de entre 17% y 18%.
- 25
6. Un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la sal alcalina es Na_2SO_4 y el agente dispersante es un policarboxilato.
- 30
7. Una composición conglomerante que comprende:
- a) un cemento conteniendo al menos una fracción de Clinker/cemento portland y materiales cementantes suplementarios (SCMs);
- b) agua;
- c) un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6; y
- 35 d) opcionalmente áridos.

8. Una composición de acuerdo con la reivindicación 7 donde el cemento portland posee una fracción de clinker igual o inferior al 50% y los materiales cementantes suplementarios (SCMs) se encuentran en un porcentaje igual o superior al 25% en peso, aún más preferentemente igual o superior al 50% y aún más preferentemente igual superior al 60%.
- 5
9. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 donde los materiales cementantes suplementarios (SCMs) se seleccionan entre cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, arcillas deshidroxiladas y/o sus mezclas.
- 10
10. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9 donde la pasta de hormigón formada por el cemento y el agua y opcionalmente los áridos representa entre el 89% y el 99,4% en peso y el aditivo representa entre el 0,6% y el 11% en peso.
- 15
11. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 donde los áridos son gravas y/o arenas silíceas o calcáreas.
12. Un procedimiento para la preparación de una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 que comprende:
- 20
- a) adicionar el aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 al clinker de cemento durante la molienda del mismo junto con los SCMs,
 - b) mezclar el producto de la etapa a) con el agua y opcionalmente con los áridos para producir la pasta de cemento, mortero u hormigón.
- 25
13. Uso de un aditivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para mejorar la fluidez y el desarrollo mecánico de la pasta de cemento y para mejorar la características mecánicas y durables en los morteros y/o hormigones finales.
- 30
14. Uso de acuerdo con la reivindicación 13 donde la pasta de cemento comprende un porcentaje igual o superior al 20% en peso de clinker de cemento y los materiales cementantes suplementarios (SCMs) se encuentran en un porcentaje igual o superior al 25% en peso, aún más preferentemente igual o superior al 50% y aún más preferentemente igual superior al 60%.
- 35
15. Uso de acuerdo con la reivindicación 14 donde los SCMs se seleccionan entre cenizas volantes, escorias de horno alto, humo de sílice, puzolanas naturales, arcillas deshidroxiladas y/o sus mezclas.

16. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15 donde se mejora tanto el desarrollo mecánico temprano como tardío.

17. Uso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16 donde las principales
5 características mecánicas mejoradas son la resistencia mecánica a flexión y compresión.

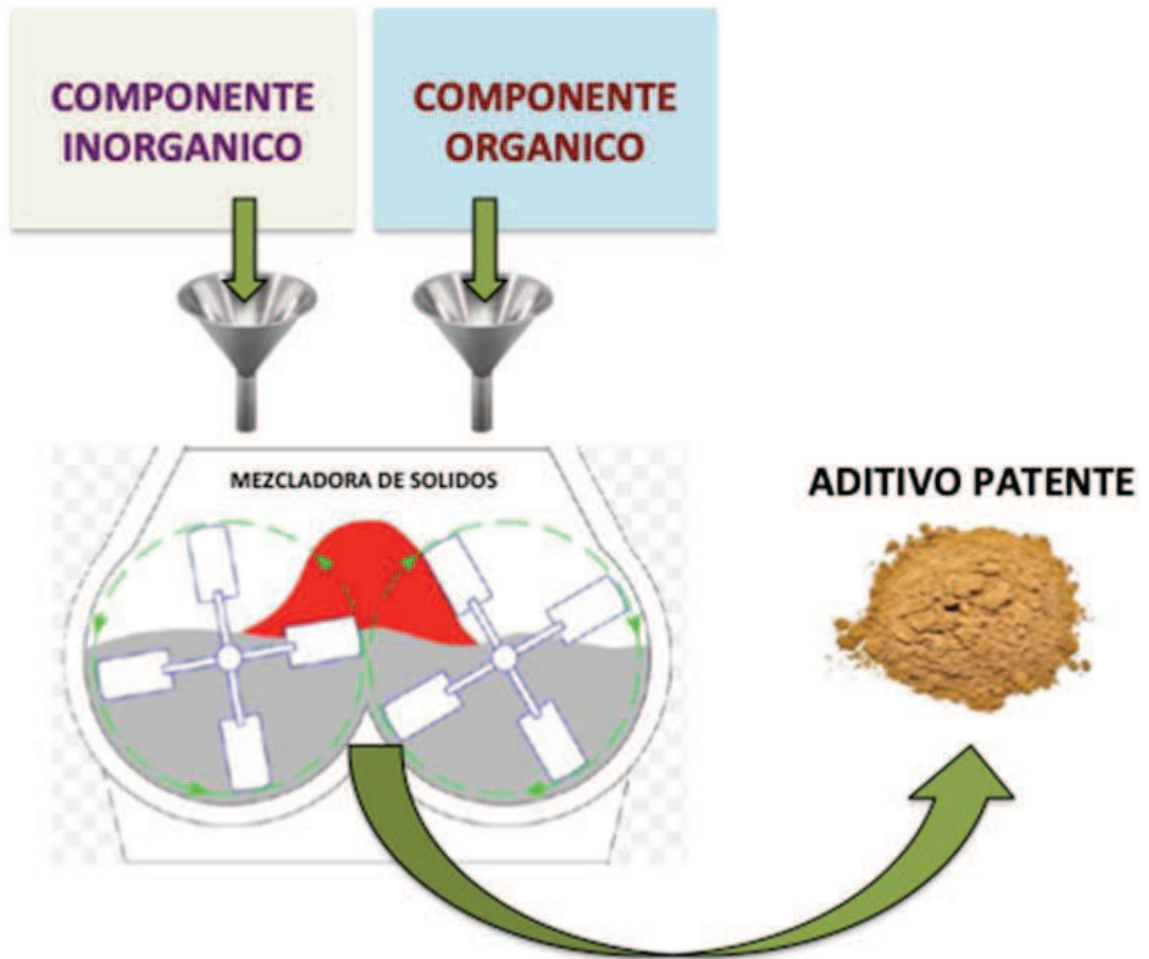


Fig. 1

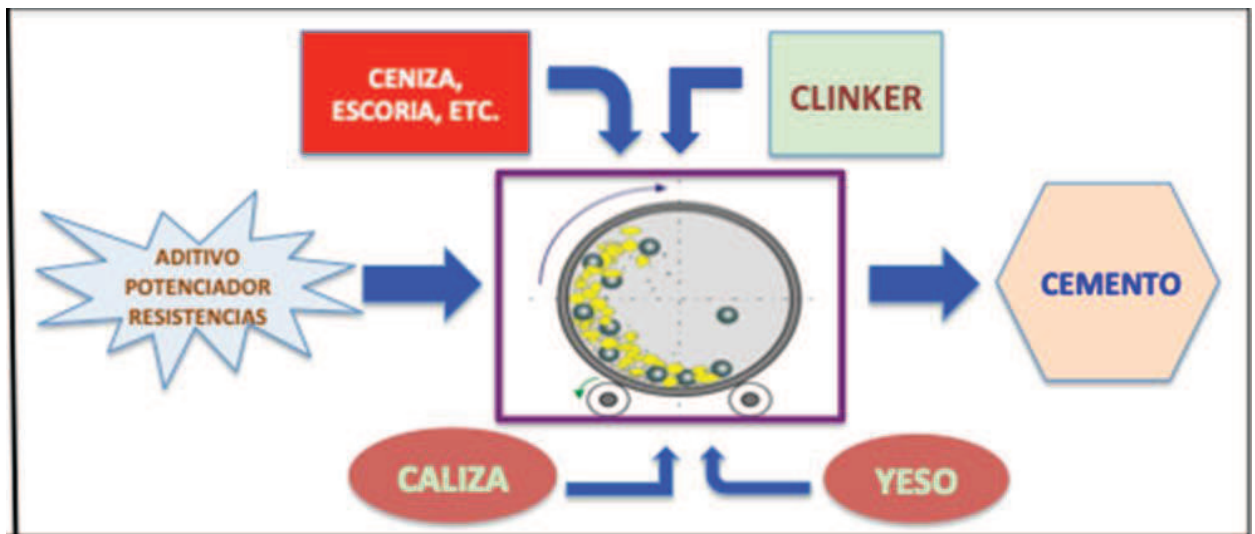


Fig. 2

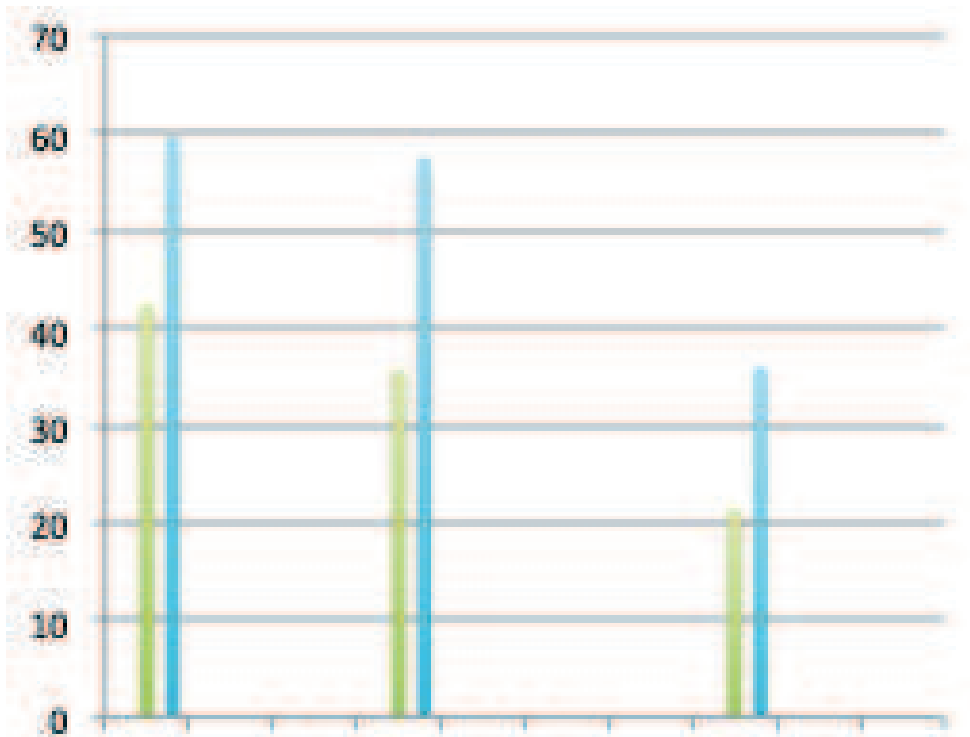
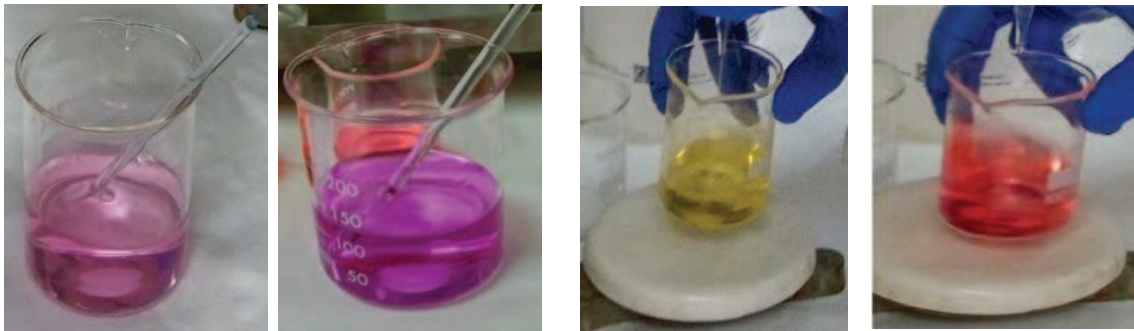


Fig. 3



Paso de rosa a violeta de la murexida

Paso de amarillo a naranja del naranja de metilo

Fig. 4

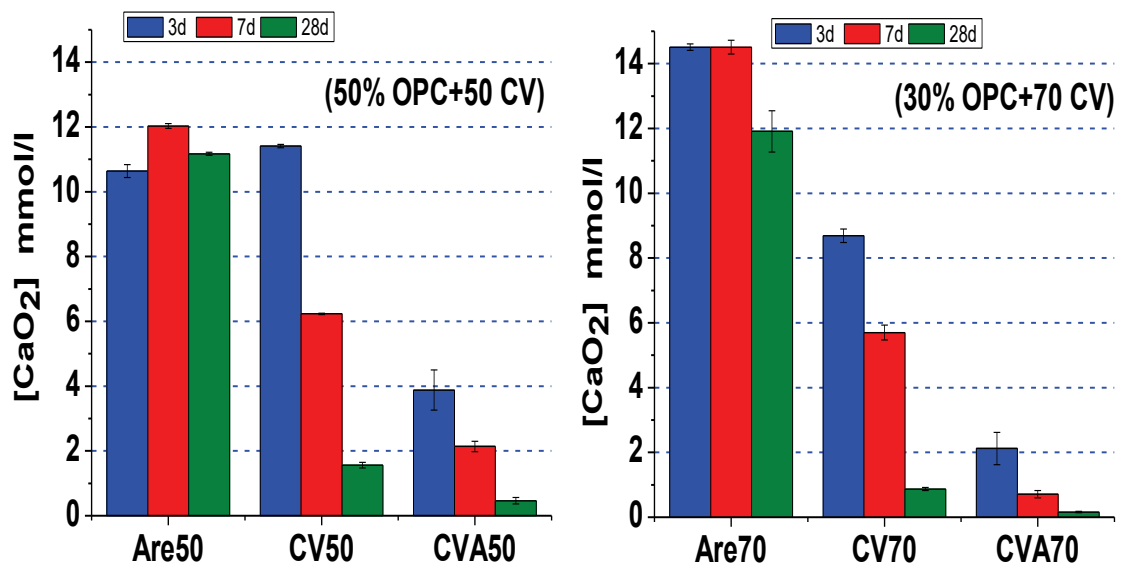


Fig. 5