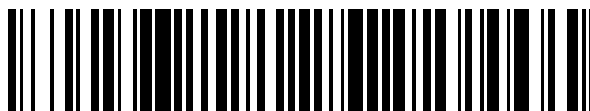


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 275**

51 Int. Cl.:

**C04B 28/00** (2006.01)

**C04B 28/02** (2006.01)

**C04B 28/08** (2006.01)

**C04B 7/153** (2006.01)

**C04B 7/24** (2006.01)

**C04B 111/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2013 PCT/EP2013/070662**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2015 WO15049010**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2013 E 13776446 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3052453**

54 Título: **Material de colado para construcción con flujo o asentamiento controlable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.11.2019**

73 Titular/es:

**CEMEX RESEARCH GROUP AG (100.0%)  
Römerstrasse 13  
2555 Brugg, CH**

72 Inventor/es:

**GUERINI, ALEXANDER y  
ESCOTT PEREZ, CARLOS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 732 275 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Material de colado para construcción con flujo o asentamiento controlable

Campo de la invención

5 El campo de la invención se relaciona con materiales de construcción. Específicamente, la presente invención se relaciona con materiales de construcción que comprenden un aglomerante que contiene cenizas volantes, escoria de alto horno granulada molida y puzolanas, un activador y agregados, que tienen propiedades de auto colocación y que exhiben una excelente retención de capacidad de trabajo.

Antecedentes de la invención

10 Se ha descrito ampliamente el material de construcción con base en una mezcla activada de cenizas volantes, escorias u otras fuentes de aluminosilicatos, incluyendo o no el clínker de cemento.

15 La técnica anterior relacionada con estos materiales no divulgó la capacidad de trabajo y la retención de la capacidad de trabajo de estos materiales. En el documento WO2009024829, se han otorgado algunas propiedades de flujo para mostrar que el asentamiento de esas mezclas de construcción podría oscilar entre algunos centímetros y 25 cm, pero no se informan datos sobre la retención de la capacidad de trabajo y la relación con los parámetros de reología de las mezclas. También se pudo ver en el documento WO2009024829 que los valores altos de asentamiento se relacionaron con una alta proporción agua/aglutinante, lo que llevó a un desarrollo deficiente temprano de la resistencia.

20 La mayor parte de la literatura disponible no demuestra ninguno de los requisitos de las aplicaciones industriales (efecto de agregados grandes y pequeños en grandes cantidades, mezcla, colocación, riesgo de segregación, transporte, etc.). La literatura disponible es relevante desde el punto de vista químico y de reactividad; sin embargo, no es evidente el escalado de pruebas de pasta (aglutinante + activador + agua) para material de construcción real para aplicaciones industriales y muchos sistemas descritos como pastas nunca se han utilizado como material de construcción debido a la dificultad de resolver los problemas.

25 D Sabitha et al, "Reactivity, workability and strength of potassium versus sodium-activated high volume fly ash-based geopolymers" (2012), divulga una pasta de geopolímero preparada mezclando en seco un material aglutinante que comprende 80% de cenizas volantes que comprenden 0.83% en peso de CaO (Tabla 1) y que tiene una pérdida en el valor de ignición de 0.76% en peso (Tabla 1) y 20% de escoria de alto horno granulada molida que comprende 40.3% en peso de CaO y 43.4% en peso de SiO<sub>2</sub> (Tabla 2) durante 1 minuto, seguido de la adición de una solución activadora alcalina altamente concentrada que consiste en silicato de sodio e hidróxido de sodio con silicato de potasio. Se utilizaron sacarosa y tartrato (2% de sacarosa + 0.5% de tartrato (Tabla 6)) como combinaciones químicas.

35 Dombrowki K. et al, "Geopolymer binders Part 2: Development and optimization of geopolymer concrete mixtures for strong and durable external wall units", ZKG INTERNATIONAL, BAUVERLAG BV., GETERSLOH, DE (2008), divulga concretos de geopolímero que comprenden aglutinante. Las escorias de alto horno granuladas finamente molidas (230 kg/m<sup>3</sup>, tabla 1, MI-5) y cenizas volantes de carbón se seleccionaron como aglutinantes para los concretos de geopolímero. Se utilizó una mezcla de una solución de silicato de sodio, NaOH y agua como la solución activadora. Los agregados empleados fueron una fracción de 0-2 mm de arena de cuarzo y 2-8 mm, así como fracciones de grava de 8-16 mm (las mismas proporciones en todas las mezclas). Como en las mezclas de concreto convencionales, todas las mezclas utilizadas aquí contenían al menos 70% de agregados, y la proporción volumétrica de pasta aglutinante a agregado fue la misma en todas las mezclas.

40 Andri Kusbiantoro et al, ""Development of Sucrose and Citric Acid as the Natural based Admixture for Fly Ash based Geopolymer", PROCEDIA ENVIRONMENTAL SCIENCES, vol. 17, (2013), divulga un geopolímero preparado con las siguientes proporciones de mezcla: cenizas volantes (350 kg/m<sup>3</sup>), silicato de sodio (103 kg/m<sup>3</sup>), hidróxido de sodio (41 kg/m<sup>3</sup>), arena (650 kg/m<sup>3</sup>) y opcionalmente, sacarosa (5.25 o 8.75 kg/m<sup>3</sup>) y ácido cítrico (5.25 o 8.75 kg/m<sup>3</sup>). Mientras tanto, la aceleración en el proceso de endurecimiento por el ácido cítrico ha resultado en la reducción de la resistencia del geopolímero, incluso en la presencia de una temperatura elevada durante el proceso de curado. El 1.5% y el 2.5% de ácido cítrico reducen significativamente la resistencia del mortero de geopolímero hasta el 18.47% y el 25.33%, respectivamente.

50 Uno de los problemas conocidos de estas mezclas es que su alcalinidad es tan alta que la tecnología de combinación normal (basada solo en polímeros orgánicos como melamina o policarboxilatos -con base en superplastificantes) no se puede usar con éxito, y que la estabilidad de los agregados en el aglutinante (pegado) no está garantizado, lo que lleva a una importante segregación tan pronto como aumenta el asentamiento. La

segregación es inaceptable para la aplicación industrial ya que produce heterogeneidades y valores predeterminados.

5 Un ejemplo es el documento Palacios M. et al, " Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars", CEMENT AND CONCRETE RESEARCH, PERGAMON PRESS, ELMSFORD, NY, US, vol. 35, no. 7, (2005), que muestra cómo varias combinaciones (superplastificantes (policarboxilatos, copolímeros de vinilo, melamina y con base en naftaleno) y reductores de contracción (derivados de polipropilenglicol) afectan las propiedades mecánicas y reológicas y los tiempos de fraguado de las pastas de escoria activadas por álcalis y morteros. Se añadió a la solución un uno por ciento de cada combinación en masa de escoria. Se utilizaron dos soluciones activadores, vidrio soluble y NaOH, junto con dos concentraciones de 4% y 5%  
10 de Na<sub>2</sub>O en masa de escoria. Todas las mezclas, con la excepción del producto con base en naftaleno, perdieron sus propiedades fluidificantes en los morteros activados con NaOH como resultado de los cambios en sus estructuras químicas en medios altamente alcalinos.

15 Los materiales que se pueden colar de construcción se ofrecerán en una amplia gama de capacidad de trabajo, incluyendo mezclas que se pueden bombear y autocompactantes (SCC) y una amplia gama de resistencia final de 20 a 80 Mpa. Además, la resistencia real será lo suficientemente alta como para permitir la eliminación del marco de los moldes en menos de 2 días.

20 Finalmente, la retención de la capacidad de trabajo, (por ejemplo, la capacidad de los parámetros reológicos como el flujo, la viscosidad, límite elástico, etc.) tiene que ser lo suficientemente alta como para abarcar los problemas de despacho relacionados con el retardo, el tráfico, etc., por lo que las propiedades de colocación en el sitio de trabajo no se ven afectadas por problemas de logística.

25 Por lo tanto, la invención propone un nuevo material de construcción robusto, que comprende un aglutinante que contiene cenizas volantes, escoria de alto horno granulada molida y puzolanas, un activador y agregados. Dicho nuevo material de construcción tiene propiedades de colocación que van de S1 a S5 y fluyen de F1 a F6 sin segregación entre agregados y pasta, desarrollando una resistencia temprana mayor o igual a 2 MPA después de 1 día y que tiene capacidad de retención de capacidad de trabajo de 15 minutos a 180 minutos.

Más probablemente, la invención apunta a obtener un asentamiento de S3 y S5 y/o un flujo de F4 a F6, teniendo una retención de capacidad de trabajo de 30 minutos a 150 minutos, más probablemente de 30 minutos a 120 minutos.

#### Descripción de la invención

30 Una realización preferida de la invención es un material que se puede colar de construcción con flujo controlable o asentamiento que comprende

a) un aglutinante que comprende

- cenizas volantes que comprenden de 1.5 % a 35 % en peso de CaO y un valor de Perdida en la ignición (LOI) a 950°C desde 0.5% a 5.5% en peso, que representa de 10% a 60% del peso del aglutinante,
- 35 – escoria de alto horno granulada molida que comprende de 40% a 70% en peso de CaO y de 30 a 60% en peso de SiO<sub>2</sub>, que representa de 40% a 90% del peso del aglutinante, y
- proporción de aglutinante de agua de entre 0.41 y 0.6,

(b) un activador que comprende reactivos alcalinos seleccionados del grupo compuesto por vidrio soluble, preferiblemente en solución con un contenido de sólidos de 30 a 50% en peso, metasilicatos de sodio e hidróxido de sodio,

40 (c) arena con un tamaño de partículas inferior a 4 mm, agregado fino con un tamaño de partículas superior a 4 mm y un máximo inferior a 8 mm y agregado grueso con un tamaño de partículas superior a 8 mm y un máximo inferior a 32 mm y

45 (d) ácido tartárico o sales conjugadas de ácido tartárico en una dosificación de 0.001% a 3% en peso con respecto al aglutinante en combinación con Polímeros de Policarboxilato Éter (PCE) en un intervalo de concentración de 0.12% a 0.75% en peso aglutinante,

con el presente material que se puede colar de construcción de la invención.

El metacaolín y el vidrio reciclado también pueden estar presentes en el aglutinante. La escoria de horno alto granulada molida y las puzolanas naturales se muelen a una finura del 93%, pasando 45 micrones. Las cenizas volantes se utilizan generalmente a medida que llegan sin procesamiento mecánico previo.

El material que se puede colar de construcción se prepara combinando ácido tartárico o sales conjugadas de ácido tartárico con el activador.

Se ha encontrado que el ácido tartárico es la adición más efectiva y de mejor rendimiento en términos de ajuste del tiempo y el desarrollo de la resistencia de las mezclas cementosas.

5 El uso de ácido tartárico aumenta hasta el 100% de la resistencia a la compresión en edades avanzadas. Los materiales que se pueden colar de construcciones de la invención son específicamente interesantes para aplicaciones específicas: bloques y ladrillos, debido a la capacidad de reducir el aglutinante y la proporción de agua a aglutinante.

10 El uso de ácido tartárico (producido natural o químicamente) tiene muchas ventajas. Por ejemplo, el ácido tartárico se puede dosificar en polvo o líquido.

El producto resultante se mezcla más tarde con el aglutinante y los agregados de diferente naturaleza y forma siendo los agregados redondeados silíceos naturales los más comunes de origen de río, lago o mar y los agregados angulares triturados con base en piedra caliza; otras fuentes de agregados incluyen residuos de demolición de construcción y residuos de demolición de concreto.

15 El ácido tartárico en polvo debe almacenarse en lugares secos. El ácido tartárico no se transforma químicamente en presencia de humedad; sin embargo, debe evitarse la humedad, ya que se pueden formar pellas en presencia de humedad. La versión líquida garantiza la precisión en la dosificación y la posibilidad de premezclar con otras combinaciones.

20 El uso de ácido tartárico reduce el consumo de PCE y mejora las propiedades mecánicas de los materiales de construcción. El ácido tartárico se produce ampliamente en todo el mundo, lo que hace que su uso sea rentable.

Otra realización es el material que se puede colar de construcción de la invención, en el que el aglutinante en (a) comprende puzolanas que comprenden contenido de álcali, humos de sílice, rellenos, piedra caliza (de fuentes naturales o de desechos), fibras naturales, fibras metálicas o fibras poliméricas.

25 Otra realización es el material que se puede colar de construcción de la invención, en el que dichos metasilicatos de sodio son metasilicatos de sodio pentahidratados.

La proporción de agua a aglutinante se ha elegido entre 0.41 y 0.6, con la mayoría de los resultados presentados teniendo una proporción de agua a aglutinante de alrededor de 0.45. Las proporciones por debajo de 0.4 no permiten obtener propiedades frescas aceptables en términos de capacidad de trabajo. Las proporciones superiores a 0.6 presentan riesgo de segregación y disminución en el desarrollo de la resistencia.

30 El aglutinante comprende cenizas volantes y la escoria. Ventajosamente, la cantidad de cenizas volantes se optimizará para reducir los costes de la mezcla; sin embargo, dependiendo de la resistencia inicial requerida, el contenido de la escoria se incrementará.

35 De acuerdo con la invención, y con respecto al peso total del aglutinante, la escoria es del 40% al 90% y la ceniza volante está en el intervalo del 10% al 60%. La mayoría de los ejemplos en esta invención se dan para una escoria promedio de alrededor del 70%. Más preferiblemente, la proporción entre cenizas volantes y escorias se encuentra entre 1 y 9.

40 El contenido activo sólido de la mezcla de activadores 1 y 2 (el activado global) representa típicamente entre el 3% y el 10% del contenido de aglutinante. En los ejemplos, esta proporción es de aproximadamente del 6% al 7%, sin embargo, la invención cubre diseños de concreto con una mezcla de activadores que representan valores más ventajosos ubicados entre 4.5% y el 8% del contenido de aglutinante.

Ventajosamente, los contenidos activos sólidos del activador 1 y el activador 2 en la mezcla del activador están respectivamente en los intervalos de 2.5:1 y 0.5:1. El aumento del contenido del activador 2 en la mezcla del activador es ventajoso cuando el % de las cenizas volantes en el aglutinante aumenta más del 65% con una alta resistencia inicial.

45 Dicho material de construcción que utiliza tales activadores y la proporción de agua a aglutinante en combinación con ácido tartárico también tiene la característica de mantener su capacidad de trabajo durante un período de tiempo controlable entre 30 y 240 minutos, siendo el marco de tiempo óptimo de 45 a 180 minutos.

50 La retención de la capacidad de trabajo permitiría que el concreto se desplace y se coloque en sitios en un intervalo más amplio de kilómetros desde el lugar de producción. Esta propiedad también depende de la cantidad de ácido tartárico agregado a la mezcla de concreto para aumentar su capacidad de trabajo. La reacción del geopolímero

comienza nuevamente una vez que el ácido tartárico no tiene ningún efecto adicional sobre la capacidad de trabajo de la mezcla.

Lista de definiciones

- 5 Aglutinante hidráulico. Es un material con propiedades de cementación que se fragua y endurece debido a la hidratación, incluso bajo el agua. Los aglutinantes hidráulicos producen hidratos de silicato de calcio también conocidos como CSH.
- Cemento. Es un aglutinante que fija, endurece y une los materiales. El cemento más común es el cemento Portland ordinario (OPC) y una serie de cementos Portland mezclados con otros materiales cementosos.
- 10 Cemento Portland ordinario. Cemento hidráulico hecho a partir de molienda de clínker con yeso. El cemento Portland contiene silicato de calcio, aluminato de calcio y fases de ferroaluminato de calcio. Estas fases minerales reaccionan con el agua para producir resistencia.
- Hidratación. Es el mecanismo a través del cual OPC u otros materiales inorgánicos reaccionan con el agua para desarrollar resistencia. Se forman hidratos de silicato de calcio y otras especies como ettringita, monosulfato, portlandita, etc.
- 15 Geopolimerización. Es la reacción de la interacción de una solución alcalina (activador) con un polvo de aluminosilicato reactivo (aglutinante). La geopolimerización comprende una fase de disolución y una fase de condensación que desarrolla una red 3D de materiales de silico-aluminato unidos por enlace covalente.
- Cementos activados por álcali. Cementos de clínker bajo o nulo activados por el uso de álcalis cáusticas o sales alcalinas.
- 20 Adición de minerales. Combinación de minerales (incluyendo los siguientes polvos: humo de sílice, cenizas volantes, escorias) agregados al concreto para mejorar las propiedades de frescura, el desarrollo de la resistencia a la compresión y la durabilidad.
- Humo de sílice. Fuente de silicio amorfo obtenido como un subproducto de la producción de aleaciones de silicio y ferrosilicio. También conocida como microsilica.
- 25 Fibras. Material utilizado para aumentar el rendimiento estructural del concreto. Las fibras incluyen: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.
- Subproducto de silicato de aluminio (ceniza volante-ceniza de fondo). Componentes de aglutinante reactivo alcalino que junto con el activador forman la pasta cementosa. Estos minerales son ricos en alúmina y sílice en ambas estructuras amorfa y cristalina.
- 30 Puzolan natural. Material de aluminosilicato de origen volcánico que reacciona con el hidróxido de calcio para producir hidratos de silicato de calcio o CSH como se conoce en la hidratación del cemento Portland.
- Relleno inerte. Material que altera las propiedades físicas del concreto pero no tiene lugar en la reacción de hidratación.
- 35 Combinación. Especies químicas utilizadas para modificar o mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Estas pueden ser motores de aire, reductores de agua, retardadores de fraguado, superplastificantes y otros.
- 40 Silicato. Nombre genérico para una serie de compuestos con la fórmula  $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ . Reactivo fluido utilizado como líquido alcalino cuando se mezcla con hidróxido de sodio. Usualmente, silicato de sodio, pero también puede comprender silicatos de potasio y litio. La versión en polvo de este reactivo se conoce como metasilicatos y podría ser pentahidratos o no hidratos. Los silicatos se denominan Activador 2 en los ejemplos de esta solicitud.
- Hidróxido de sodio. Es un compuesto inorgánico con fórmula  $\text{NaOH}$  también conocido como soda cáustica o lejía que se utiliza para la activación química. El hidróxido de sodio se denomina Activador 1 en los ejemplos de esta solicitud.
- 45 Activación química. Se refiere al uso de reactivos químicos para promover la disolución de los aluminosilicatos para aumentar la reactividad de los componentes aglutinantes.
- PCE. Los copolímeros de ácido policarboxílico se usan como una clase de combinaciones para cemento y concreto, y son polímeros de tipo peine que se basan en: una columna vertebral de polímero hecha de acrílico, metacrílico,

ácido maleico y monómeros relacionados, que es injertada con una cadena lateral de polioxialquileno tal como EO y/o PO. El injerto podría ser, pero no se limita a, éster, éter, amida o imida.

5 Dispersante inicial. Es una combinación química utilizado en composiciones de cemento hidráulico tal como el cemento de cemento Portland, parte de la familia de plastificantes y superplastificantes, que permite una buena dispersión de las partículas de cemento durante la etapa inicial de hidratación.

10 Superplastificantes. Se relaciona con una clase de combinaciones químicas utilizadas en composiciones de cemento hidráulico tal como el concreto de cemento Portland que tiene la capacidad de reducir la demanda de agua a la vez que mantiene una buena dispersión de partículas de cemento. En particular, los superplastificantes evitan la agregación de partículas y mejoran las propiedades reológicas y la capacidad de trabajo del cemento y el concreto en las diferentes etapas de la reacción de hidratación.

Agregados gruesos. Minerales fabricados, naturales o reciclados que tienen un tamaño de partícula superior a 8 mm y un tamaño máximo inferior a 32 mm.

Agregados finos. Minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula superior a 4 mm y un tamaño máximo inferior a 8 mm.

15 Arena. Minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula inferior a 4 mm.

Concreto. El concreto es principalmente una combinación de aglutinante hidráulico, arena, agregados finos y/o gruesos, agua. También se puede agregar una combinación para proporcionar propiedades específicas como flujo, menor contenido de agua, aceleración, etc.

20 Materiales de construcción vertibles. Un material se considera vertible tan pronto como su fluidez (con o sin vibración) permite llenar un encofrado o colocarlo en una superficie definida.

Materiales de construcción. Se refiere a cualquier material que pueda usarse para construir elementos o estructuras de construcción. Incluye concreto, mampostería (ladrillos - bloques), piedra, ICF, etc.

Aplicaciones estructurales. Un material de construcción se considera estructural tan pronto como la resistencia a la compresión del material es mayor que 25MPa.

25 Capacidad de trabajo. La capacidad de trabajo de un material se mide con una prueba de asentamiento (véase más abajo).

Retención de la capacidad de trabajo. Es la capacidad de una mezcla para mantener su capacidad de trabajo durante el tiempo. El tiempo total requerido depende de la aplicación y del transporte.

30 Desarrollo de la resistencia - fraguado/endurecimiento. El tiempo de fraguado comienza cuando el material de construcción cambia de plástico a rígido. En la etapa rígida, el material ya no se puede verter o mover. Después de esta fase, el desarrollo de la resistencia es correspondiente al endurecimiento del material.

Consistencia del concreto. La consistencia refleja las propiedades reológicas del concreto fresco por medio del flujo y el asentamiento como se define a continuación:

Tabla 1. Consistencia del concreto (asentamiento)

EN 206-1		NF P 18-305	
Clase	asentamiento [mm]	Consistencia	asentamiento [mm]
S1	10 a 40	Duro	0 a 40
S2	40 a 90	Plástico	50 a 90
S3	100 a 150	Altamente plástico	100 a 150
S4	16 a 210	fluido	> 160
S5	> 220		

Tabla 2. Consistencia del concreto (flujo)

EN 206-1	
Clase	Flujo [mm]
F1	< 340
F2	350-410
F3	420-480
F4	490-550
F5	560-620
F6	> 630

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra el efecto del ácido tartárico sobre la capacidad de trabajo inicial de un concreto de escoria.

- 5 La Figura 2 muestra el desarrollo de la resistencia a la compresión después de 2 días (barras blancas) y 28 días (barra negra) para el hormigón de escoria que contiene 0% a 1.5% de ácido tartárico para modificar la capacidad de trabajo inicial.

La Figura 3 muestra el límite elástico para un geopolímero de concreto que contiene 250 kg/m<sup>3</sup> de aglutinante y diferentes dosificaciones de ácido tartárico (de 0 a 3% con respecto al aglutinante).

- 10 La Figura 4 muestra el límite elástico frente a viscosidad para un concreto de geopolímero aglutinante de 250 kg/m<sup>3</sup>. Cuanto mayor sea la dosificación de ácido tartárico, menor será la viscosidad y el límite elástico.

La Figura 5 muestra el límite elástico inicial frente al asentamiento para un concreto de geopolímero aglutinante de 450 kg/m<sup>3</sup>. Cuanto mayor sea la dosificación de ácido tartárico, menor será el límite elástico.

La Figura 6 muestra el límite elástico frente a la viscosidad en un concreto de geopolímero aglutinante de 450 kg/m<sup>3</sup>.

- 15 La Figura 7 muestra la retención de la capacidad de trabajo (tiempo abierto) de las mezclas de concreto de geopolímero que contienen 0% a 1.5% de ácido tartárico con respecto al aglutinante.

La Figura 8 es una imagen de un diseño de mezcla que muestra una fuerte segregación entre la pasta y los agregados cuando la proporción de aglutinante a agua es demasiado alta o cuando la dosificación de los ácidos aldáricos es demasiado alta.

20 **Ejemplos de la invención**

**Ejemplo 1. Combinación de concreto. Composición química**

A continuación se muestra una composición de mezcla de concreto usada en los ejemplos.

Tabla 3

	Peso (Kg/m <sup>3</sup> )
Escoria de alto horno granulada molida	315
Cenizas volantes	135
Agua de mezcla	191.1
Activador 1	22.5
Activador 2	45

## ES 2 732 275 T3

Ácido tartárico	2.3
Agregados 0-4	666.5
Agregados 4-8	320.1
Agregados 8-16	614.5
Proporción agua/aglutinante	0.72

Las composiciones de cenizas volantes, escorias de alto horno y puzolanas naturales usadas en los ejemplos se dan en las Tablas 3, 4 y 5, respectivamente.

Tabla 4. Composición química de varias muestras de cenizas volantes por difracción de rayos X

	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub> (%)	60.83	58.64	57.41	34.17	49.61	41.86	57.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	20.85	23.06	18.48	12.85	24.34	26.22	22.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5.05	6.09	8.06	2.02	14.72	18.90	6.94
CaO (%)	2.19	1.90	3.78	34.03	3.70	7.94	2.64
MgO (%)	1.56	1.31	1.89	5.47	1.62	1.36	1.95
SO <sub>3</sub> (%)	0.36	0.25	0.35	1.74	0.39	0.82	0.24
Na <sub>2</sub> O (%)	0.35	0.25	1.03	0.11	0.47	0.18	0.73
K <sub>2</sub> O (%)	1.53	1.74	2.07	1.19	1.18	1.25	1.92
TiO <sub>2</sub> (%)	1.01	1.65	0.83	0.62	1.76	0.94	1.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.24	0.43	0.17	0.05	0.20	0.40	0.34
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.05	0.08	0.09	0.84	0.10	0.06	0.07
LOI 950 C (%)	4.18	2.50	4.17	5.38	1.16	0.70	4.92
Suma (%)	98.21	97.89	98.33	98.47	99.27	100.64	100.24

5

Tabla 5. Composición química de las muestras de escoria de alto horno granuladas molidas por difracción de rayos X

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub> (%)	33.98	32.62	32.20	32.39	35.88	34.83	36.80	34.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	14.70	14.13	14.21	14.07	10.61	11.48	10.94	11.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1.46	1.11	0.58	0.47	0.57	0.37	0.40	0.37
CaO (%)	42.08	41.92	41.99	42.21	41.17	41.46	41.15	41.46
MgO (%)	3.97	6.19	6.52	6.49	7.74	6.98	8.62	6.98
SO <sub>3</sub> (%)	1.63	2.76	1.84	1.96	1.52	2.39	2.20	2.39
Na <sub>2</sub> O (%)	0.18	0.20	0.16	0.21	0.00	0.34	0.22	0.34
K <sub>2</sub> O (%)	0.31	0.38	0.29	0.37	0.35	0.39	0.37	0.39
TiO <sub>2</sub> (%)	0.58	0.52	0.49	0.49	0.55	1.64	0.56	1.64



P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.38	0.32
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.34	0.31	0.29	0.36	0.42	0.32	0.01	0.01
LOI 950 C (%)	-0.87	-0.91	0.73	-0.50	0.26	0.00	-0.95	
Suma (%)	98.37	99.24	99.32	98.55	99.10	100.21	100.67	100.21

Tabla 6. Composición química de las puzolanas naturales obtenidas por difracción de rayos X

	1	2	3
SiO <sub>2</sub> (%)	70.23	63.86	56.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	15.52	16.17	18.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.21	3.66	6.88
CaO (%)	2.08	2.59	4.55
MgO (%)	0.37	0.52	1.66
SO <sub>35</sub> (%)	0.00	0.00	0.02
Na <sub>2</sub> O (%)	2.62	1.83	2.12
K <sub>2</sub> O (%)	3.53	3.01	2.15
TiO <sub>2</sub> (%)	0.28	0.43	1.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.01	0.04	0.28
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.11	0.26	0.15

5 **Ejemplo 2. Dosificación de ácido tartárico en la combinación. Efecto del ácido tartárico sobre el asentamiento, resistencia, resultados reológicos y características de colocación**

Se ha evaluado la influencia del ácido tartárico como modificador de la capacidad de trabajo, utilizando el concreto de escoria que tiene una proporción de aglutinante a agregados de 0.28, proporción de agua a aglutinante de 0.5 y una proporción de activador a aglutinante de 0.2.

10 Se midió el asentamiento (en cm) con el fin de comparar diferentes dosificaciones de ácido tartárico. La Figura 1 muestra el cuadro comparativo para adiciones de 0 a 1.5% de ácido tartárico para ilustrar el efecto sobre la capacidad de trabajo del concreto con base en escoria después de la mezcla.

Las pruebas de resistencia a la compresión mostraron que aunque la resistencia a la edad temprana es menor que la referencia, la resistencia final, después de 28 días, se mejora. La Figura 2 es un ejemplo de tal efecto sobre las propiedades mecánicas de los concretos activados cuando se usa ácido tartárico.

15 Como puede verse en la Figura 1, el concreto que no tiene ácido tartárico tenía un valor de prueba de cono de asentamiento más bajo (clase S4). El asentamiento aumentó de 9 cm a 26 cm sin modificar el contenido de agua o la dosificación del activador. Como ya se mencionó, también hubo un efecto en el desarrollo de resistencia al tener una resistencia a la compresión en 28 días de 31.15 MPa. Otras mezclas que contienen ácido tartárico han desarrollado más de 44.6 MPa y hasta 76.4 MPa.

20 Las propiedades reológicas se han determinado para concretos de geopolímeros que contienen 300 kg/m<sup>3</sup> (Figura 3) y 450 kg/m<sup>3</sup> de aglutinante (Figura 5). Los resultados se muestran en las Figuras 3 y 5. También se ha probado un mayor contenido de aglutinante y se considera en esta invención, típicamente hasta 600 kg/m<sup>3</sup>.

25 De acuerdo con estos resultados, es posible determinar cómo el límite elástico (Pa), la tensión mínima que debe superarse para que fluya un fluido estructurado, disminuye a medida que aumenta el asentamiento. Esto significa que al tener una dosificación más alta de ácido tartárico, el asentamiento del concreto aumenta y el límite elástico disminuye.

Las Figuras 4 y 6 representan el límite elástico referido previamente en función de la viscosidad. Se puede observar que al 0% de ácido tartárico el valor de tensión/viscosidad es el más alto, mientras que el 3% de ácido tartárico con respecto al contenido de aglutinante ha reducido este valor hacia una menor viscosidad y menor límite elástico en ambos casos, con diferente contenido de aglutinante.

- 5 Se ha observado que mediante el uso de ácido tartárico en el diseño de la mezcla de concreto geopolímero es posible mantener la capacidad de trabajo en fresco durante un tiempo abierto más largo. De alguna manera, el fraguado rápido característico del concreto de geopolímero se ve alterado por el uso del ácido tartárico dando como resultado la retención de la capacidad de trabajo de las mezclas listas de concreto hasta por 120 minutos, como puede verse en la Tabla 7.

10

Tabla 7

	Ref	Ref-1	MX01	MX01-1
Agregado 1 Grueso Kg/m <sup>3</sup>	480	480	480	480
Agregado 2 Grueso Kg/m <sup>3</sup>	360	360	360	360
Agregado Finos Kg/m <sup>3</sup>	770	770	770	770
Escoria Kg/m <sup>3</sup>	315	315	315	315
Ceniza Volante Kg/m <sup>3</sup>	135	135	135	135
Agua/Aglutinante Kg/m <sup>3</sup>	0,45	0,45	0,45	0,45
Activador 1 Kg/m <sup>3</sup>	45	45	45	45
Activador 2 Kg/m <sup>3</sup>	22,5	22,5	22,5	22,5
PCE Kg/m <sup>3</sup>	0	3	0	0,5
Ácido Tartárico Kg/m <sup>3</sup>	0	0	1	1
Asentamiento (cm)	8	11	23	26
Tiempo de fraguado (min)	30	30	120	120

Se logra un mayor efecto plastificante cuando el ácido tartárico se combina con PCE. Si no se agrega ácido tartárico a la mezcla, se requiere una mayor cantidad de PCE y se obtiene un bajo rendimiento.

- 15 Se observó en las diversas pruebas que las dosificaciones de combinaciones más grandes que la descrita (3% de ácido orgánico y 0.75% de ASC de PCE con respecto al aglutinante) conducirán a un diseño de mezcla muy inestable (segregación, sangrado) y afectará dramáticamente el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia del material de construcción como se puede ver en la Figura 7.

La fuerte segregación entre la pasta y los agregados se produce cuando la proporción de aglomerante a agua y/o la dosificación de los ácidos aldaricos es demasiado alta (véase la Figura 7).

20

**REIVINDICACIONES**

1. Material que se puede colar de construcción con flujo o asentamiento controlable que comprende
- a) un aglutinante que comprende
- cenizas volantes que comprenden de 1.5% a 35% en peso de CaO y un valor de Perdida de ignición (LOI) a 950°C desde 0.5% a 5.5% en peso, que representa de 10% a 60% del peso del aglutinante
  - escoria de alto horno granulada molida que comprende de 40% a 70% en peso de CaO y de 30 a 60% en peso de SiO<sub>2</sub>, que representa de 40% a 90% del peso del aglutinante, y
  - proporción agua/aglutinante de entre 0.41 y 0.6, (b) un activador que comprende reactivos alcalinos seleccionados del grupo compuesto por vidrio soluble, preferiblemente en solución con un contenido de sólidos de 30 a 50% en peso, metasilicatos de sodio e hidróxido de sodio,
- (c) arena con un tamaño de partículas inferior a 4 mm, agregado fino con un tamaño de partículas superior a 4 mm y un máximo inferior a 8 mm y agregado grueso con un tamaño de partículas superior a 8 mm y un máximo inferior a 32 mm y
- (d) ácido tartárico o sales conjugadas de ácido tartárico en una dosificación de 0.001% a 3% en peso con respecto al aglutinante en combinación con Polímeros de Policarboxilato Éter (PCE) en un intervalo de concentración de 0.12% a 0.75% en peso de aglutinante.
2. Material que se puede colar de construcción de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el aglutinante en (a) comprende puzolanas que comprenden contenido de álcali, humos de sílice, rellenos, piedra caliza, fibras naturales, fibras metálicas o fibras poliméricas.
3. Material que se puede colar de construcción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** dichos metasilicatos de sodio son metasilicatos de sodio pentahidratados.

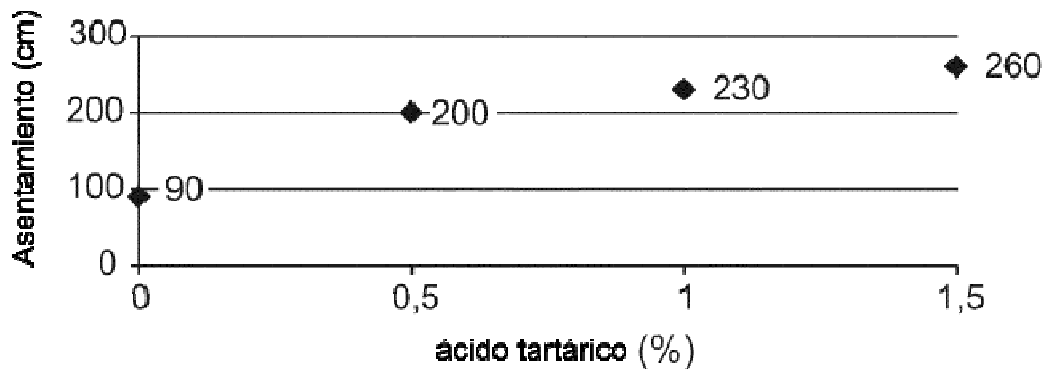


Fig. 1

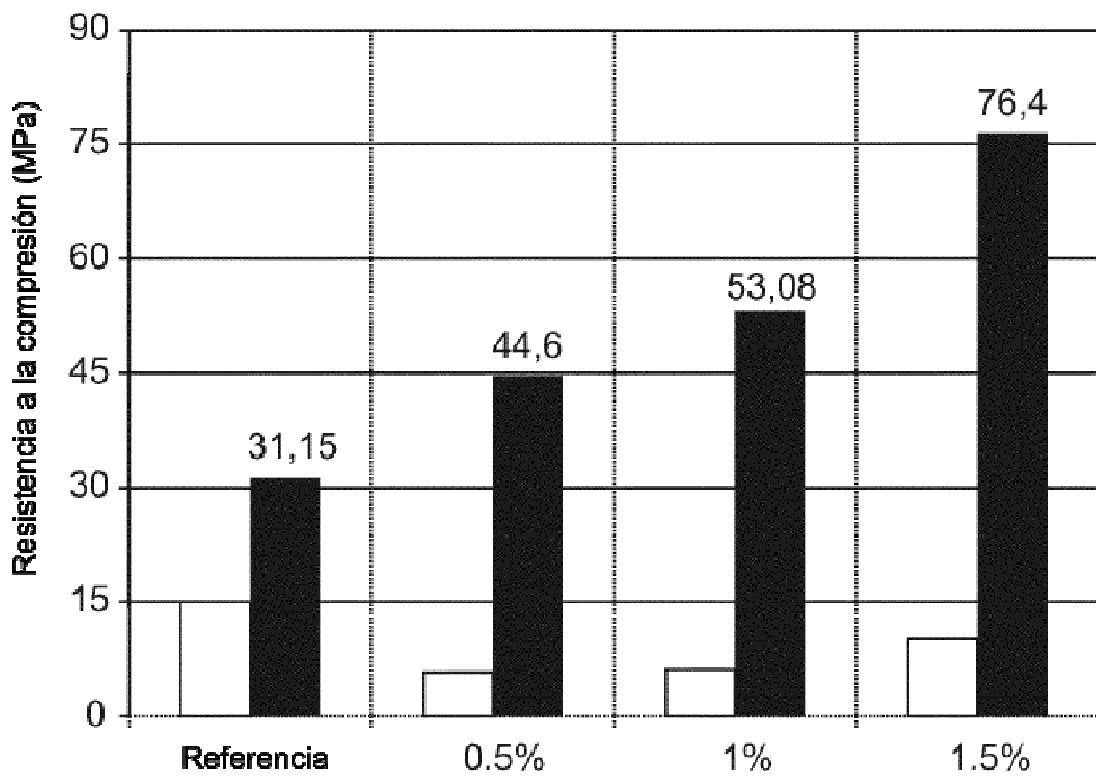


Fig. 2

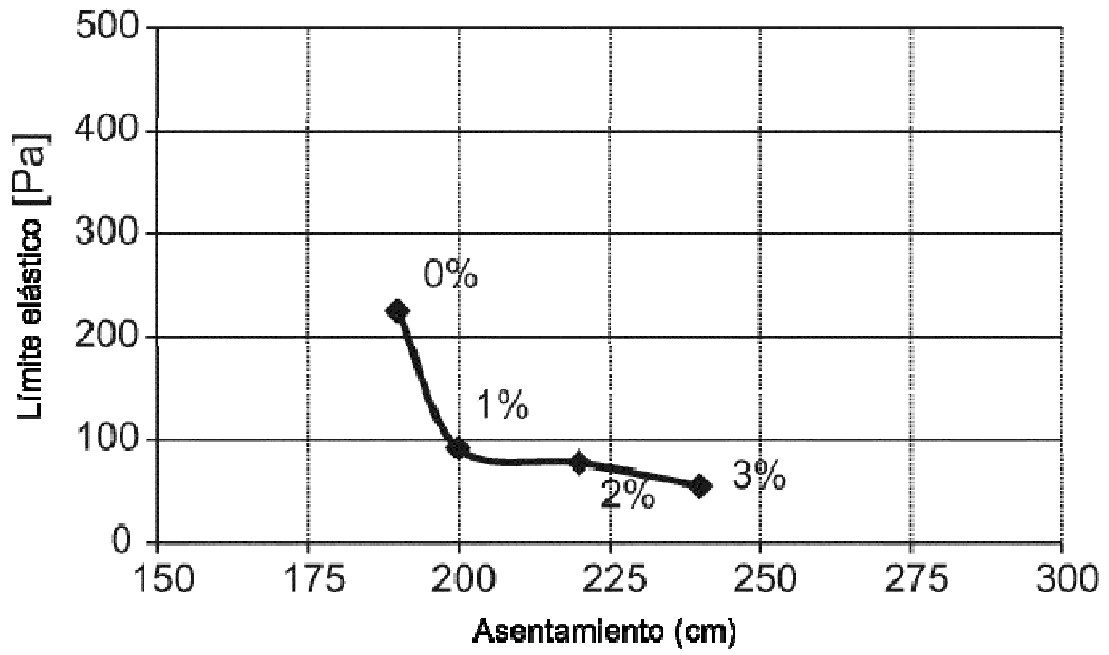


Fig. 3

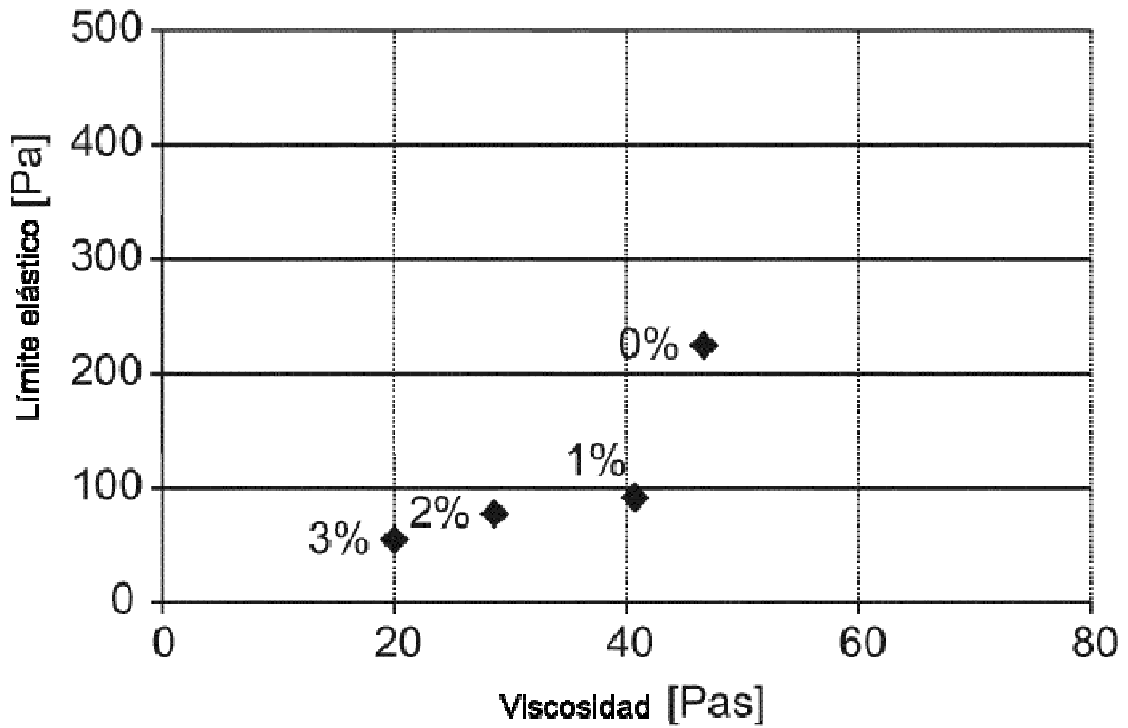


Fig. 4

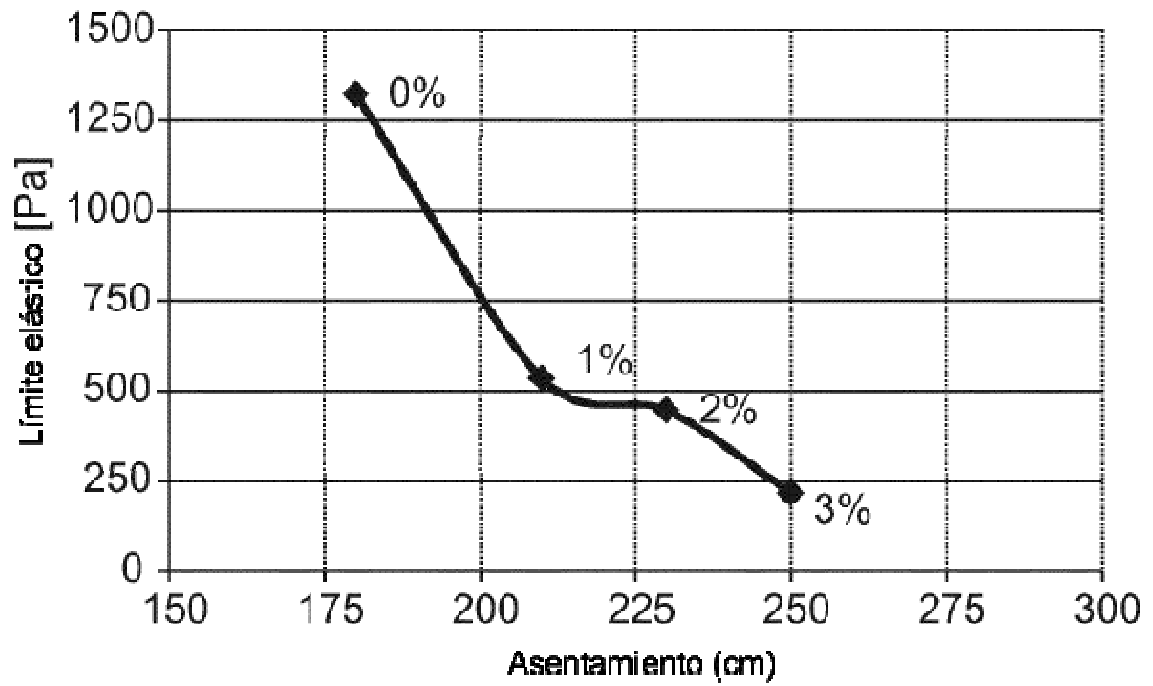


Fig. 5

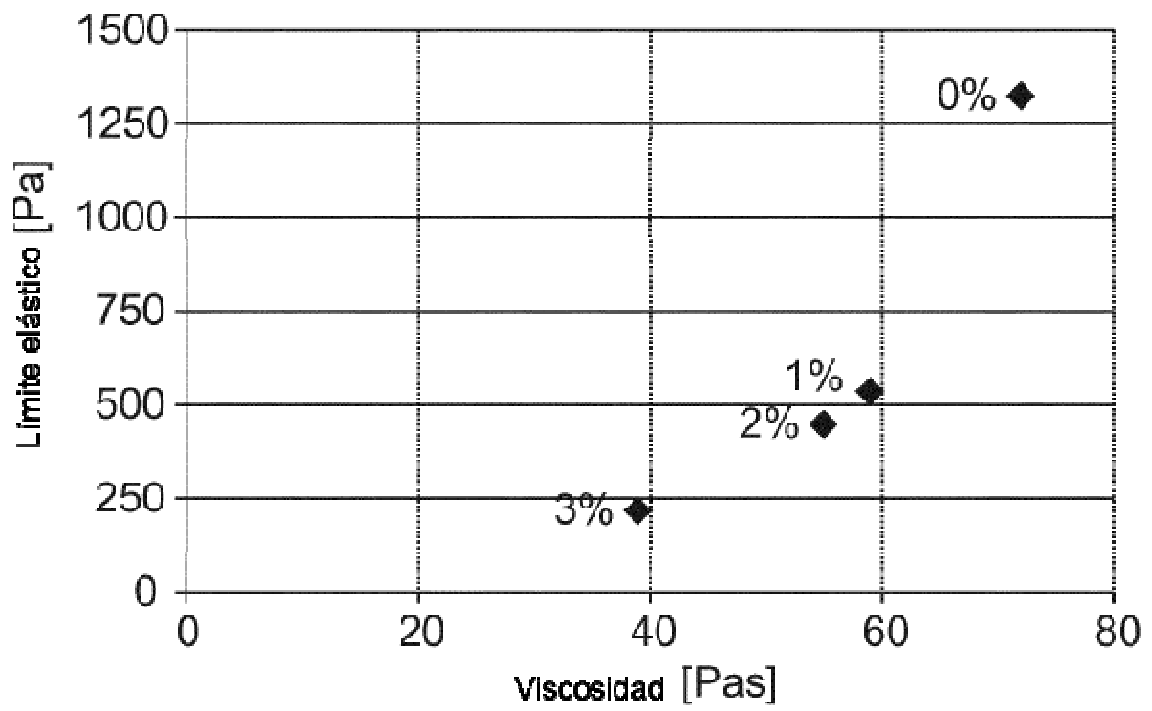


Fig. 6

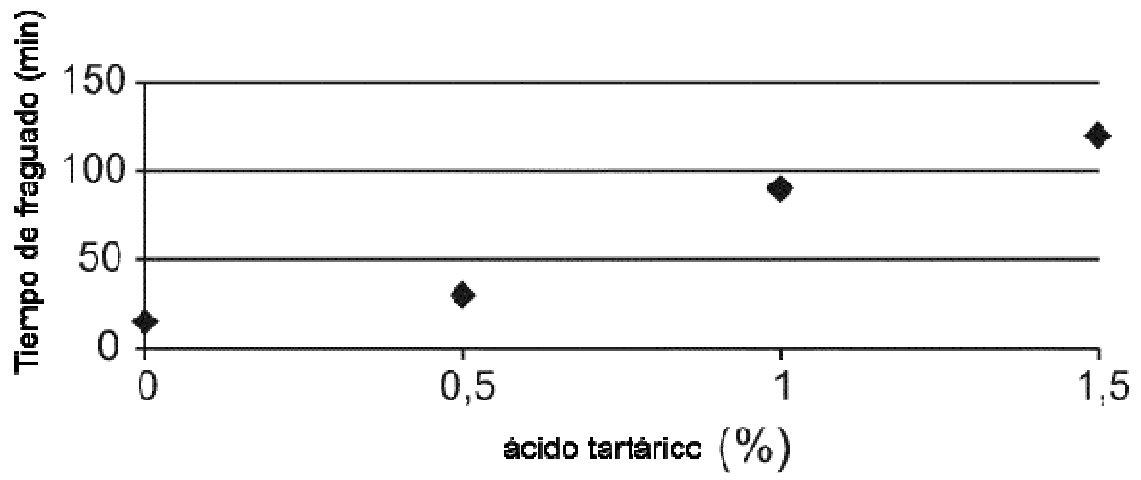


Fig. 7

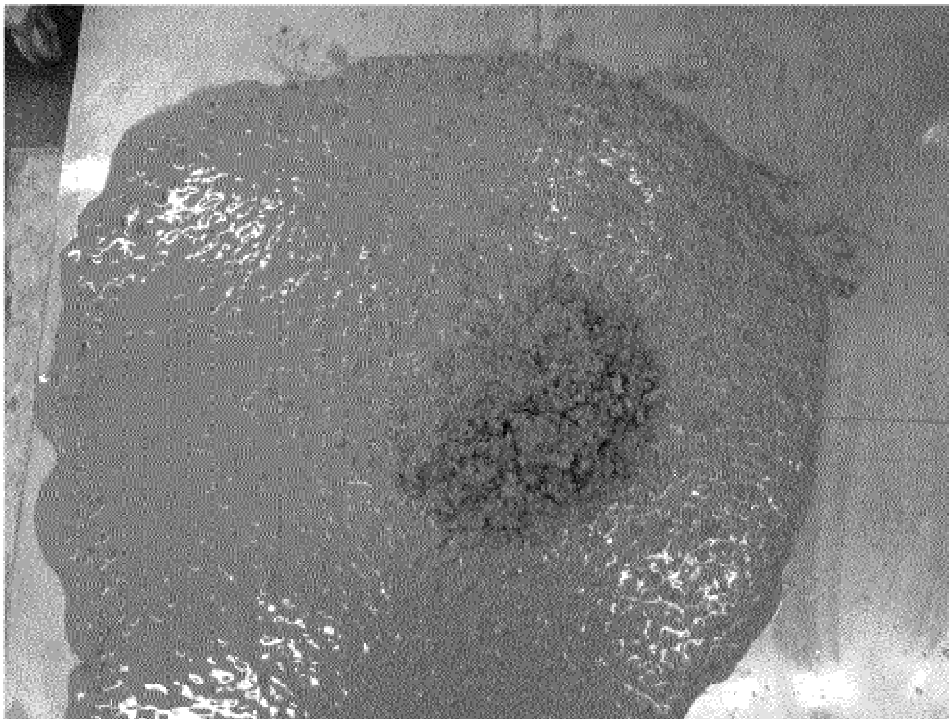


Fig. 8