



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 274 126**

51 Int. Cl.:  
**C04B 14/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02803408 .0**

86 Fecha de presentación : **22.11.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1565413**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **24.08.2005**

54 Título: **Hormigones de alto rendimiento que no contienen adiciones con actividad hidráulica latente.**

30 Prioridad: **23.11.2001 IT MI01A2480**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2007**

73 Titular/es: **ITALCEMENTI S.p.A.**  
**Via G. Camozzi, 124**  
**24121 Bergamo, IT**

72 Inventor/es: **Cangiano, Stefano**

74 Agente: **Esteban Pérez-Serrano, María Isabel**

ES 2 274 126 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**

Hormigones de alto rendimiento que no contienen adiciones con actividad hidráulica latente.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la producción de hormigón de alto rendimiento que se puede obtener sin cantidades significativas de material adicional con actividad hidráulica latente, en particular humo de sílice.

10 **Técnica anterior**

Antes de describir en detalle la presente invención es apropiado definir el significado de algunos términos y hacer referencia al estado de la técnica que se puede deducir de la bibliografía técnica y de patentes acerca de este tema.

15 La expresión “alto rendimiento” se refiere actualmente a un margen relativamente amplio de propiedades de uso para mezclas cementosas y en particular a los rendimientos reológico y mecánico.

Respecto al rendimiento reológico, normalmente es necesario que un hormigón de alto rendimiento sea al menos tixotrópico o, preferiblemente, auto-compactante.

20 Respecto al rendimiento mecánico, la expresión “alto rendimiento” se refiere a un margen amplio de resistencias mecánicas. De acuerdo con Aitcin (High performance concrete (E& FN SPON - Modern Concrete Technology 5 - página 163 Ed. 1998) estos tipos de hormigón se pueden dividir en cinco categorías diferentes, cada una de las cuáles se define por valores de resistencia compresiva que corresponden a aquellos que pueden considerarse un rango tecnológico en el presente estado de la técnica.

TABLA I

*Clasificación de hormigones de alto rendimiento como los propuestos por Aitcin*

<b>Resistencia compresiva MPa</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>150</b>
<b>Categoría de hormigón de alto rendimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>

30 Incluso aunque actualmente no haya una definición universalmente aceptada de hormigón de alto rendimiento, un estudio de la bibliografía nos permite establecer que la propiedad esencial que cualifica como de alto rendimiento a un hormigón es su resistencia compresiva mecánica, que sin embargo se mide a los 28 días o más tarde, mientras las otras propiedades de uso que también contribuyen a la clasificación de un hormigón como un material de alto rendimiento no se consideran esenciales ya que son requerimientos específicos adicionales.

40 Están disponibles comercialmente hormigones con tensiones compresivas mayores de 100 MPa. También están disponibles actualmente tipos de hormigón con propiedades mecánicas muy superiores a las previstas por los códigos de diseño actuales (por ejemplo, Ductal® - BSI, véase el documento WO99/28267).

50 Es bien conocido que para obtener hormigón de alto rendimiento es necesario adoptar una relación agua/aglomerante reducida (aquí el aglomerante propuesto es cemento Pórtland y cualquier otro material apropiado) y una cantidad de aglomerante que normalmente es superior a la necesaria para hormigones de nivel normal de resistencia (4, 5, 6, 7, 8, 9);

4 - Zeghib, R. y col. “Study and formulation of high performance concrete with ultrafine admixtures” Fifth ACI/CANMET Conference on superplasticisers and Chemical admixtures in Concrete.

Supplementary papers, Roma 1997 páginas 286-293;

5 - Lang, E y col. “Use of Blast Furnace slag cement with high slag content for high performance concrete” - 4th International symposium on Utilisation of high Performance Concrete, París 1996, páginas 213-222;

60 6 - Novokshchenov, V. “Factors Controlling the compressive strength of silica fume concrete in the range of 100-150 MPa” Magazine of Concrete Research, 1992, N. 158, páginas 53-61;

7 - Shah, S.P. y col. “High Performance Concrete: Properties and applications” 1994, Mc Graw Hill, Inc, Londres, página 403;

65 8 - Gjorv, O. E. “High Strength Concrete” In “Advance in Concrete Technology” Ed. CANMET, Edition Malhotra, 1994 páginas 19-82;

## ES 2 274 126 T3

9 - De Larrard "Formulation et proprietes des betons a tres hautes performances". Rapport de recherche Du Laboratoire Central de Ponts et Chaussées, París N. 149, 1988, página 350

5 Las regulaciones europeas actuales sobre hormigón (EN 206) permiten la adición de materiales ultra-finos al hormigón con la intención de obtener o mejorar algunas propiedades. La regulación EN 206 considera dos tipos de adición:

- adición casi inerte (tipo I) una de las cuáles puede ser caliza;

10 - tipo puzolano o adiciones de actividad hidráulica latente (tipo II) son cenizas volantes que cumplen la regulación EN 450 y humo de sílice que cumple la EN 13263:1998.

15 Se sabe que los hormigones de alto rendimiento pertenecientes a las categorías I y II con una resistencia compresiva de hasta 100 MPa como se expone en la tabla de arriba se pueden producir a partir de una gran variedad de sistemas cementosos como:

- Cemento Pórtland puro;

20 - Cemento Pórtland y ceniza volante;

- Cemento Pórtland y humo de sílice;

- Cemento Pórtland, escoria y humo de sílice;

25 Según Aitcin (1999, páginas 190-191), basado en datos tomados de bibliografía, parece que casi todos los hormigones de alto rendimiento de categoría III (de 100 a 125 MPa) contienen humo de sílice, excepto muy pocos tipos de hormigón que se producen usando cemento Pórtland, cuyos valores de resistencia caen en un área por debajo de esta categoría.

30 De nuevo según Aitcin (E& FN SPON - Modern Concrete Technology 5 - páginas 190-191 Ed. 1999) todos los hormigones de alto rendimiento que pertenecen actualmente a las categorías IV y V han sido producidos usando humo de sílice.

35 Varios estudios han observado los efectos del humo de sílice en las reacciones de hidratación de los sistemas cementosos. Más abajo hay un breve resumen de los resultados principales de estos estudios. Se sabe que la acción del humo de sílice se revela ella misma como una adición puzolana y como un relleno. El humo de sílice que actúa como un relleno granular entre las partículas de cemento se puede explicar por sus dimensiones extremadamente reducidas (de 30 a 100 veces menores que las del cemento Pórtland). Se ha establecido que es posible reemplazar el humo de sílice con negro de carbón y obtener resistencias similares (Derweiler y Mehta -1989- "Chemical and Physical effect of silica fume on the mechanical behaviour of concrete" ACI Material Journal Vol. 86 n. 6 pág. 609-614).

40 Las partículas de humo de sílice también pueden actuar como lugares de nucleación y al mismo tiempo mejorar la homogeneidad y la finura de los productos de hidratación (Nehdi, 1995, "The microfiller effect in high performance concrete" Research proposal, department of civil engineering, University of British Columbia.)

45 Según Cheng Yi y Feldman (1985 Cement and Concrete Research vol. 4 páginas 585-592) el humo de sílice acelera la reacción de hidratación del cemento, favoreciendo la creación de lugares de nucleación para los cristales de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Metha (1987 - Proc. Int. Workshop on condensed silica fume in concrete, Ed. V.M. Malhotra, Montreal.) también mantiene que las partículas de humo de sílice podrían actuar como lugares de nucleación para la precipitación de cemento Pórtland y que la formación de varios cristales de pequeño tamaño en lugar de unos pocos de gran tamaño podría mejorar las propiedades mecánicas de la pasta cementosa.

50 Sin embargo, en contraste con las ventajas procedentes del uso de dicho material de adición, es necesario señalar que la adición de humo de sílice parece causar en algunos casos un incremento en la retracción durante la fase plástica y puede conducir a fenómenos significativos de micro-grietas /SP 186-39 página 671 (E& FN SPON - Modern Concrete Technology 5 - 4 página 191 Ed. 1998) y (S. Rols *et al.* "Influence of Ultra Fine Particle Type on Properties of Very" - High strength Concrete ACI SP 186 páginas 671-685- Proceedings of Second CANMET/ACI International.

55 Conference, RS, Brasil, 1999). También se tiene que señalar que el uso de humo de sílice es particularmente costoso. De nuevo según Aitcin, éste explica por qué los fabricantes de hormigón tienden a evitar el uso de humo de sílice para la producción de hormigones de alto rendimiento pertenecientes a las categorías I y II. El coste de un tipo de hormigón puede incluso ser el doble al pasar de un hormigón de 90 MPa a uno de 100 MPa; los hormigones con una resistencia de diseño de 90 MPa se puede producir actualmente de forma sencilla sin humo de sílice, mientras que para producir actualmente un hormigón de 100 MPa, aproximadamente el 10% de la mezcla se debe realizar con humo de sílice (E& FN SPON - Modern Concrete Technology 5 - página 163 Ed. 1998).

60 Al analizar los rendimientos de materiales cementosos de alto rendimiento, es necesario subrayar el incremento en la resistencia mecánica que se alcanza por la presencia de micro-fibras de acero. Es apropiado señalar que se tiene

## ES 2 274 126 T3

que hacer una comparación correcta entre los rendimientos de matrices cementosas con composiciones diferentes para materiales sin refuerzo de fibras. Finalmente, se deduce lo siguiente de la bibliografía:

- ninguna matriz cementosa, envejecida con aire en agua o en una cámara de niebla (20°C, 95% humedad) es capaz de conseguir después de 28 días las resistencias para ser incluida en la categoría V de la tabla I;
- normalmente no se incluyen los datos de docilidad y sin embargo, tras el examen de la bibliografía no se han encontrado trabajos publicados que se refieran a hormigones (matrices cementosas) en la categoría IV con propiedades auto-compactantes.
- no hay datos disponibles sobre el desarrollo de resistencia en los primeros plazos de tiempo (24 y 48 horas).

En lo que se refiere al relleno calcáreo, durante mucho tiempo se ha considerado inerte. Aunque no puede ser considerado un material de adición puzolánico, varios estudios han mostrado que tiene una considerable reactividad a medio y largo plazo. S. Sprung, E. Siebel "...” Zement Kalk Gips 1991, N. 1, páginas 1-11, desarrollaron la teoría de que además de su papel principal como relleno matriz, el relleno calcáreo también puede presentar cierta reactividad química hacia el aluminato, lo cual permite que se produzca la formación de aluminatos de calcio. Ramachandran y col. (Ramachandran *et al.* In "Durability of Buildings Materials", 4 1986) observaron que añadiendo  $\text{CaCO}_3$  a  $\text{C}_3\text{S}$  (silicato tricálcico) se acelera la hidratación. También descubrieron que la hidratación del cemento es más rápida debido al relleno calcáreo. En la mezcla de cemento, el  $\text{CaCO}_3$  daría origen a los aluminatos de calcio que se incorporarían en las fases  $\text{C}_3\text{S}$  y  $\text{C}_3\text{A}$  (aluminato tricálcico) durante la hidratación. S.P. JIANG y col. ("Effect of fillers (Fine particles) on the Kinetics of Cement Hydration 3rd Beijing International Symposium on Cement and Concrete, 1993, 3) también mostró que la formación de aluminatos de calcio es ventajosa, ya que mejora la resistencia y acelera el proceso de hidratación. Jiang y col. (S.P. Jiang *et al.* 9th International Congress of Cem. Chem. New Delhi, 1992) mantuvo que el relleno calcáreo actúa en la cinética de hidratación del cemento. Según estos autores, en lugar de atribuirse a la descripción de arriba, la aceleración de la hidratación puede ser atribuida a una multiplicación del efecto de los contactos inter-partícula y a la naturaleza de estos contactos en la superficie del relleno calcáreo.

Escadeillas (G. Escadeillas, Les ciments aux fillers calcaires: Contribution a leur optimisation par l'étude des propriétés mécaniques et physiques des betons fillerisés, Ph Thesis, Université P Sabatier (1988) pág. 143) observó que en las primeras pocas horas de hidratación, la liberación de calor del cemento que contiene relleno calcáreo es mayor que la procedente del cemento sin relleno y esto es aún más cierto cuanto más fino es el relleno calcáreo. Esto probablemente se debe a la aceleración en la hidratación del  $\text{C}_3\text{S}$ .

Los documentos JP11147750 y JP06199549 dan a conocer composiciones de cemento que comprenden cemento Portland, polvo de piedra caliza y humo de sílice; el documento JP2001181008 da a conocer composiciones para producir hormigón, que contienen cemento y piedra caliza.

Respecto al alto rendimiento desde un punto de vista reológico, es bien conocida la importancia que está tomado el hormigón auto-compactante.

El hormigón auto-compactante (SCC) es un hormigón especial que puede introducirse dentro de los encofrados sólo por el efecto de su propio peso y fluir alrededor de cualquier obstáculo, como barras de refuerzo, sin pararse y sin causar ningún fenómeno de separación de sus elementos. Sus propiedades reológicas se deben preservar hasta que empieza el proceso de fraguado y endurecimiento.

Según la AFGC (Association Française de Genie Civil) los hormigones auto-compactantes debe cumplir los siguientes requerimientos cuando están frescos:

- a) Los valores de extensión de los flujos de asiento (cono de asiento) se deben encontrar normalmente dentro del margen 60 - 75 cm (sin segregación visible al final del ensayo, es decir, sin aureola de lechada a lo largo del perímetro exterior y sin concentración en el centro);
- b) La relación de relleno del equipo llamada caja L debe ser mayor del 80%;
- c) el hormigón no debe dar origen a segregación y debe presentar exudación limitada.

En el estado de conocimiento actual no se han producido hormigones de alto rendimiento sin humo de sílice en la categoría IV o V con propiedades auto-compactantes. M. Sari y col. (Cem. Conc. Research n. 29 (1999), por ejemplo, obtuvieron un hormigón de alto rendimiento auto-compactante con un flujo de asiento de 61,5 cm. Las mezclas consideradas contenían  $30 \text{ kg/m}^3$  de humo de sílice y presentaban una resistencia de 70 MPa después de 28 días.

A partir de un análisis de la bibliografía revisada, no se encontraron datos o información sobre la posibilidad de preparar hormigones de alta resistencia (al menos en la categoría III) sin humo de sílice y con las propiedades reológicas típicas de hormigones auto-compactantes.

**Resumen**

El solicitante ha encontrado sorprendentemente una mezcla sólida para la preparación de hormigones con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende cemento que cumple con la regulación europea 197-1, áridos calcáreos y aditivos caracterizados por el hecho de que cualquier adición con actividad hidráulica latente es menor del 5% en peso comparada con el cemento.

**Descripción de las figuras**

La Figura 1 muestra las curvas de referencia correspondientes a las ecuaciones [1] en que  $A = 0,75$  y [2]; se comparan con las otras curvas usadas normalmente como curvas de referencia para el sistema: árido + cemento, es decir, más específicamente se muestran las conocidas curvas Fuller y Bolomey. Respecto a la curva Bolomey, se han considerado las dos curvas cuyo parámetro  $A_B$  dependiente de la forma del árido, toma los dos valores límite 8 y 14. Se puede observar claramente la variación entre las curvas de la técnica anterior y las curvas de la invención.

La Figura 2 muestra las curvas experimentales de la distribución de tamaño de partícula de las tres fracciones de áridos calcáreos aI (fracción 0, fracción 1 y fracción 2).

La Figura 3 muestra las curvas experimentales de la distribución de tamaño de partícula de las cinco fracciones de áridos calcáreos aI (fracción A, fracción B, fracción C, fracción D y fracción E).

La Figura 4 muestra las curvas experimentales de la distribución de tamaño de partícula de la fracción única de áridos calcáreos comparativos a2. Como se puede observar, la curva está cerca de la curva Fuller.

La Figura 5 muestra las curvas experimentales de la distribución de tamaño de partícula de tres fracciones b de áridos silíceo-calcáreos comerciales (Sataf 113, Sataf 103, Sataf 117 R respectivamente).

La Figura 6 muestra la curva de distribución acumulada del cemento en relación con su contenido máximo en la mezcla sólida (21%); también se muestra la referencia (según la ecuación [2]) y las curvas de distribución de tamaño de partícula actuales de la mezcla sólida de la invención CO. Se puede observar que la curva de distribución se une a la curva del cemento sin causar particularidades, también tiene un punto de inflexión de  $x = 0,315$  mm.

La Figura 7 muestra la distribución de tamaño de partícula de la mezcla sólida CO1 mencionada arriba, la curva de distribución de tamaño de partícula según la ecuación [1] en que  $A=0,822$  comparada con las otras curvas usadas normalmente como curvas de referencia para el sistema: árido + cemento, es decir, más específicamente se muestran las conocidas curvas Fuller y Bolomey. Respecto a la curva Bolomey, se han considerado que el parámetro  $A_B$  el valor límite 14.

La Figura 8 describe la curva de distribución de tamaño de partícula de la mezcla sólida C1 comparada con la curva de referencia correspondiente a la ecuación [1] en que  $A=0,75$ .

Si se mira la figura 8, se puede observar claramente la considerable variación de la curva de referencia Ec. [1] en que  $A = 0,75$ , en la región superior de la zona típica de tamaño de partícula de CEM 52.5R.

La Figura 9 muestra la curva de distribución de tamaño de partícula de la mezcla sólida C2 para su comparación. La figura 9 muestra que la mezcla hecha de CEM 52.5R y árido calcáreo varía considerable respecto a la curva de referencia Ec. [2] y tiende a parecerse a la curva Bolomey en  $A_s = 14$ .

La Figura 10 muestra el comportamiento de las mezclas ICO-A y ICO1-A caracterizadas por una retracción durante la fase plástica mucho más limitada que la encontrada en la mezcla IC3-A basada en árido de cuarzo y sílice vítreo.

**Descripción detallada de la invención****Objeto de la presente invención**

El objeto de la presente invención es perfeccionar la fórmula de un hormigón con las características siguientes:

1) ausencia de cantidades significativas de adiciones de tipo II (por ejemplo, humo de sílice)

2) una resistencia mecánica después de 28 días mayor de 110 MPa y/o un desarrollo de resistencia compresiva hasta el extremo de asegurar los valores contenidos en la tabla II de abajo.

# ES 2 274 126 T3

TABLA II

*Requerimientos de rendimiento necesarios para el desarrollo de resistencia mecánica*

Plazo [días]	1	2	28
Rc [MPa]	□50	□80	□110

La expresión “sin cantidades significativas de adiciones con actividad hidráulica latente” pretende significar que estas adiciones deben ser menores del 5% en peso comparadas con el cemento, y preferiblemente menores del 2%.

Otro objeto de la presente invención es perfeccionar una fórmula de hormigón auto-compactante que satisfaga las características que se exponen en los puntos a), b) y c) descritos arriba.

Otro objeto de la invención es obtener hormigones reforzados con fibras con endurecimiento rápido, sin cantidades significativas de adiciones tipo II, por ejemplo humo de sílice.

Se ha descubierto sorprendentemente que es posible conseguir los objetivos descritos arriba, al contrario de la tendencia expresada en la técnica anterior, usando una composición de tamaño de partícula óptimo de la mezcla de cemento sólido y áridos calcáreos. En particular, se descubrió que se si usa una composición de tamaño de partícula tal que la composición del porcentaje que pasa según el diámetro de las partículas sigue al de la curva construida según la tabla III inferior, es posible obtener un hormigón de alto rendimiento con desarrollo de resistencia mecánica a tiempo, como se indica en la Tabla II, sin cantidades significativas de adiciones de tipo puzolánico.

TABLA III

Diámetro (mm)	% que pasa
0,002	5-12
0,005	10-13
0,01	15-20
0,1	30-40
0,2	40-60
0,4	50-75
0,7	60-85
1	70-90
2	85-95

La composición de tamaño de partícula de la mezcla sólida se puede describir de forma más apropiada mediante la curva representada por la ecuación:

$$P\% = \frac{1}{(1 - A) \sqrt{x/D_{max}}} \cdot 100 \quad (\text{para } 0 < x \leq D_{max}) \quad [1]$$

## ES 2 274 126 T3

Donde:

P% = lo que pasa acumulado;

5 x = diámetro de las partículas sólidas en mm;

A = parámetro experimental que tiene los valores siguientes: 0,75 ó 0,822;

10 D<sub>max</sub> = diámetro máximo de áridos en mm;

Otra curva posible es la que sigue:

$$15 \quad P\% = 1 - \left( \frac{x}{C} \right)^D \cdot 100 \quad [2]$$

Donde:

20 P% = lo que pasa acumulado;

x = diámetro de las partículas sólidas en mm;

25 C, D = parámetros experimentales (C = 0,315 [mm], D = 0,486);

El valor C = 0,315 mm indica el diámetro por debajo del cuál pasa el 63,2% de la mezcla sólida.

30 La Figura 1 contiene las curvas de referencia que corresponden a las ecuaciones [1] y [2]; se comparan con las otras curvas usadas normalmente como curvas de referencia para el sistema: árido + cemento; más específicamente se incluyen las conocidas curvas Fuller y Bolomey, que tienen respectivamente la ecuación:

$$P\% = 100 \sqrt{x/D_{\max}} \quad [3]$$

35 Donde:

P% = lo que pasa acumulado;

40 x = diámetro en mm;

D<sub>máx</sub> = dimensión máxima de áridos;

$$45 \quad P\% = [A_B + (100 - A_B) \sqrt{x/D_{\max}}] \quad [4]$$

Donde:

P% = lo que pasa acumulado;

50 x = diámetro en mm;

D<sub>máx</sub> = dimensión máxima de áridos;

55 A<sub>B</sub> = parámetro Bolomey (toma típicamente los dos valores límite de 8 y 14 dependiendo de la forma de los áridos)

Las siguientes son varias de las realizaciones preferibles según la presente invención:

- 60 • Una mezcla sólida para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende un cemento tal que cumple con la regulación europea 197-1, áridos calcáreos y aditivos, caracterizada por el hecho de que las adiciones con posible actividad hidráulica latente son menos del 5% en peso comparadas con el cemento;
- 65 • Una mezcla sólida para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende cemento, áridos calcáreos y aditivos, caracterizada por el hecho de que las adiciones con posible actividad hidráulica latente son menos del 2% en peso comparado con el cemento;
- Una mezcla sólida para la preparación de hormigón que a lo largo del tiempo tiene el siguiente desarrollo de resistencia mecánica: tras un día:  $\geq 50$  MPa; tras 2 días:  $\geq 80$  MPa; tras 28 días:  $\geq 110$  MPa; y que

## ES 2 274 126 T3

comprende un cemento tal que cumple con las regulaciones europeas 197-1, áridos calcáreos y aditivos, caracterizada por el hecho de que cualquier adición con posible actividad hidráulica latente es menos del 5% en peso comparada con el cemento.

- 5
- Una mezcla sólida para la preparación de hormigón que a lo largo del tiempo tiene el siguiente desarrollo de resistencias: tras un día:  $\geq 50$  MPa; tras 2 días:  $\geq 80$  MPa; tras 28 días:  $\geq 110$  MPa; y que comprende un cemento tal que cumple con las regulaciones europeas 197-1, áridos calcáreos y aditivos, caracterizada por el hecho de que cualquier adición con posible actividad hidráulica latente es menos del 2% en peso comparada con el cemento.

10

Según la presente invención, cemento y aglomerante hidráulico son sinónimos.

Se pueden usar como cementos para preparar la mezcla sólida según la presente invención todos los cementos o aglomerantes hidráulicos en general, y más específicamente los que cumplen la regulación EN 197-1.

15

Además, como realización preferida según la presente invención, el cemento en la mezcla sólida es CEM I 52.5 R o CEM III A 52.5 R, con un contenido de escorias del 40% en peso comparado con el clinker. En general el cemento está presente del 25% al 50% en peso, preferiblemente del 30% al 35% en peso comparado con la mezcla sólida total. Además, en una realización preferida de la presente invención los áridos calcáreos son áridos de machaqueo calcáreos con un contenido en  $\text{CaCO}_3$  mayor o igual al 95% en peso comparado con el peso total de áridos.

20

La mezcla sólida según la presente invención tiene áridos calcáreos con un  $D_{\text{Max}}$  (diámetro máximo) de 2 mm a 12 mm, preferiblemente de 4 a 8 mm o de 8 a 12 mm, más preferiblemente de 9,5 mm.

25

Como realización más preferida los aditivos en la mezcla sólida son aditivos acrílicos o naftalensulfonatos, en particular los aditivos acrílicos están presentes del 0,4% al 1,2% en peso, preferiblemente del 0,5% al 0,8% en peso, comparados con el peso total de cemento; los aditivos naftalensulfonatos están presentes del 1,9% al 2,5% en peso comparados con el peso del cemento. Como realizaciones más preferidas, la mezcla sólida según la presente invención comprende también fibras metálicas.

30

Las siguientes son otras realizaciones preferidas según la mezcla sólida que es el concepto inventivo común de la presente invención:

35

- Una mezcla cementosa para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la presente invención, caracterizada por el hecho de que cualquier adición con posible actividad hidráulica latente es menos del 5% en peso comparada con el cemento y que tiene una relación cemento/agua de 0,2 a 0,3, preferiblemente de 0,24 a 0,26.

40

- Un hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la presente invención, caracterizada por el hecho de que cualquier adición con posible actividad hidráulica latente es menos del 5% en peso, preferiblemente menos del 2% en peso comparada con el cemento.

45

- El hormigón según la reivindicación 22 con una resistencia mecánica después de 28 días que es mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que cualquier adición con posible actividad hidráulica latente se compara con el cemento.

50

- Una mezcla sólida basada en cemento y áridos principalmente de tipo calcáreo, que contiene una adición con actividad hidráulica latente en cantidades menores del 5% en peso, caracterizada por el hecho de que la distribución de tamaño de partícula de la mezcla se muestra en el gráfico del porcentaje acumulado de material que pasa según el tamaño de las partículas en mm, de una curva que corresponde sustancialmente a los valores mostrados en la tabla III.

55

Preferiblemente, el principal árido de tipo calcáreo es la piedra caliza.

Los ejemplos siguientes son transmitidos como indicación, no como limitación, de la presente invención.

### Ejemplos

60

#### *Parte experimental*

Los materiales usados para el experimento fueron:

65

#### *Cemento*

Se usó un cemento CEM tipo I categoría 52.5R y un cemento CEM tipo III 52.5R, ambos cumpliendo la regulación EN 197-1 y con una finura de Blaine de 4900  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

## ES 2 274 126 T3

### Aditivos

Se usaron aditivos acrílicos comerciales (Superflux® AC 2003) y aditivos naftalensulfonatos (Superflux NF®).

### 5 Agua de amasado

Se usó un tipo de agua de amasado que cumple con pr EN 1008:1997.

### 10 Áridos

Se usaron los áridos siguientes:

- a) caliza de machaqueo tipo a1 y a2;
- 15 b) redondo de humo de naturaleza silícica-calcárea;
- c) cuarcita de machaqueo pura

### 20 a1 - árido de machaqueo calizo

La caliza usada se caracterizó por una estructura cristalina compacta, procedente de la cantera de Rezzato (BS), y con la composición química indicada en la tabla IV, y la misma tabla muestra el valor medio de absorción de agua. La distribución acumulada de tamaño de partícula, es decir, las distribuciones de tamaño de partícula de las tres fracciones (fracción 0, fracción 1 y fracción 3) o las distribuciones de tamaño de partícula de las cinco fracciones (fracción A, fracción B, fracción C, fracción D, fracción E) se muestran en la figura 2 y la figura 3 respectivamente.

TABLA IV

30 *Composición química y valor promedio de absorción de agua del árido calizo tipo a1*

35	CaCO <sub>3</sub>	98,61%
	MgCO <sub>3</sub>	0,87%
	SiO <sub>2</sub>	0,13%
40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03%
	Na <sub>2</sub> O	0,12%
45	K <sub>2</sub> O	0,07%
	T.O.C. <sup>1</sup>	0,02%
	Absorción de H <sub>2</sub> O	0,28%
50	<sup>1</sup> T.O.C significa: Carbono orgánico total	

### 55 a2 - árido de machaqueo calizo

Con fines comparativos se usó un árido de machaqueo calizo a2 de la cantera Halips (Grecia), que se caracteriza por el hecho de ser suministrado en un único tamaño con un diámetro máximo de 4,5 mm (sustancialmente el mismo que el de la fracción 2 del árido de machaqueo calizo a1). La distribución acumulada de tamaños de partícula se muestra en la figura 4.

60 Si examinamos la figura mencionada anteriormente es posible observar que esta distribución es cercana a la conocida curva de distribución de tamaño de partícula Fuller (II calcestruzzo- Materiali e tecnologia di Vito Alunno Rossetti- Mc Graw-Hill 1995 páginas 103-104).

65 La tabla V contiene la composición química y el valor promedio de absorción de agua del árido a2.

## ES 2 274 126 T3

TABLA V

*Composición química y valor promedio de absorción de agua del árido calizo "Halips"*

5	CaCO <sub>3</sub>	97,5%
	MgCO <sub>3</sub>	0,87%
	SiO <sub>2</sub>	0,30%
10	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14%
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12%
15	Na <sub>2</sub> O	<0,08%
	K <sub>2</sub> O	<0,04%
	T.O.C. <sup>1</sup>	0,025%
20	Absorción de H <sub>2</sub> O	0,18%
	<sup>1</sup> T.O.C significa: Carbono orgánico total	

25 Comparando los datos contenidos en la tabla IV y los datos contenidos en la tabla V, se puede establecer razonablemente que los dos áridos calcáreos a1 y a2 tienen la misma composición química y las mismas características de absorción de agua.

30 *b - Redondo de humo silíceo-calcáreo*

Por razones comparativas, se usó un árido de origen fluvial *b* con la composición mostrada en la tabla VI, mientras en la figura 5 se muestra la distribución acumulada de tamaño de partícula de las tres fracciones de tamaño de partícula comerciales (Sataf 113, Sataf 103 y Sataf 117R respectivamente).

TABLA VI

*Composición química y absorción de agua del árido silíceo-calcáreo*

40	CaCO <sub>3</sub>	9,20%
	MgCO <sub>3</sub>	15,86%
	SiO <sub>2</sub>	71,08%
45	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,46%
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,12%
	Na <sub>2</sub> O	1,05%
50	K <sub>2</sub> O	1,23%
	T.O.C. <sup>1</sup>	-
55	Absorción de H <sub>2</sub> O	0,33%
	<sup>1</sup> T.O.C significa: Carbono orgánico total	

60 *c - cuarcita de machaqueo pura*

Por razones comparativas se usó cuarcita de machaqueo pura como árido, según la patente WO 99/28267.

*Fibras*

65 Se usaron fibras de acero rectas Berkert ON 13

## ES 2 274 126 T3

### Composición mezcla

La composición mezcla de hormigón según la invención comprende:

- 5 - 25% a 50% en peso y preferiblemente 30-33% de cemento CEM 52.5R tipo 1;
- menos del 5% en peso de humo de sílice y preferiblemente menos del 2%, comparado con el peso de cemento,
- 10 - árido de machaqueo calizo con  $D_{\max}$  (diámetro máximo) de 2 mm a 12 mm, preferiblemente con  $D_{\max}$  (diámetro máximo) de 4 mm a 8 mm, más preferiblemente con un  $D_{\max}$  (diámetro máximo) de 9,5 mm en cantidades como complemento a 100 comparado con el cemento.
- 15 - 0,4% a 1,2% en peso (preferiblemente 0,5 - 0,8%) de agente super fluidificante de base acrílica o 1,9% a 2,5% en peso de agente basado en naftalensulfonato expresado como sustancia seca en el cemento.
- Relación agua/cemento: 0,2 - 0,3 (preferiblemente 0,24 - 0,26).

Los porcentajes indicados arriba de cemento y áridos se refieren a la mezcla total de sólidos.

El árido calizo tiene preferiblemente un contenido de  $\text{CaCO}_3$  mayor o al menos igual al 95% en peso comparado con la masa de árido.

### Mezcla típica según la invención

Aquí se considera como mezcla típica de cemento más árido calcáreo según la invención, la mezcla en la que el árido calcáreo es de tipo a1.

La mezcla CO: cemento más árido calcáreo que mejor se adapta a la curva óptima, siguiendo la ecuación [1] en que  $A = 0,75$  es la indicada abajo como “mezcla CO” y tiene la composición mostrada en la tabla VII.

TABLA VII

Composición de la mezcla CO

Fracción 0 del árido	22,8%
Fracción 1 del árido	35,2%
Fracción 2 del árido	10%
CEM I 52.5R	32%

La figura 6 muestra la distribución de tamaño de partícula de la mezcla sólida CO mencionada arriba y la curva de distribución de tamaño de partícula según la ecuación [2] como referencia.

La mezcla CO1: cemento más árido calcáreo que mejor se adapta a la curva óptima, siguiendo la ecuación [1] en que  $A = 0,822$  es la indicada abajo como “mezcla CO1” y tiene la composición mostrada en la tabla VIII.

TABLA VIII

Composición de la mezcla CO1

Fracción A del árido	30,0%
Fracción B del árido	15,4%
Fracción C del árido	4,68%
Fracción D del árido	10,25%
Fracción E del árido	10,67%
CEM I 52.5R	29,0%

## ES 2 274 126 T3

La figura 7 muestra la distribución de tamaño de partícula de la mezcla sólida CO1 mencionada arriba, la curva de distribución de tamaño de partícula según la ecuación [1] en que  $A = 0,822$  y las curvas Fuller y Bolomey como referencia.

5 En particular  $D_{max}$  es 9,5 mm para las fracciones de árido.

*Preparación de mezclas según la técnica anterior para su comparación con las mezclas según la presente invención*

*Mezcla de comparación con la mezcla C1 de CEM I 52.5R y caliza en tamaño único (árido a2)*

10

Para fines de comparación con la mezcla optimizada se preparó una mezcla de CEM I 52.5R y caliza en un único tamaño con una distribución de tamaño de partícula como la mostrada en la figura 8 para la mezcla sólida C1, por comparación con la curva de referencia que sigue la Ec. [1] en que  $A = 0,75$ .

15 La composición de la mezcla fue como sigue:

TABLA IX

*Composición de la mezcla sólida C1*

20

Cemento 52.5 R tipo I	32%
Árido calcáreo (calizo) en un único tamaño	68%

25

Si se examina la figura 8, se puede ver la variación considerable de la curva de referencia en la región superior de la curva de tamaño de partícula típica del CEM 52.5R, cuya curva acumulada se muestra en relación a su contenido en la mezcla.

30 *Mezcla para comparación con la mezcla C2 de CEM 52.5R y redondo de humo silícico-calcáreo (árido b)*

Se preparó una mezcla de árido silícico-calcáreo y cemento CEM I 52.5 R con la composición mostrada en la tabla X:

35

TABLA X

*Composición de la mezcla C2 (CEM 52.5R y árido silícico-calcáreo)*

40

Árido Sataf 113	10,86%
Árido Sataf 103	16,85%
Árido Sataf 117R	37,29%
CEM I 52.5R	33%

45

La figura 9 demuestra que la mezcla de CEM I 52.5R y árido silícico-calcáreo tiene una variación significativa de la curva de referencia, siguiendo la ecuación [1] en que  $A = 0,75$  y tiende a parecerse a Bolomey para  $A_B = 14$ .

50

*Mezcla de comparación con la mezcla C3 (Ductal®) con árido de cuarzo (C)*

Para comparar los rendimientos de la mezcla cementosa calcárea y una mezcla cementosa basada en cuarzo se examinó la mezcla básica (sin ningún refuerzo de fibras) conocida comercialmente como DUCTAL®, cuya composición de materiales sólidos se muestra en la tabla XI.

55

TABLA XI

*Composición del Cemento de mezcla sólida (\*) Ductal® con elevado contenido en sílice ( $C_3S > 75\%$ )*

60

Cemento 52.5R HTS(*)	32,74%
Sílice vítreo SEPR (humo de sílice)	10,66%
Polvo de cuarzo	9,81%
Arena de cuarzo ( D max = 0,5 mm)	46,79%

65

## ES 2 274 126 T3

*Mezcla típica de la invención con mezcla C4: cemento CEM tipo III/A 52,2 R*

Se preparó una mezcla sólida para una mezcla de hormigón reforzado con fibras.

TABLA XII

*Composición de la mezcla sólida C4*

Cemento 52.5 R tipo III/A*	45%
Fracción 0 del árido	18%
Fracción 1 del árido	28%
Fracción 1 del árido	9%
* El cemento usado en esta mezcla sólida contiene anhidrita como activador, en un 3% en peso del cemento.	

*Preparación de las mezclas para los ensayos comparativos*

Se prepararon varias mezclas con las mezclas sólidas descritas en los párrafos anteriores.

TABLA XIII

*Composición de las mezclas*

Mezcla	Mezcla sólida	Relación agua/aglomerante	Aditivo hiper-fluidificante
ICO-A	CO	0,26	Aditivo de base acrílica 0,6%**
ICO1-A	CO1	0,276	Aditivo de base acrílica 0,65%**
ICO-N	CO	0,30	Aditivo de base naftalensulfonato 2,5%**
IC1-A	C1	0,26	Aditivo de base acrílica 0,6%**
IC1-N	C1	0,30	Aditivo de base naftalensulfonato 1,9%**
IC2-A	C2	0,26	Aditivo de base acrílica 0,6%**
IC2-N	C2	0,30	Aditivo de base naftalensulfonato 2,5%**
IC3-A	C3	0,21	Aditivo de base acrílica 1,8%**
IC4-A	C4	0,22	Aditivo de base acrílica 0,6%
** aditivo como sustancia seca en % en el aglomerante A = aditivo de base acrílica (Superflux 2003) N = aditivo de base naftalensulfonato (Superflux NF)			

## ES 2 274 126 T3

### *Procedimiento de empaquetado para las mezclas*

Las mezclas se prepararon usando un mezclador "HOBART" de alta eficacia. Durante la primera etapa de mezcla, el ancla se situó en el número de rotaciones mínimo  $140 \pm 5$  rpm durante 60 segundos, se añadió agua lentamente y el aditivo; el mezclado continuó hasta que se obtuvo una consistencia pastosa ( $\cong 3^{\circ}$ ). Tras esta etapa, el mezclado fue más rápido ( $285 \pm 10$  rpm) durante otros 30". Después la mezcla se dejó reposar durante 90" y se mezcló de nuevo a una velocidad mayor durante 120". Se añadieron filtros metálicos para el mezclado con la mezcla sólida C4, después del primer ciclo de mezcla.

10 *Caracterización del producto según la invención, comparado con productos según la técnica anterior*

#### *Rendimiento reológico*

15 La tabla XIV siguiente contiene los valores de flujo% [Uni 7044] encontrados en las mezclas indicadas en la tabla XIII.

TABLA XIV

#### *Propiedades reológicas de las mezclas examinadas*

Nº de identificación	Flujo %	Notas
ICO-A	170	Auto-compactante
ICO-N	182	Auto-compactante
IC1-A	130	Tixotrópica
IC1-N	190	Auto-compactante
IC2-A	130	Tixotrópica
IC2-N	>200	Auto-compactante
IC3-A	>200	Tixotrópica
IC4 A	>200	Auto-compactante
A = aditivo de base acrílica N = aditivo de base naftalensulfonato ICO = invención		

45 Para las mezclas ICO-A y ICO1-A, también consideradas las más prometedoras con respecto al desarrollo de resistencia mecánica, la caracterización reológica se extendió al propósito de comprobar los requisitos del hormigón auto-compactante. Los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla XV y la tabla XVI respectivamente.

TABLA XV

#### *Caracterización reológica de la mezcla ICO-A*

Ensayo	Resultado	Notas
Flujo del cono de Abrahms	760 mm	Resultado positivo
Caja L	Llenado completo (100%)	Resultado positivo
Caja U	Al final del ensayo, la diferencia en el nivel entre las dos cámaras fue cero	Resultado positivo
Embudo	$\cong 30''$	Propiedades acentuadas de cohesión/viscosidad

## ES 2 274 126 T3

TABLA XVI

*Caracterización reológica de la mezcla ICO1-A*

ENSAYO	RESULTADO DEL ENSAYO	Valores de referencia (borrador UNI)
FLUJO	$T_{500} = 12''$ $D_{max} = 750 \text{ mm}$	$\leq 12''$ $> 600 \text{ mm}$
Caja en L	$h_2/h_1 = 1$	$h_2/h_1 > 0,80$
Caja en U	$\square h = 0 \text{ mm}$	$\square h \leq 30 \text{ mm}$
Tiempo de fluido	$20''$	$4 - 12''$

Como no hay regulaciones italianas o europeas, los ensayos mostrados arriba se llevaron a cabo según las descripciones dadas en "M. Ouchi, History of Development and Applications of SCC in Japan" - Proceedings of the first international workshop on self-compacting concrete - University of Technology, Kochi, Japan, 1998.

### *Envejecimiento de las piezas de ensayo*

Todas las piezas de ensayo introducidas en moldes metálicos de tamaño 40x40x160 mm se sacaron de los moldes 24 horas después del moldeado y se situaron en agua a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  para el envejecimiento hasta el tiempo pre-establecido. Ha demostrado ser necesario extender el mantenimiento de las piezas de ensayo en el molde durante 48 horas en lugar de solamente 24 horas para las piezas identificadas como IC3 (Ductal®), ya que no muestran signos claros de endurecimiento (el plazo de 48 horas es el único indicado en la patente WO 99/28267 ya citada).

### *Retracción durante la fase plástica*

Los ensayos de retracción durante la fase plástica se llevaron a cabo en varias de las mezclas indicadas en la tabla XIII (ICO-A, ICO1-A y IC3-A).

Se resaltó el comportamiento de la mezcla ICO-A, y también de la mezcla ICO1-A, caracterizadas por una retracción mucho más limitada durante la fase plástica que la encontrada en la mezcla IC3-A de árido de cuarzo y base sílice (ver figura 10).

### *Rendimientos de resistencia*

TABLA XVII

*Valores de resistencia compresiva [MPa] encontrados según EN.196.1 para las mezclas preparadas con un aditivo acrílico*

Mezcla	24 horas	2 días	7 días	28 días
ICO-A	79,45	99,18	122,4	138,37
IC1-A	49,7	61,92	76,71	83,17
IC2-A	51,7	84,76	98,7	108,0
IC3-A	91,5	98,4	125	136,3

Nota. De hecho, el plazo para la mezcla IC3-A deberían ser 2 días más (por ejemplo, el valor del día 1 se tomó realmente 1 día después de la extracción del molde y por consiguiente 3 días después del mezclado)

Al examinar los datos contenidos en las tablas XIV y XVII se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- 1) Al usar el aditivo acrílico, con una relación agua/cemento igual, sólo la mezcla ICO-A permite obtener hormigones auto-compactantes.

## ES 2 274 126 T3

- 2) El desarrollo de resistencia mecánica a lo largo del tiempo para el hormigón de la mezcla ICO-A de la invención es claramente mejor que el de las mezclas de comparación IC1-A, IC2-A e IC3-A. Hay que tener presentes en particular las marcadas diferencias en la resistencia mecánica para las mezclas hechas a partir de las matrices secas C0 y C1, para las que las composiciones químicas y la forma o morfología de los áridos son las mismas.
- 3) Es posible obtener hormigón, sin una adición puzolánica, que tiene una resistencia mecánica cercana a 140 MPa después de 28 días.

TABLA XVIII

*Valores de resistencia compresiva [MPa] encontrados según EN.196.1 para las mezclas preparadas con un aditivo naftalensulfonato*

<b>Mezcla</b>	<b>24 horas</b>	<b>2 días</b>	<b>7 días</b>	<b>28 días</b>
ICO-N	54,6	80,71	98,06	112,92
IC1-N	44,66	60,7	76,36	88,74
IC2-N	32,4	72,52	89,52	101,84

Al examinar los datos contenidos en la tabla XVIII se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- 1) El desarrollo de resistencia mecánica a lo largo del tiempo para el hormigón de la mezcla ICO-N de la invención es claramente mejor que el de las mezclas de comparación IC1-N y IC2-N. Hay que tener presentes en particular las marcadas diferencias en la resistencia mecánica para las mezclas hechas a partir de las matrices secas C0 y C1, para las que las composiciones químicas y la forma o morfología de los áridos son las mismas.
- 2) Es posible obtener hormigón, sin una adición puzolánica, que tiene una resistencia mecánica cercana a 100 MPa después de 28 días.

Es un hecho conocido que la acción de refuerzo llevada a cabo por el sistema de fibras de acero en una matriz cementosa depende, en iguales condiciones, del enlace entre las fibras y la propia matriz.

La adhesión de las fibras a la matriz cementosa se confía normalmente al anclaje mecánico que, como es sabido, depende de la longitud (o más precisamente de la relación longitud/diámetro) de las fibras y su forma. Por esta razón, las fibras de acero tienen normalmente una forma apropiada (gancho, ondulada, estrecha en los extremos, etc.) para asegurar la unión mecánica apropiada. Sin embargo, el uso de fibras modeladas o fibras con relaciones de aspecto elevadas puede conducir a una penalización mayor del rendimiento reológico de las mezclas.

Por esta razón, en el caso específico, se prefieren fibras no modeladas, de 16 mm de largo y con un diámetro de 0,13 mm, de forma que no comprometan el rendimiento reológico de la mezcla.

TABLA XIX

*Valores de resistencia compresiva en MPa encontrados según EN.196.1 para la mezcla IC4-A que contiene fibras*

<b>Mezcla</b>	<b>24 horas</b>	<b>2 días</b>	<b>7 días</b>	<b>28 días</b>
IC4 A	99,1	102,6	141,3	152,0
(fibras presentes como 1% en volumen)				

## ES 2 274 126 T3

TABLA XX

*Valores de resistencia flexural en MPa encontrados según EN.196.1 para la mezcla IC4-A que contiene fibras*

<b>Mezcla</b>	<b>24 horas</b>	<b>2 días</b>	<b>7 días</b>	<b>28 días</b>
IC4-A (fibras presentes como 1% en volumen)	15,7	20,0	23,7	27,4

Como se puede observar, la adición de fibras de acero determina un incremento sustancial en la resistencia mecánica, ya que los valores de resistencia mecánica ya son cercanos a 100 MPa 24 horas después de realizar la mezcla.

TABLA XX

*Valores de resistencia mecánica en MPa encontrados según la correspondiente directiva EN para la mezcla ICO1-A*

<b>TIEMPO [d]</b>	<b>Resistencia compresiva [MPa]</b>	<b>Resistencia flexural [MPa]</b>	<b>Módulo de elasticidad* (dinámica) [MPa]</b>
1	85	10,8	43 491
2	92	15,2	44 900
7	103	18,9	46 000
28	118,5	20,6	48 100
* Módulo de elasticidad según UNI 9771.			

## REIVINDICACIONES

1. Una mezcla sólida para la preparación de hormigón con un resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende cemento, áridos calcáreos y aditivos, y adiciones con posible actividad hidráulica latente en cantidad menor del 5% en peso comparada con el cemento, en que la distribución de tamaño de partícula de la mezcla se muestra en el gráfico del porcentaje acumulado de material que pasa según el tamaño de las partículas en mm, a partir de una curva que corresponde sustancialmente a los valores mostrados en la tabla siguiente:

Diámetro (mm)	Subtamaño %
0,002	5 – 12
0,005	10 – 13
0,01	15 – 20
0,1	30 – 40
0,2	40 – 60
0,4	50 – 75
0,7	60 – 85
1	70 – 90
2	85 – 95

2. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que el cemento es un cemento que cumple con la regulación europea 197 - 1.

3. La mezcla sólida según la reivindicación 1 para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, **caracterizada** por el hecho de que las adiciones con posible actividad hidráulica latente son menos del 2% en peso comparadas con el cemento.

4. La mezcla sólida según la reivindicación 1 para la preparación de hormigón que a lo largo del tiempo tiene el siguiente desarrollo de resistencia mecánica: tras 1 día:  $\geq 50$  MPa; tras 2 días:  $\geq 80$  MPa; tras 28 días:  $\geq 110$  MPa.

5. La mezcla sólida según la reivindicación 3 para la preparación de hormigón que a lo largo del tiempo tiene el siguiente desarrollo de resistencias: tras 1 día:  $\geq 50$  MPa; tras 2 días:  $\geq 80$  MPa; tras 28 días:  $\geq 110$  MPa.

6. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que el cemento es CEM I 52.5 R.

7. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que el cemento es CEM III 52.5 R, con un contenido de escorias del 40% en peso comparado con el clinker.

8. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que el cemento está presente del 25% al 50% en peso comparado con la mezcla sólida total.

9. La mezcla sólida según la reivindicación 8 en la que el cemento está presente del 30% al 35% en peso comparado con la mezcla sólida total.

10. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que los áridos calcáreos son áridos de machaqueo calcáreos con un contenido en  $\text{CaCO}_3$  mayor o igual al 95% en peso comparado con el peso total del árido.

11. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que los áridos calcáreos tienen un  $D_{\text{Max}}$  (diámetro máximo) de 2 mm a 12 mm.

12. La mezcla sólida según la reivindicación 11 en la que los áridos calcáreos tienen un  $D_{\text{Max}}$  (diámetro máximo) de 4 mm a 8 mm.

13. La mezcla sólida según la reivindicación 11 en la que los áridos calcáreos tienen un  $D_{\text{Max}}$  (diámetro máximo) de 8 mm a 12 mm.

## ES 2 274 126 T3

14. La mezcla sólida según la reivindicación 11 en la que los áridos calcáreos tienen un  $D_{Max}$  (diámetro máximo) de 9,5 mm.

15. La mezcla sólida según la reivindicación 1 en la que los aditivos son aditivos acrílicos o naftalensulfonatos.

16. La mezcla sólida según la reivindicación 15 en la que los aditivos acrílicos están presentes del 0,4% al 1,2% en peso comparados con el peso de cemento.

17. La mezcla sólida según la reivindicación 16 en la que los aditivos acrílicos están presentes del 0,5% al 0,8% en peso comparados con el peso de cemento.

18. La mezcla sólida según la reivindicación 15 en la que los aditivos naftalensulfonatos están presentes del 1,9% al 2,5% en peso comparados con el peso de cemento.

19. La mezcla sólida según la reivindicación 1 que comprende además fibras metálicas.

20. Una mezcla cementosa para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la reivindicación 1 **caracterizada** por el hecho de que cualquier adición con actividad hidráulica latente es menor del 5% en peso comparada con el cemento y que tiene una relación agua/cemento de 0,2 a 0,3.

21. La mezcla cementosa según la reivindicación 20 **caracterizada** por el hecho de que la relación agua/cemento va de 0,24 a 0,26.

22. Un hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que cualquier adición con actividad hidráulica latente es menor del 2% en peso comparada con el cemento.

23. Un hormigón según la reivindicación 22 con una resistencia mecánica después de 28 días mayor o igual a 110 MPa, que comprende una mezcla sólida según la reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que cualquier adición con actividad hidráulica latente es menor del 2% en peso comparada con el cemento.

24. Una mezcla sólida para la preparación de hormigón con una resistencia mecánica después de 28 días que es  $\geq 110$  MPa, basada en cemento y áridos principalmente de tipo calcáreo, que contiene una adición con actividad hidráulica latente en cantidades menores del 5% en peso comparada con el cemento, **caracterizada** por el hecho de que la distribución de tamaño de partícula de la mezcla se muestra en el gráfico del porcentaje acumulado de material que pasa según el tamaño de las partículas en mm, a partir de una curva que corresponde sustancialmente a los valores mostrados en la tabla siguiente:

Diámetro (mm)	Subtamaño %
0,002	5 – 12
0,005	10 – 13
0,01	15 – 20
0,1	30 – 40
0,2	40 – 60
0,4	50 – 75
0,7	60 – 85
1	70 – 90
2	85 – 95

25. La mezcla sólida basada en cemento y árido principalmente de tipo calcáreo según la reivindicación 24, en que el árido principalmente de tipo calcáreo es piedra caliza.

FIGURA 1

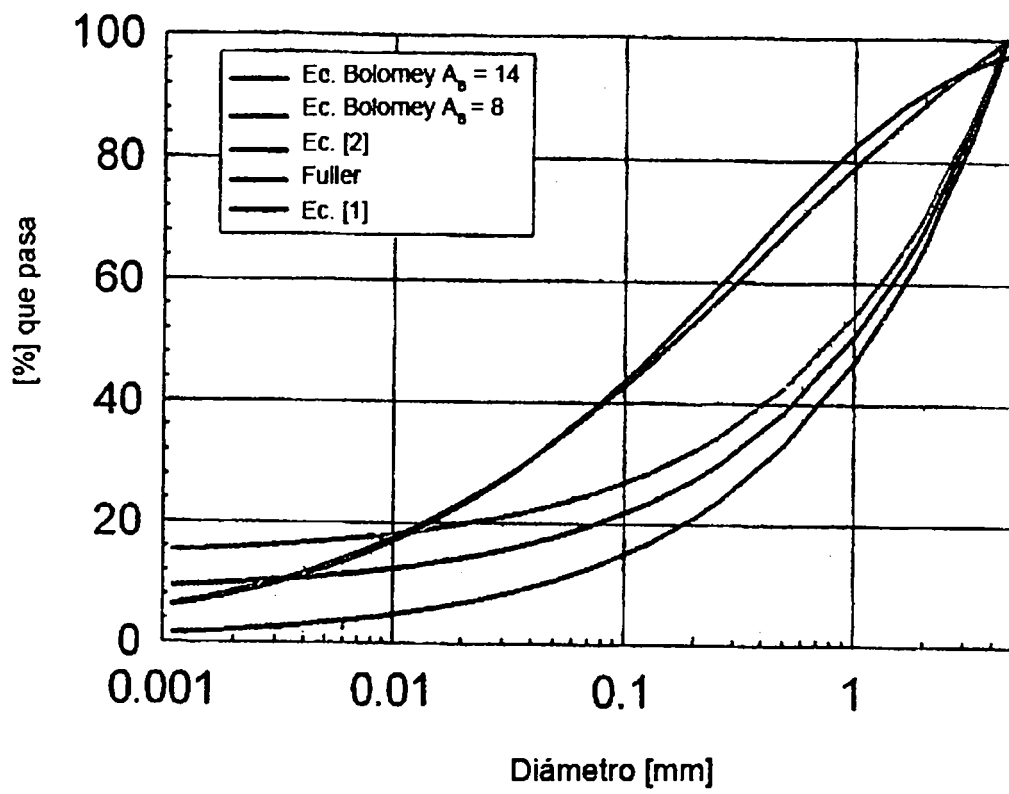


FIGURA 2

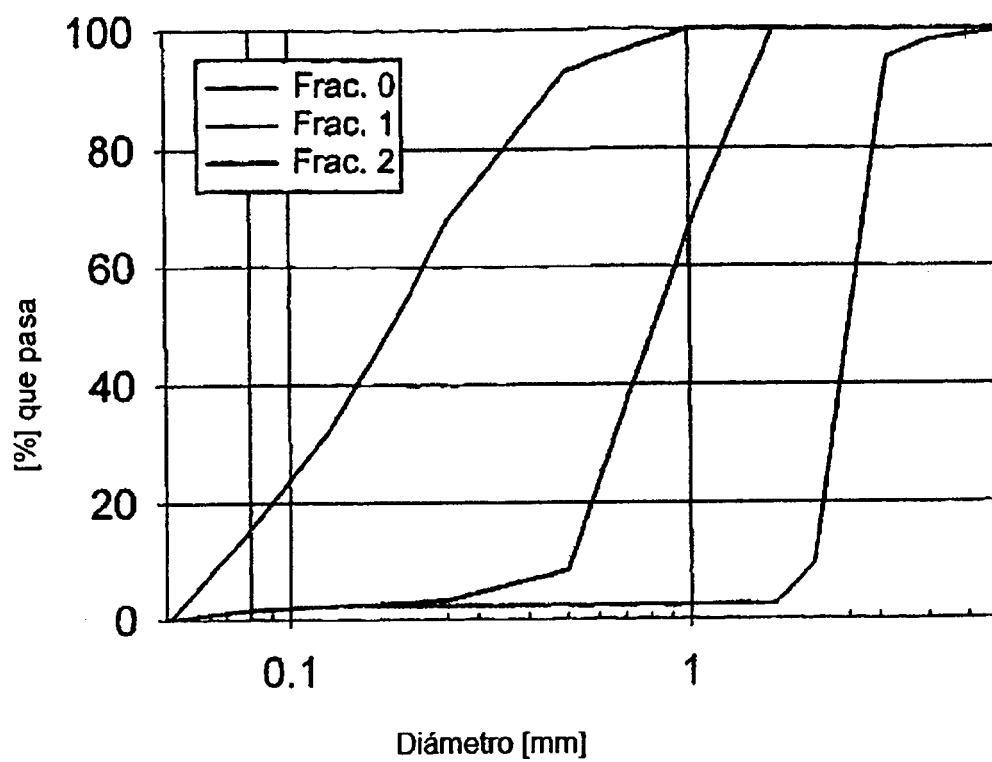


FIGURA 3

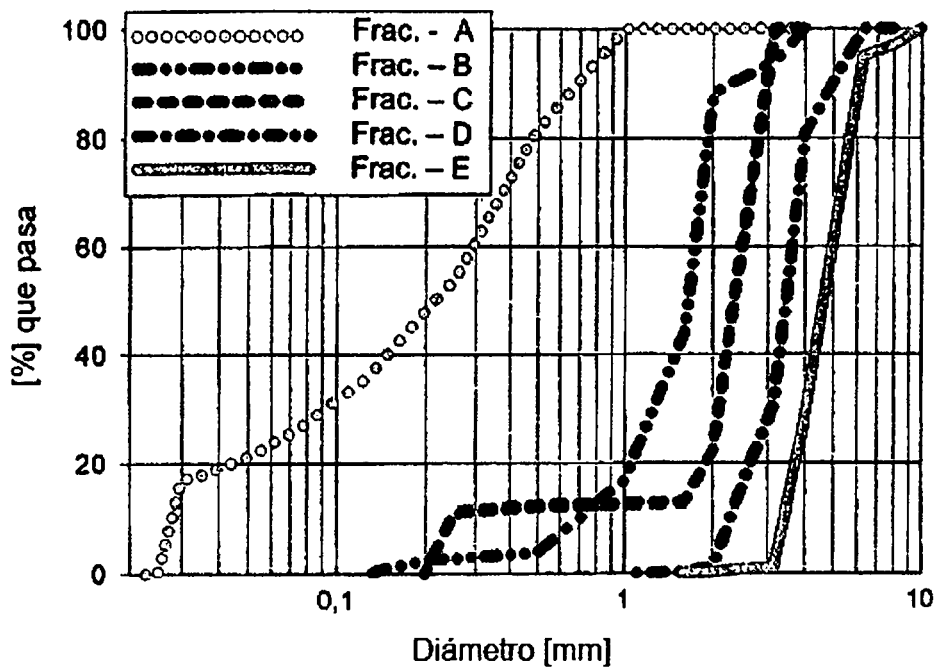


FIGURA 4

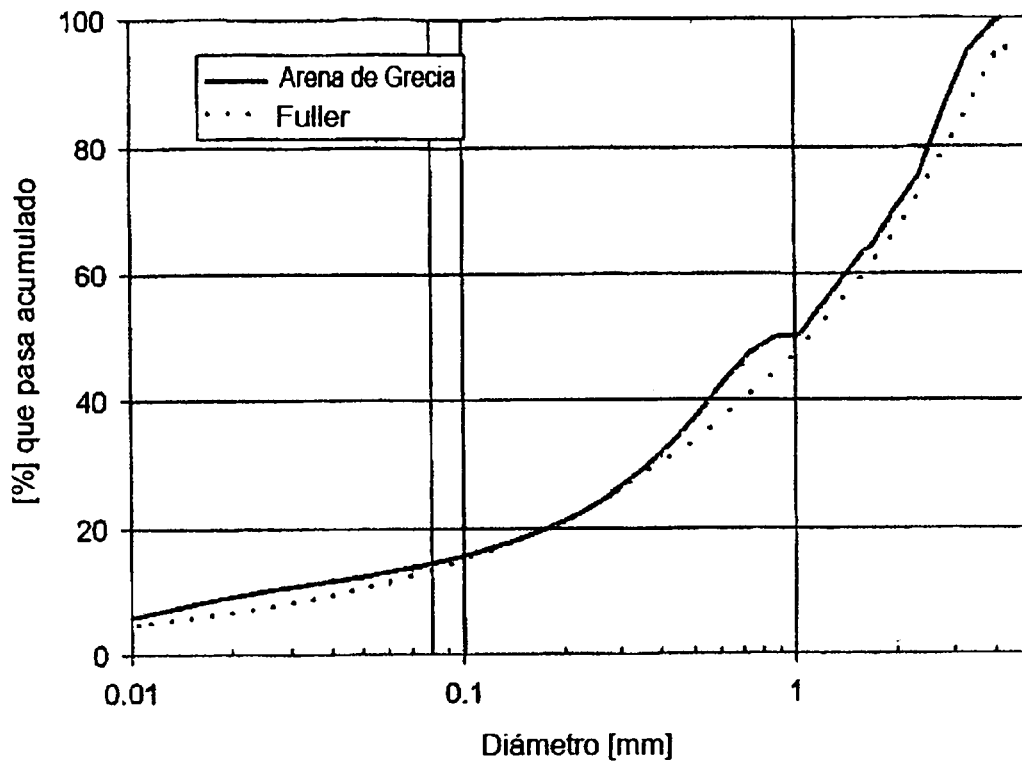


FIGURA 5

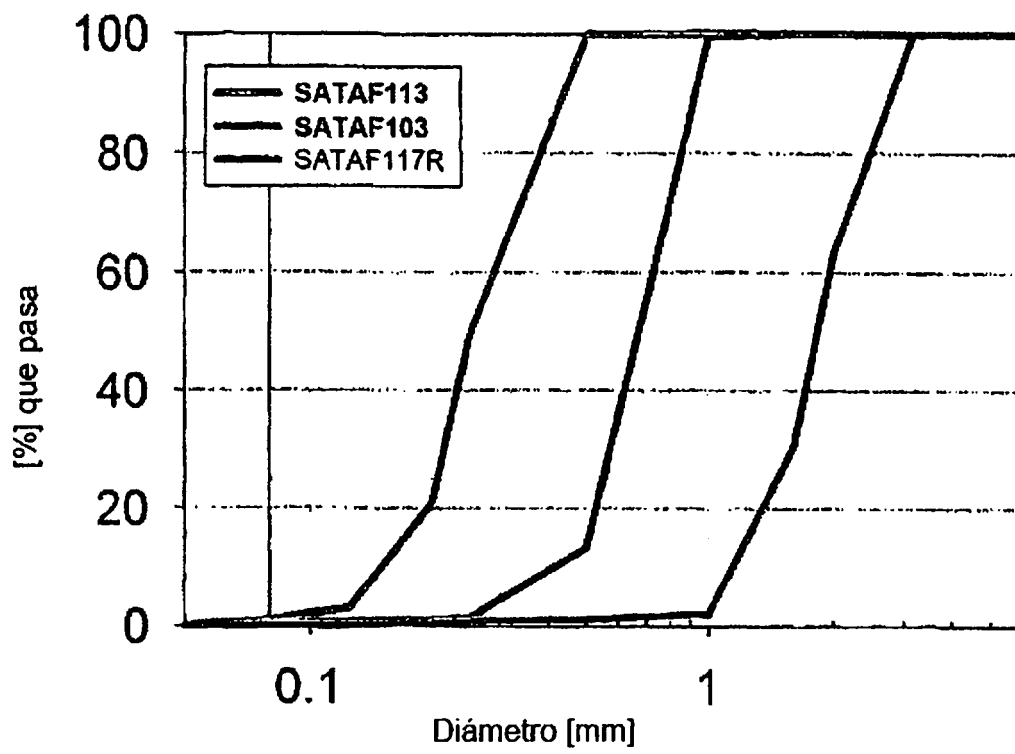


FIGURA 6

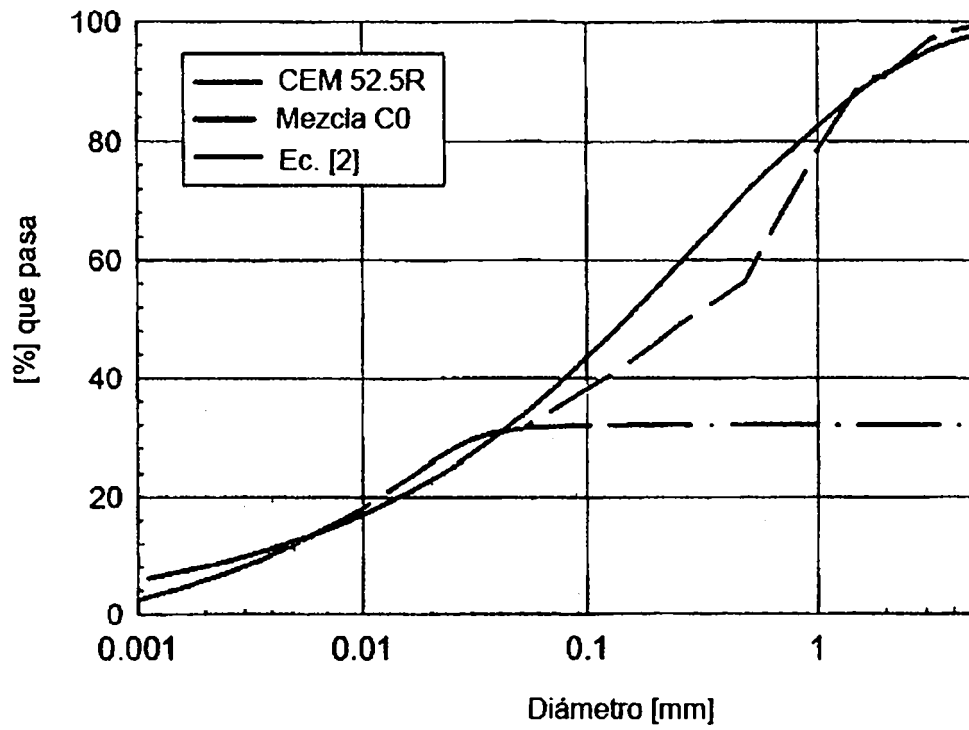


FIGURA 7

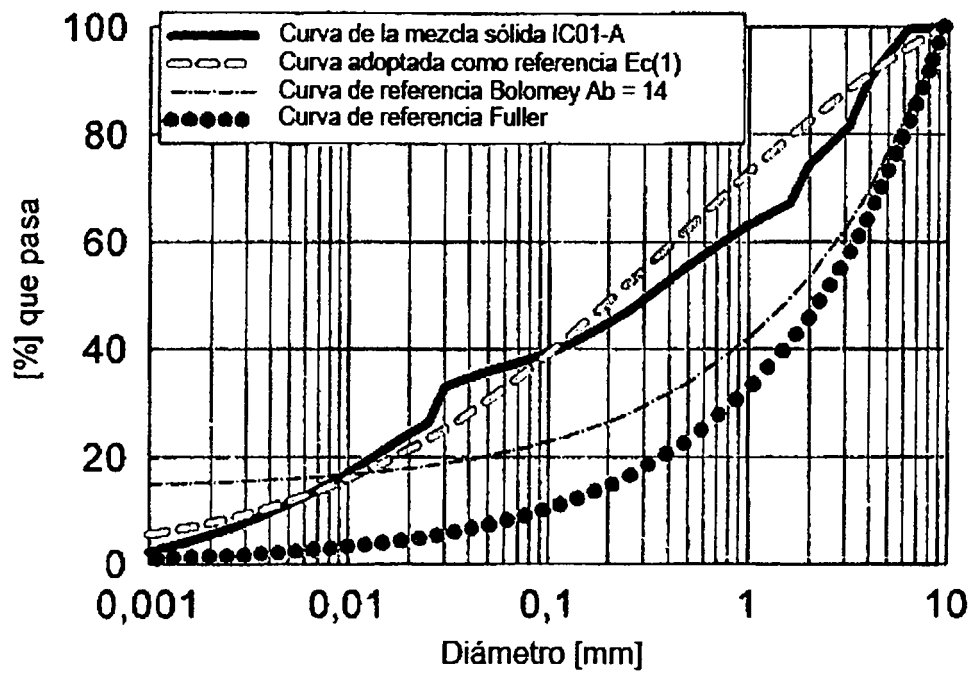


FIGURA 8

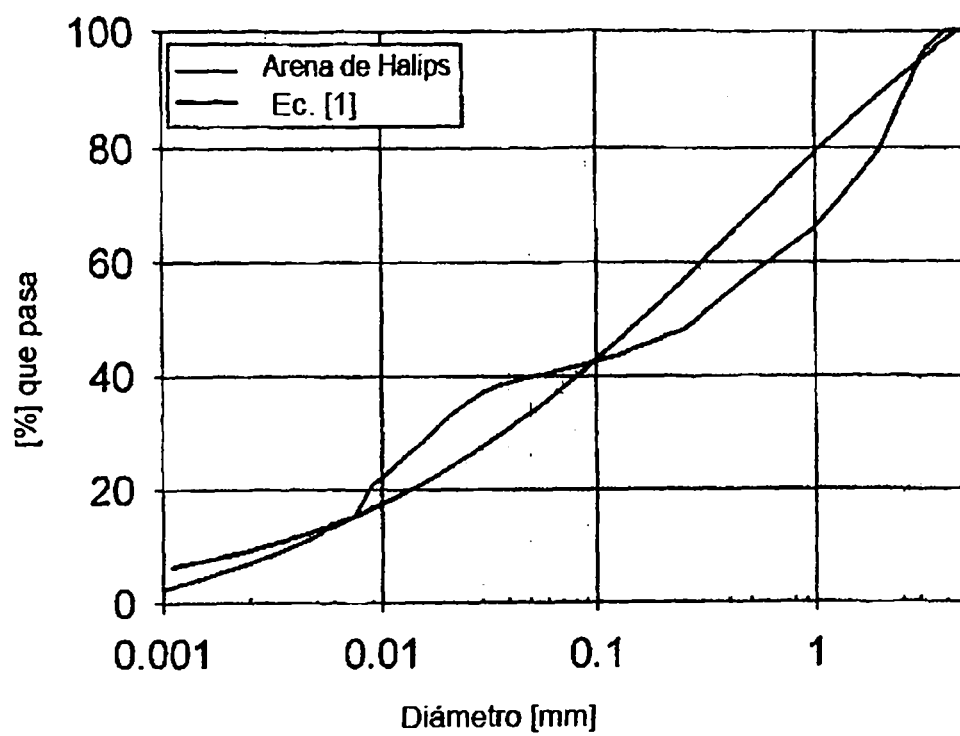


FIGURA 9

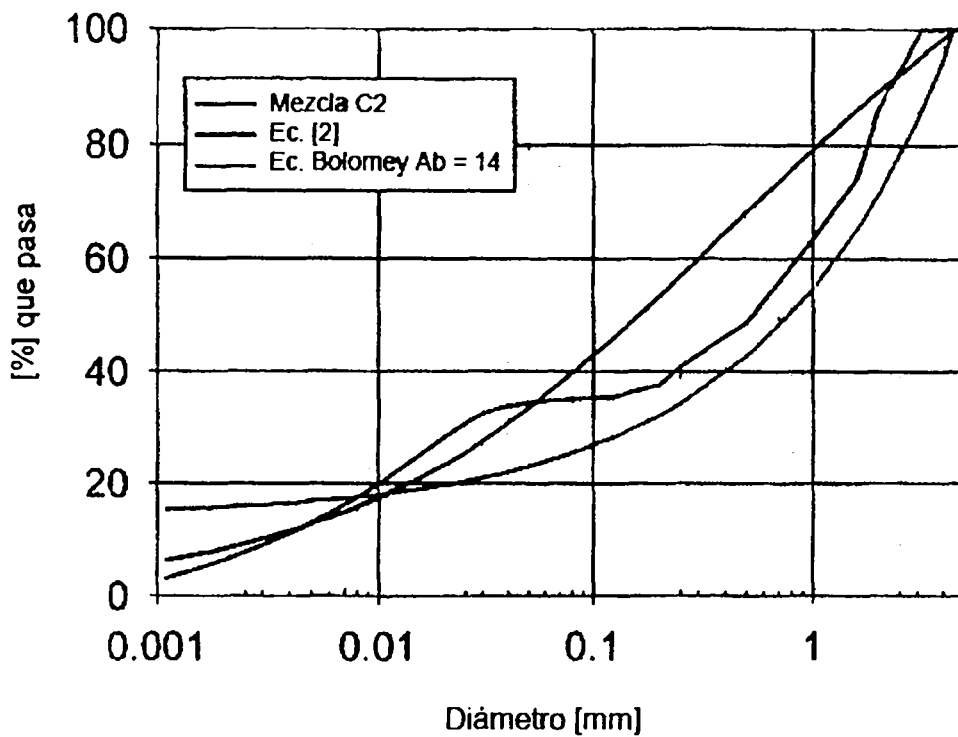


FIGURA 10

