

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 414**

51 Int. Cl.:

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 14/42 (2006.01)

C04B 103/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2008** **PCT/IB2008/003740**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2009** **WO09081277**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008** **E 08863452 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018** **EP 2225186**

54 Título: **Composición de hormigón dúctil de prestaciones ultraaltas**

30 Prioridad:

21.12.2007 EP 07356178

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

11.02.2019

73 Titular/es:

HOLCIM TECHNOLOGY LTD. (100.0%)
Zürcherstrasse 156
8645 Jona, CH

72 Inventor/es:

RIGAUD, STÉPHANE;
FONOLLOSA, PHILIPPE y
CHANVILLARD, GILLES

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 699 414 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

Composición de hormigón dúctil de prestaciones ultraaltas.

La presente invención se refiere a un nuevo hormigón dúctil de ultraaltas prestaciones y al procedimiento para producirlo. El hormigón de ultraaltas prestaciones presenta generalmente una resistencia a la compresión a 28 días superior a 100 MPa y, generalmente, superior a 120 MPa. El documento EP 1 258 465 divulga una mezcla de polvo reactiva para una composición de hormigón que utiliza diferentes tamaños de partículas y fibras de vidrio.

En "Optimization of UHPC for selective stabilization of deep boreholes" de V. Carsten *et al.* publicado en Proceedings of the Internacional Symposium on Ultra High Performance Concrete, Kassel, Alemania, 13-15 de septiembre de 2004, se divulga una composición UHPC que comprende cinco clases de tamaño de partículas y de fibras de vidrio. El hormigón se utiliza ampliamente en la industria de la construcción como un material fuerte que presenta, por ejemplo una considerable resistencia a la compresión. Sin embargo, la investigación continúa para nuevos aditivos de hormigón para modificar y mejorar las propiedades del hormigón para hacerlo adecuado para aplicaciones particulares.

Los aditivos para hormigón incluyen agentes de tenacidad en forma de, por ejemplo, fibras metálicas u orgánicas. La tenacidad puede apreciarse en un incremento en la energía de fractura y/o ductilidad del hormigón endurecido. La ductilidad es una propiedad importante y deseable para una pluralidad de aplicaciones.

Para asegurar el comportamiento dúctil deseable en el hormigón, los parámetros de las fibras y la cantidad de fibras deben seleccionarse cuidadosamente: estos difieren entre las fibras metálicas y orgánicas (se entenderá que las propiedades físico-químicas de las fibras metálicas y orgánicas son fundamentalmente diferentes). Las fibras son generalmente de tamaño predeterminado en términos de longitud (L), diámetro (D) y relación de aspecto (L/D) y deben añadirse en cantidades predeterminadas a fin de asegurar mejoras deseadas en las propiedades.

Las fibras metálicas poseen una ductilidad sustancial y su incorporación al hormigón confiere a los materiales de hormigón así reforzado el comportamiento dúctil que es deseable en ciertas aplicaciones estructurales. Las fibras orgánicas tales como alcohol polivinílico (PVA) se han utilizado también para buscar la ductilidad en el hormigón.

El vidrio y las fibras realizadas a partir del mismo son frágiles. El vidrio difiere fundamentalmente en sus propiedades físico-químicas de metales y de materiales orgánicos. La incorporación de fibras de vidrio frágiles en composiciones de hormigón no supondría mejorar la ductilidad de estas composiciones en ciertas aplicaciones arquitectónicas.

Se ha descubierto que, gracias a una elección adecuada de fibra de vidrio y otros componentes del hormigón y sus cantidades relativas, es posible obtener composiciones de hormigón dúctil. El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar tales composiciones de hormigón.

En consecuencia, la presente invención proporciona un hormigón dúctil de prestaciones ultraaltas que comprende en partes relativas en peso:

100 de cemento Pórtland;

80 a 170 (preferentemente, 100 a 150) de una arena que presenta una clasificación única con un D10 a D90 entre 0,063 y 5 mm,

0 a 70, preferentemente 10 a 60, por ejemplo aproximadamente 50 (puede usarse también 10 a 40) de un material puzolánico en partículas o que contiene carbonato de calcio o una mezcla de los mismos que presenta un tamaño medio de partícula menor que 15 µm;

0,1 a 10 de un superplastificante de reducción de agua;

10 a 30 de agua; y

0,5 a 5% en volumen con relación al volumen de la composición endurecida de fibras de vidrio que presenta una relación de aspecto de 6 a 120, preferentemente 10 a 80, por ejemplo 20 a 40, más preferentemente aproximadamente 20.

Las fibras pueden ser monofilamento o multifilamento (comprendiendo entonces cada fibra individual una pluralidad de filamentos).

Las fibras de vidrio se forman generalmente atenuando corrientes de vidrio fundido procedentes de un manguito

u orificio. Una composición de encolado acuosa o tratamiento químico puede aplicarse a las fibras.

Las composiciones de encolado acuosas pueden comprender un lubricante, un agente de acoplamiento y una resina aglomerante de formación de película: las fibras tratadas se calientan generalmente para retirar agua y curar la composición de encolado sobre la superficie de las fibras.

El tratamiento químico puede efectuarse utilizando una composición que comprende un agente de acoplamiento de silano y un agente de formación de película.

El término "encolado" como se utiliza en la presente memoria comprende unas composiciones de encolado acuosas y tratamiento químico.

Los agentes de acoplamiento de silano incluyen aminosilanos, ésteres de silano, vinilsilanos, metacriloxisilanos, epoxisilanos, silanos de azufre, ureidosilanos, isocianatosilanos y mezclas de los mismos.

Los agentes de formación de película incluyen formadores de película de poliuretano en bloques, formadores de película de poliuretano termoplástico, formadores de película de resina epoxi, poliolefinas, poliolefinas modificadas, poliolefinas funcionalizadas, acetato de polivinilo, poliácridatos, formadores de película de resina de poliéster saturados, formadores de película de resina de poliéster no saturados, formadores de película de poliéter y mezclas de los mismos. El vidrio en las fibras es generalmente resistente a los álcalis. Las fibras están dimensionadas preferentemente para promover la resistencia a la abrasión y/o la integridad del firmamento durante la mezcla de hormigón. El encolado se prefiere en fibras multifilamento para evitar o reducir la separación de los filamentos durante el mezclado.

El porcentaje en volumen de fibras de vidrio en el hormigón es preferentemente superior a aproximadamente 1% en volumen, por ejemplo 2 a 5%, preferentemente de aproximadamente 2 a 3%; un valor preferido es de aproximadamente 2%.

El diámetro de filamentos individuales en fibras multifilamentarias es generalmente inferior a aproximadamente 30 µm. El número de filamentos individuales en cada fibra individual es generalmente de 50 a 200, preferentemente aproximadamente 100. El diámetro del material compuesto de la fibra multifilamentaria es generalmente de 0,1 a 0,5 mm, preferentemente de aproximadamente 0,3 mm; en general, son aproximadamente circulares en sección transversal.

El vidrio presenta generalmente un módulo de Young superior o igual a 60 GPa, preferentemente 70 a 80 GPa, por ejemplo 72 a 75 GPa, más preferentemente de aproximadamente 72 GPa.

La longitud de las fibras de vidrio es mayor generalmente que el tamaño de partícula del agregado (o arena). La longitud de fibra es preferentemente por lo menos tres veces mayor que el tamaño de partícula. Puede utilizarse una mezcla de longitudes. La longitud de las fibras de vidrio es generalmente de 3 a 20, por ejemplo de 4 a 20 mm, preferentemente de 4 a 12 mm, por ejemplo de aproximadamente 6 mm.

La resistencia a la tracción de la fibra de vidrio multifilamento es generalmente de aproximadamente 1700 MPa o más.

La dosis de saturación de fibras de vidrio (S_f) en la composición se expresa por la fórmula:

$$S_f = V_f \times L/D$$

en donde V_f es el volumen real de las fibras. En las composiciones dúctiles de la invención, S_f es generalmente 0,5 a 5, preferentemente 0,5 a 3. Para obtener una buena fluidez de la mezcla de hormigón fresco, S_f es generalmente de hasta aproximadamente 2. El volumen real puede calcularse a partir del peso y la densidad de las fibras de vidrio.

La superficie de las fibras de vidrio en el hormigón según la invención es preferentemente hidrófila en cuyo caso el pegado es generalmente más fuerte. Cuando la superficie es hidrófoba, el contenido de fibra de vidrio se eleva preferentemente hasta 2 a 5%, más preferentemente hasta 3 a 4%.

La arena es generalmente una arena de sílice o de caliza, una bauxita calcinada o un residuo metalúrgico en partículas; la arena fina puede comprender también un material mineral denso duro molido, por ejemplo una escoria vitrificada molida.

El hormigón según la invención es preferentemente un hormigón autocolocable. Presenta preferentemente un tiempo de fraguado Vicat de 2 a 18 horas, por ejemplo de 4 a 14 horas.

Los UHPC exhiben generalmente mayor contracción en el fraguado debido a su mayor contenido de cemento. La

contracción total puede reducirse por la inclusión, generalmente de 2 a 8, preferentemente de 3 a 5, por ejemplo de aproximadamente 4 partes, de cal viva, lima calcinada u óxido de calcio, en la mezcla antes de la adición de agua.

- 5 Los materiales puzolánicos adecuados incluyen sílice pirolítica, conocida también como microsilice, que es un subproducto en la producción de aleaciones de silicio o de ferrosilicio. Se conoce como material puzolánico reactivo.

- 10 Su componente principal es dióxido de silicio amorfo. Las partículas individuales presentan en general un diámetro de aproximadamente 5 a 10 nm. Las partículas individuales se aglomeran para formar aglomerados de 0,1 a 1 μm y a continuación pueden agregarse conjuntamente en agregados de 20 a 30 μm . La sílice pirolítica presenta generalmente un área de superficie BET de 10-30 m^2/g .

- 15 Otros materiales puzolánicos incluyen materiales ricos en aluminosilicato tales como metacaolina y puzolanos naturales con orígenes volcánicos, sedimentarios o diagénicos. El material que contiene carbonato de calcio (por ejemplo, carbonato de calcio molido o precipitado) es preferentemente un carbonato de calcio molido. El carbonato de calcio molido puede ser, por ejemplo, Durcal[®] 1 (OMYA, Francia).

- 20 El área de superficie BET preferida (determinada por procedimientos conocidos) de carbonato de calcio molido o cuarzo es de 2 - 10 m^2/g , generalmente menor que 8 m^2/g , por ejemplo 4 a 7 m^2/g , preferentemente menor que 6 m^2/g .

- 25 El carbonato de calcio precipitado es también un material que contiene carbonato de calcio adecuado. Las partículas individuales (primarias) tienen generalmente un tamaño de partícula de aproximadamente 20 nm. Las partículas individuales se aglomeran en racimos que presentan un tamaño de partícula (secundaria) de aproximadamente 0,1 a 1 μm . Los propios racimos forman aglomerados que presentan un tamaño de partícula (terciaria) mayor que 1 μm .

- 30 Puede usarse carbonato de calcio molido o carbonato de calcio precipitado o una mezcla de los mismos.

- Puede utilizarse también una mezcla de materiales puzolánicos o una mezcla de materiales puzolánicos y que contienen carbonato de calcio. El hormigón según la invención puede utilizarse en asociación con elementos de tenacidad, por ejemplo fibras metálicas y/u orgánicas y/u otros elementos de tenacidad descritos a continuación.

- 35 Las composiciones de la invención pueden comprender fibras metálicas y/u orgánicas. La cantidad en volumen de fibras es generalmente de 0,5 a 8% con relación al volumen del hormigón endurecido. La cantidad de fibras metálicas, expresada en términos del volumen del hormigón endurecido final, es generalmente menor que 4%, por ejemplo de 0,5 a 3,5%, preferentemente de aproximadamente 2%. La cantidad de fibras orgánicas, expresada sobre la misma base, es generalmente de 1 a 8%, preferentemente de 2 a 5%. Las fibras metálicas se seleccionan generalmente de entre fibras de acero, tales como fibras de acero de alta resistencia, fibras de acero amorfas o fibras de acero inoxidable. Opcionalmente, las fibras de acero pueden revestirse con un metal no férreo tal como cobre, cinc, níquel (o sus aleaciones).

- 40 La longitud individual (1) de las fibras metálicas es generalmente de por lo menos 2 mm y es preferentemente de 10-30 mm. La relación l/d (siendo d el diámetro de las fibras) es generalmente de 10 a 300, preferentemente 30 a 300 y, más preferentemente, 30 a 100.

- 50 Pueden usarse fibras que presenten una geometría variable: pueden estar rizadas, corrugadas o formando ganchos en los extremos. La rugosidad de las fibras puede modificarse también y/o pueden utilizarse fibras de sección transversal variable; las fibras pueden obtenerse por cualquier técnica adecuada, incluyendo trenzado o cableado de diversos cables metálicos para formar un conjunto retorcido.

- 55 El pegado de las fibras metálicas en la matriz cementosa puede promoverse tratando la superficie de las fibras. Este tratamiento de fibra puede llevarse a cabo por uno o más de los siguientes procedimientos: grabado químico de fibra; o deposición de un compuesto mineral sobre las fibras, especialmente depositando sílice o un fosfato de metal.

- 60 El grabado químico puede llevarse a cabo, por ejemplo, poniendo en contacto las fibras con un ácido, seguido por neutralización.

- La sílice puede depositarse poniendo en contacto las fibras con un compuesto de silicio, tal como un silano, un silicato o un sol de sílice. Debe apreciarse que la sílice o el fosfato está confinada/o entonces sustancialmente a la superficie de las fibras metálicas en la matriz de hormigón y no está dispersa/o uniformemente en la matriz.

- 65 Los tratamientos de fosfatización se conocen y se describen, por ejemplo, en el artículo de G. LORIN titulado "The Phosphatizing of Metals" (1973), Pub. Eyrless.

En general, un fosfato de metal se deposita utilizando un procedimiento de fosfatización que comprende introducir fibras metálicas predecapadas en una solución acuosa que comprende un fosfato de metal, preferentemente fosfato de manganeso o fosfato de cinc, y a continuación filtrar la solución para recubrir las fibras: las fibras se enjuagan a continuación, se neutralizan y se enjuagan de nuevo. A diferencia del proceso de fosfatización usual, las fibras obtenidas no tienen que someterse a un acabado de tipo grasa; sin embargo, pueden impregnarse opcionalmente con un aditivo a fin de proporcionar protección anticorrosión o hacer más fácil para ellas que sean procesadas con un medio cementoso. El tratamiento de fosfatización puede llevarse a cabo también revistiendo o pulverizando una solución de fosfato de metal sobre las fibras.

Las fibras orgánicas incluyen fibras de alcohol polivinílico (PVA), fibras de poliacrilonitrilo (PAN), fibras de polietileno (PE), fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), fibras de polipropileno (PP), homopolímeros o copolímeros, fibras de poliamida o poliimida. Pueden utilizarse también mezclas de estas fibras. Las fibras orgánicas de refuerzo utilizadas en la invención pueden clasificarse como: fibras reactivas de módulo alto, fibras no reactivas de módulo bajo y fibras reactivas. La presencia de fibras orgánicas hace posible modificar el comportamiento del hormigón frente a calor o fuego.

La fusión de fibras orgánicas hace posible que se desarrollen trayectorias a través de las cuales puede escapar vapor o agua a presión cuando el hormigón está expuesto a altas temperaturas.

Las fibras orgánicas pueden estar presentes como una monohebra o multihebra; el diámetro de la monohebra o multihebra es preferentemente de 10 μm a 800 μm . Las fibras orgánicas pueden utilizarse también en forma de estructuras tejidas o no tejidas o de una hebra híbrida que comprende un filamento diferente.

La longitud individual de las fibras orgánicas es preferentemente de 5 mm a 40 mm, preferentemente de 6 a 12 mm; las fibras orgánicas son preferentemente fibras PVA.

La cantidad óptima de fibras orgánicas utilizadas depende generalmente de la geometría de fibra, su naturaleza química y sus propiedades mecánicas intrínsecas (por ejemplo, módulo elástico, umbral de flujo, resistencia mecánica).

La relación l/d , siendo d el diámetro de fibra y l la longitud, es generalmente de 10 a 300, preferentemente de 30 a 90.

Pueden usarse también fibras híbridas binarias que comprenden vidrio y fibras (a) metálicas o (b) orgánicas y fibras híbridas ternarias que comprenden vidrio, fibras metálicas y fibras orgánicas. Una mezcla de vidrio y fibras orgánicas y/o metálicas puede usarse también: se obtiene así un compuesto "híbrido" cuyo comportamiento mecánico puede adaptarse dependiendo de las prestaciones requeridas. Las composiciones comprenden preferentemente fibras de alcohol polivinílico (PVA). Las fibras PVA tienen generalmente una longitud de 6 a 12 mm. Presentan generalmente un diámetro de 0,1 a 0,3 mm.

El uso de mezclas de fibras que presentan diferentes propiedades y longitudes permite la modificación de las propiedades del hormigón que las contiene.

El cemento en el hormigón de la invención es preferentemente un cemento blanco. Los cementos adecuados son cementos Pórtland libres de sílice pirolítica descritos en Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Los cementos Pórtland incluyen escoria; puzolana; ceniza volante; esquistos calcinados; piedra caliza; y cementos compuestos. Un cemento preferido para su utilización en la invención es CEM 1 (generalmente, PMS).

La relación de peso agua/cemento de la composición según la invención puede variar si se utilizan sustitutos de cemento, más particularmente materiales puzolánicos. La relación agua/aglomerante se define como la relación de peso de la cantidad de agua E al peso añadido del cemento y cualesquiera puzolanas: es generalmente de aproximadamente 15 a 30%, preferentemente de 20% a 25%. La relación agua/aglomerante puede ajustarse utilizando, por ejemplo, agentes reductores de agua y/o superplastificantes.

En Concrete Admixtures Handbook, Properties Science and Technology, V.S. Ramachandran, Noyes Publications, 1984:

Se define un reductor de agua como un aditivo que reduce la cantidad de agua de mezcla de hormigón para una trabajabilidad dada en típicamente 10-15%. Los reductores de agua incluyen, por ejemplo, lignosulfonatos, ácidos hidroxicarboxílicos, carbohidratos y otros compuestos orgánicos especializados, por ejemplo, glicerol, alcohol polivinílico, aluminio-metil-siliconato de sodio, ácido sulfanílico y caseína.

Los superplastificantes pertenecen a una nueva clase de reductores de agua químicamente diferentes de los reductores de agua normales y aptos para reducir el contenido de agua en aproximadamente 30%. Los superplastificantes se han clasificado ampliamente en cuatro grupos: condensado de sulfonato de naftaleno-

formaldehído (SNF) (generalmente una sal de sodio); o condensado de melanina-formaldehído sulfonato (SMF); lignosulfonatos modificados (MLS); y otros. Los superplastificantes más recientes incluyen compuestos policarboxílicos tales como poliacrilatos. El superplastificante es preferentemente un superplastificante de nueva generación, por ejemplo un copolímero que contiene polietilenglicol como cadena de injerto y funciones carboxílicas en la cadena principal, tal como un éter policarboxílico.

Pueden utilizarse también policarboxilato-polisulfonatos de sodio y poliacrilatos de sodio.

La cantidad de superplastificante requerida depende generalmente de la reactividad del cemento. Cuanto menor sea la reactividad, menor es la cantidad de superplastificante requerida. Para reducir el contenido total de álcali, el superplastificante puede utilizarse como una sal de calcio en vez de una sal de sodio.

Pueden añadirse otros aditivos a la composición según la invención, por ejemplo un agente desespumante (por ejemplo, polidimetilsiloxano). Estos incluyen también siliconas en forma de una solución, un sólido o, preferentemente, en forma de una resina, un aceite o una emulsión, preferentemente en agua. Las siliconas que comprenden restos ($\text{RSiO}_{0,5}$) y (R_2SiO) son más particularmente adecuadas.

En estas fórmulas, los radicales R, que pueden ser los mismos o diferentes, son preferentemente hidrógeno o un grupo alquilo de 1 a 8 átomos de carbono, prefiriéndose el grupo metilo.

El número de restos es preferentemente de 30 a 120.

La cantidad de tal agente en la composición es generalmente a lo sumo de 5 partes en peso con relación al cemento.

Las composiciones de la invención pueden incluir también agentes hidrófobos para incrementar la repelencia al agua y reducir la absorción y penetración del agua en estructuras macizas que comprenden composiciones de la invención. Tales agentes incluyen silanos, siloxanos, siliconas y siliconatos; los productos comercializados incluyen líquidos diluibles en agua y diluibles en disolventes y productos sólidos, por ejemplo granulares.

Las composiciones de la invención pueden incluir también agentes antiflorescencia (para controlar la eflorescencia primaria y/o secundaria). Tales agentes incluyen formulaciones que comprenden un componente ácido repelente al agua tal como una mezcla de ácido graso líquido (por ejemplo, ácido graso de aceite de pulpa de madera que puede contener un ácido graso insoluble en agua, ácido de colofonia o mezclas de los mismos) para la eflorescencia primaria, y mezclas acuosas que comprenden dispersión de estearato de calcio (CSD) para la eflorescencia secundaria. Los agentes antiflorescencia para controlar la eflorescencia primaria y secundaria incluyen composiciones que comprenden un componente ácido repelente al agua, generalmente seleccionado de entre ácidos grasos, ácidos de colofonia y mezclas de los mismos y una dispersión de estearato de calcio acuosa. El término dispersión de estearato de calcio se refiere en general a una dispersión de estearato de calcio, palmitato de calcio, miristato de calcio o combinaciones de los mismos. Los silicatos, por ejemplo silicatos de álcali, pueden incluirse también en las composiciones de la invención para combatir la eflorescencia. Pueden utilizarse productos similares como tratamientos de superficie en composiciones endurecidas de la invención.

El hormigón puede prepararse por procedimientos conocidos, incluyendo mezclar los componentes sólidos y agua, conformar (moldear, fundir, inyectar, bombear, extrudir, calandrar) y seguidamente endurecer.

Pueden exhibir también una resistencia a la compresión R_c de por lo menos 100 MPa.

A fin de preparar el hormigón según la invención, los constituyentes y las fibras de refuerzo se mezclan con agua. Puede adoptarse, por ejemplo, el siguiente orden de mezclado: mezclar los constituyentes pulverulentos de la matriz; introducir el agua y una fracción, por ejemplo la mitad, de las mezclas; mezclar; introducir la fracción restante de las mezclas; mezclar; introducir las fibras de refuerzo y los constituyentes adicionales; mezclar.

El hormigón puede someterse a un curado térmico para mejorar sus propiedades mecánicas. El curado se realiza generalmente a una temperatura a partir de la temperatura ambiente (por ejemplo, 20°C a 90°C), preferentemente de 60°C a 90°C. La temperatura de curado deberá ser menor que el punto de ebullición del agua a la presión ambiente. La temperatura de curado es generalmente menor que 100°C. El tratamiento en autoclave en el cual se realiza el curado a presiones elevadas permite que se utilicen temperaturas de curado más altas.

El tiempo de curado puede ser, por ejemplo, de 6 horas a 4 días, preferentemente de aproximadamente 2 días. El curado se inicia después del fraguado, generalmente por lo menos un día después de que el fraguado haya comenzado y, preferentemente, en hormigón que tiene un tiempo de 1 día hasta aproximadamente 7 días a 20°C.

El curado puede realizarse en condiciones secas o húmedas o en ciclos que alternan ambos entornos, por

ejemplo, un curado de 24 horas en un entorno húmedo seguido de un curado de 24 horas en un entorno seco.

Los medios de refuerzo utilizados en asociación con el hormigón según la invención incluyen también pretensado, por ejemplo, por alambres pegados o por tendones pegados, o postensado, por tendones únicos no pegados o por cables o por fundas o barras, comprendiendo el cable un conjunto de alambres o comprendiendo tendones.

El hormigón según la invención se utilizará generalmente en “elementos delgados”, por ejemplo los que presenten una relación de longitud a espesor de más de aproximadamente 10, generalmente con un espesor de 10 a 30 mm en, por ejemplo, elementos de revestimiento.

Al mezclar los componentes del hormigón según la invención, los materiales en partículas distintos del cemento pueden introducirse como polvos secos premezclados o suspensiones acuosas diluidas o concentradas.

A menos que se especifique de otra manera, en la presente memoria que incluye las reivindicaciones adjuntas:

el término “dúctil” como se utiliza en relación con la invención se refiere al comportamiento en modo flexión (no en modo tracción) de una placa de hormigón cuyas dimensiones son de acuerdo con la definición de un “elemento delgado”, por ejemplo con una relación de longitud a espesor de más de alrededor de 10, por ejemplo con un espesor máximo de 40 mm. Existe ductilidad cuando la carga máxima o la resistencia máxima es mayor que el límite elástico para una deflexión dada (o apertura de grieta). Cuanto mayor es la deflexión o apertura de grieta a la que tiene lugar la carga máxima, mayor es la ductilidad. Este comportamiento se conoce en la literatura como “endurecimiento de deflexión”.

El comportamiento dúctil del hormigón de la invención se determina por una prueba de flexión de cuatro puntos sobre placas de hormigón (dimensiones 450x145x20 mm) utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick). La medición se realiza sobre la base de una deformación constante con tiempo (no un incremento constante de carga con tiempo). La tasa de deformación (0,1 mm/min) se regula utilizando un sensor LVDT fijado a la placa de hormigón. El sensor graba también la deflexión de la placa.

La geometría del aparato de prueba se representa en la figura 1 de los dibujos adjuntos en los que las dimensiones son como se expone a continuación:

L (longitud entre soportes):	420 mm
L_T (longitud de placa):	450 mm
E (espesor de placa):	20 mm
a (distancia entre los dos puntos en los que se aplica la carga F:	140 mm
anchura de placa (no representada):	145 mm

El diámetro de los cilindros que soportan la placa y el diámetro de los cilindros que aplican la carga es de aproximadamente 10 mm.

El término “módulo” como se utiliza en esta memoria incluyendo las reivindicaciones que se acompañan, se refiere al módulo de Young (módulo de elasticidad).

Los valores de resistencia a la compresión se miden después del curado en húmedo durante 28 días a 20°C, sobre una muestra de prueba cilíndrica que presenta un diámetro de 7 cm y una altura de 14 cm (el hormigón según la invención presenta generalmente una resistencia a la compresión superior a aproximadamente 100 MPa);

los porcentajes, a menos que se especifique de otra manera, son en peso (los porcentajes de fibras de vidrio son en volumen con relación al volumen de la composición endurecida);

las áreas de superficie de los materiales se miden por el procedimiento BET que utiliza un aparato Beckman Coulter SA 3100 con nitrógeno como gas adsorbido;

los valores de asentamiento (dinámicos, con choques - normalmente 20 - a intervalos de aproximadamente 1 segundo, o estáticos, sin golpes) se miden en una mesa de choque circular (diámetro 300 mm, espesor 5,9 mm, peso de aproximadamente 4,1 kg) con una caída de aproximadamente 12 mm. Las muestras de prueba (500 ml) se preparan utilizando un molde cónico aplanado, altura 50 mm, diámetro superior 70 mm, diámetro inferior 100 mm; los valores estáticos (antes o sin choques) se miden después de que la muestra ha dejado de moverse después del desmoldeo.

Se miden tamaños medios de partícula y las distribuciones de partículas, por ejemplo el carbonato no puzolánico en partículas, por ejemplo carbonato de calcio, por una granulometría de láser utilizando un Malvern Mastersizer 2000.

La invención se ilustra por los siguientes ejemplos no limitativos. En los ejemplos, los materiales utilizados están disponibles por los siguientes proveedores:

- 5 (1) Cemento blanco: Lafarge France Le Teil cement
- (2) Cemento gris (HTS): Lafarge France Le Teil cement
- (3) Relleno de caliza Durcal 1: OMYA, France Durcal 1 tiene un valor BET de aproximadamente 5 m²/g
- (4) Arena Be01: Sifraco, Francia
- (5) Superplastificante F2: Chryso, Francia
- 10 (6) Relleno silíceo C400: Sifraco, Francia C400 tiene un valor BET de 1.61 m²/g.
- (7) Mezcla F2: Chryso, Francia
- (8) Fibras PVA (longitud 12 mm, diámetro 0.2 mm): Kuraray, Japón
- (9) Fibras de vidrio: OCV Reinforcement
- (10) Sílice pirolítica blanca MST: SEPR, Francia
- 15 (11) Sílice pirolítica gris 980NS: SEPR, Francia

Las fibras de vidrio comprenden aproximadamente 100 monofilamentos de 14 µm de diámetro en una fibra dimensionada de diámetro total de alrededor de 0,3 mm. El tamaño es resistente al proceso de mezclado para evitar la separación de los monofilamentos. Las fibras de vidrio utilizadas en los siguientes ejemplos tienen las siguientes propiedades:

Longitud (mm):	6
Diámetro (mm):	0,3
Peso específico:	2,6
25 E (GPa):	72
Rt (Mpa):	1700

Ejemplo 1 (no según la invención)

30 La composición de una matriz de hormigón blanco era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento blanco	686	1
Relleno (Durcal 1)	239	0,35
Relleno (C400)	165	0,24
Arena (BE 01)	981	1,43
Adyuvante (F2) (volumen %)	32	0,046(3%)
Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	(a) 2,5% de fibras de vidrio de 6 mm (b) 2% de fibras de vidrio de 6 mm y 0,7% de fibras PVA	
W/C		0,28
Aparato de mezclado	Rayneri	

La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 2 y 3 que demuestran el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón.

Ejemplo 2 (no según la invención)

45 La composición de una matriz de hormigón blanco era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento blanco	688	1
Sílice pirolítica (MST)	209	0,3
Relleno (C400)	167	0,24
Arena (BE 01)	997	1,43
Adyuvante (F2) (volumen %)	32	0,046(3%)

Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	2,42% de fibras de vidrio de 6 mm	
W/C		0,28
Aparato de mezclado		Rayneri

La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 4 que demuestra el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón.

Ejemplo 3

La composición de una matriz de hormigón gris era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento gris	772	1
Relleno (Durcal 1)	386	0,5
Arena (BE 01)	1057	1,37
Adyuvante (F2) (volumen %)	26,2	0,034 (2,4%)
Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	2,25% de fibras de vidrio de 6 mm	
W/C		0,24
Aparato de mezclado	Rayneri	

La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 5 que demuestra el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón según la invención.

Ejemplo 4

La composición de una matriz de hormigón blanco era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento blanco	745	1
Relleno (Durcal 1)	373	0,5
Arena (BE 01)	1066	1,43
Adyuvante (F2) (volumen %)	32,6	0,044 (3%)
Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	2,25% de fibras de vidrio de 6 mm	
W/C		0,26
Aparato de mezclado	Rayneri	

La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 6 que demuestra el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón según la invención.

Ejemplo 5

La composición de una matriz de hormigón blanco era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento blanco	754	1
Relleno (Durcal 1)	256	0,34
Sílice pirolítica (MST)	98	0,13
Arena (BE 01)	1078	1,43
Adyuvante (F2) (volumen %)	27,1	0,036 (2,5%)
Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	2,25% de fibras de vidrio de 6 mm	
W/C		0,26
Aparato de mezclado	Rayneri	

5 La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

10 Los resultados obtenidos se presentan en la figura 7 que demuestra el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón según la invención.

Ejemplo 6

15 La composición de una matriz de hormigón gris era la siguiente (las cantidades están en partes en peso):

	Cantidad (kg/m ³)	Cantidades relativas
Cemento gris	776	1
Relleno (Durcal 1)	264	0,34
Sílice pirolítica (980NS)	101	0,13
Arena (BE 01)	1063	1,37
Adyuvante (F2) (volumen %)	27,2	0,035 (2,5%)
Fibras de vidrio (fibras HP antirrotura)	2,2% de fibras de vidrio de 6 mm	
W/C		0,24
Aparato de mezclado	Rayneri	

20 La mezcla se moldea en una placa grande (dimensiones 500 x 450 x 20 mm). La placa se desmoldea 24 horas después del contacto entre el cemento y el agua. La placa desmoldeada se almacena a 20°C y 100% de humedad relativa. La placa se corta a continuación en 3 piezas (dimensiones de 450 x 145 x 20 mm) antes de la prueba.

El comportamiento dúctil de las placas se determina por la prueba de flexión de cuatro puntos utilizando un aparato hidráulico DARTEC HA 250 (Zwick) como se describe anteriormente.

25 Los resultados obtenidos se presentan en la figura 8 que demuestra el comportamiento dúctil de las composiciones de hormigón según la invención.

REIVINDICACIONES

1. Hormigón dúctil de prestaciones ultraaltas que comprende en partes relativas en peso:
 - 5 100 de cemento Pórtland;
 - 80 a 170 de una arena que presenta una clasificación única con un D10 a D90 entre 0,063 y 5 mm;
 - 0 a 70 de un material puzolánico en partículas o que contiene carbonato de calcio o una mezcla de los
 - 10 mismos que presenta un tamaño de partícula medio inferior a 15 µm;
 - 0,1 a 10 de un superplastificante reductor de agua;
 - 10 a 30 de agua; y
 - 15 0,5 a 5% en volumen con relación al volumen del hormigón endurecido de fibras de vidrio que presentan una relación de aspecto de 6 a 120.
2. Hormigón según la reivindicación 1, en el que cada fibra de vidrio comprende una pluralidad de filamentos.
- 20 3. Hormigón según la reivindicación 2, en el que los filamentos presentan un diámetro de menos de 30 µm.
4. Hormigón según la reivindicación 2 o 3, en el que cada fibra de vidrio comprende 50 a 200 filamentos.
- 25 5. Hormigón según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las fibras de vidrio presentan un diámetro de 0,1 a 0,5 mm.
6. Hormigón según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material que contiene carbonato de calcio es el carbonato de calcio molido.
- 30 7. Procedimiento para la preparación de un hormigón según la reivindicación 1, comprendiendo dicho procedimiento mezclar los componentes sólidos y agua, conformar y a continuación endurecer.

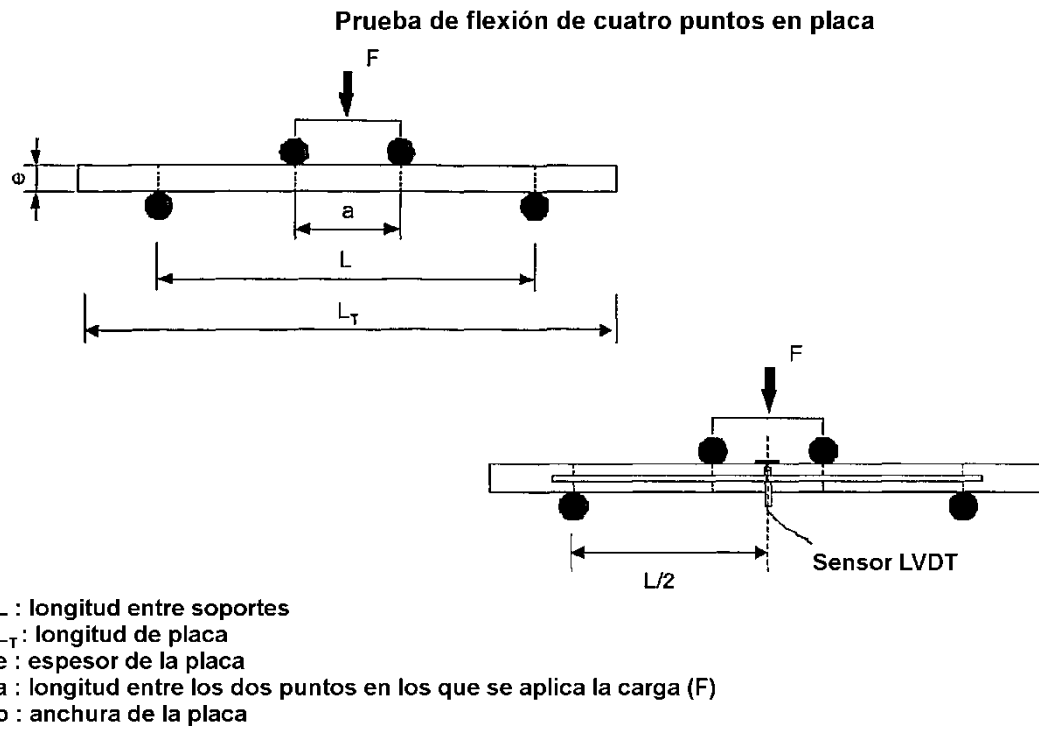


Figura 1/8

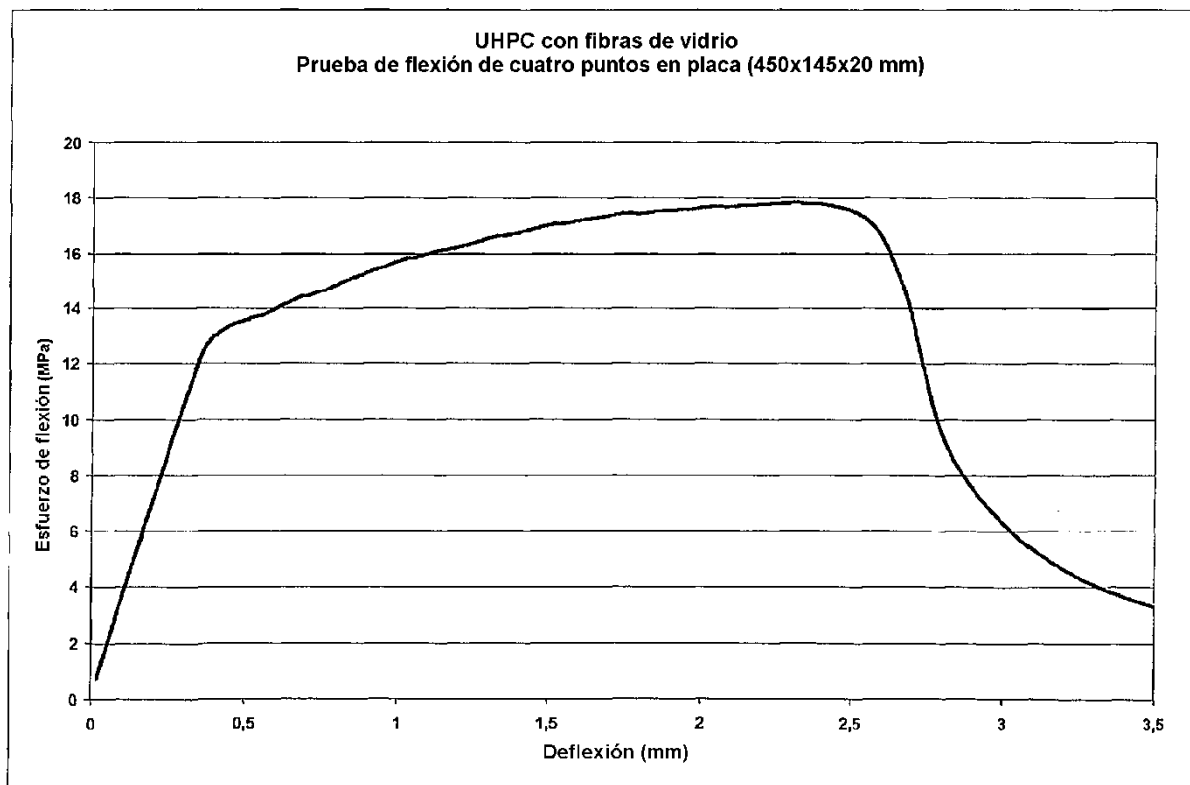


Figura 2/8

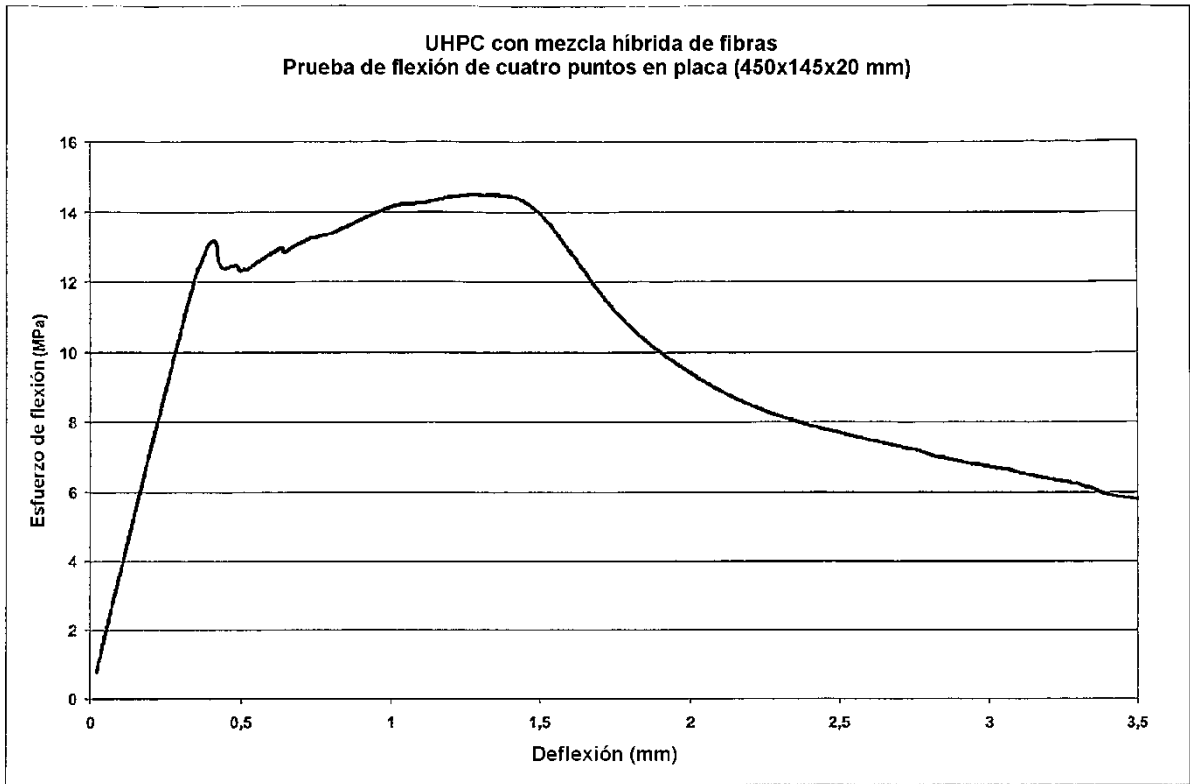


Figura 3/8

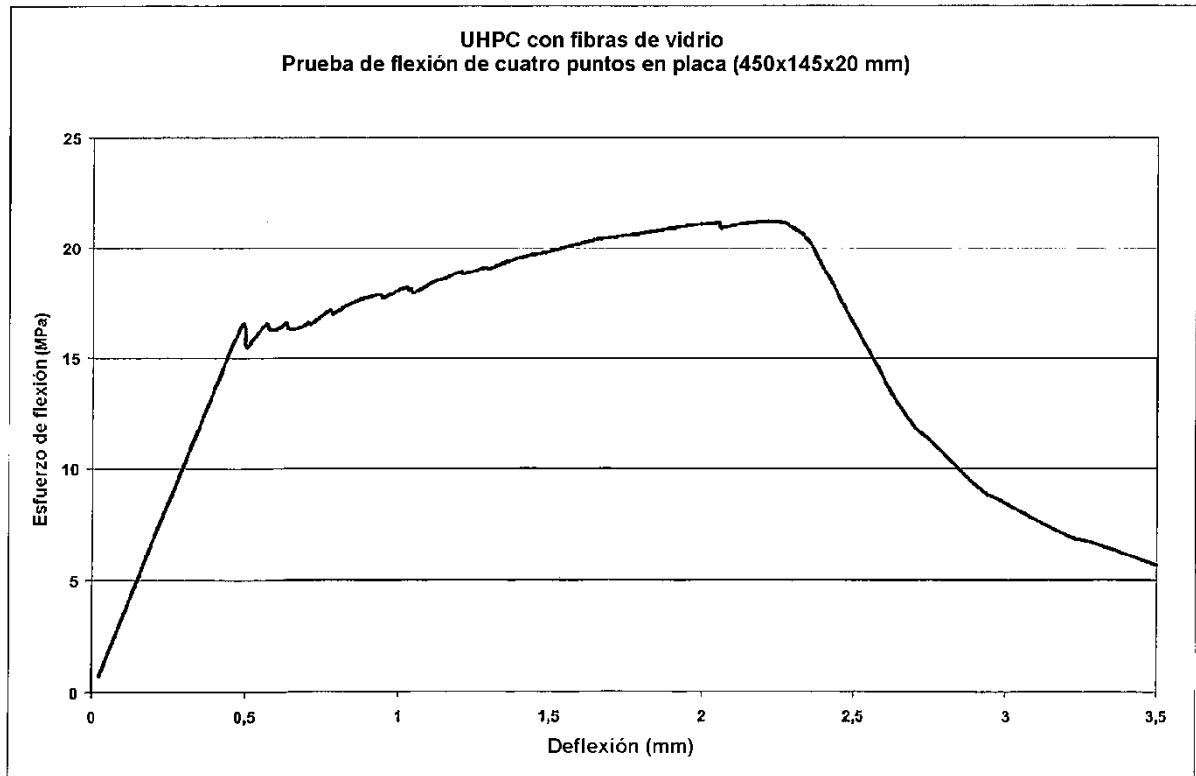


Figura 4/8

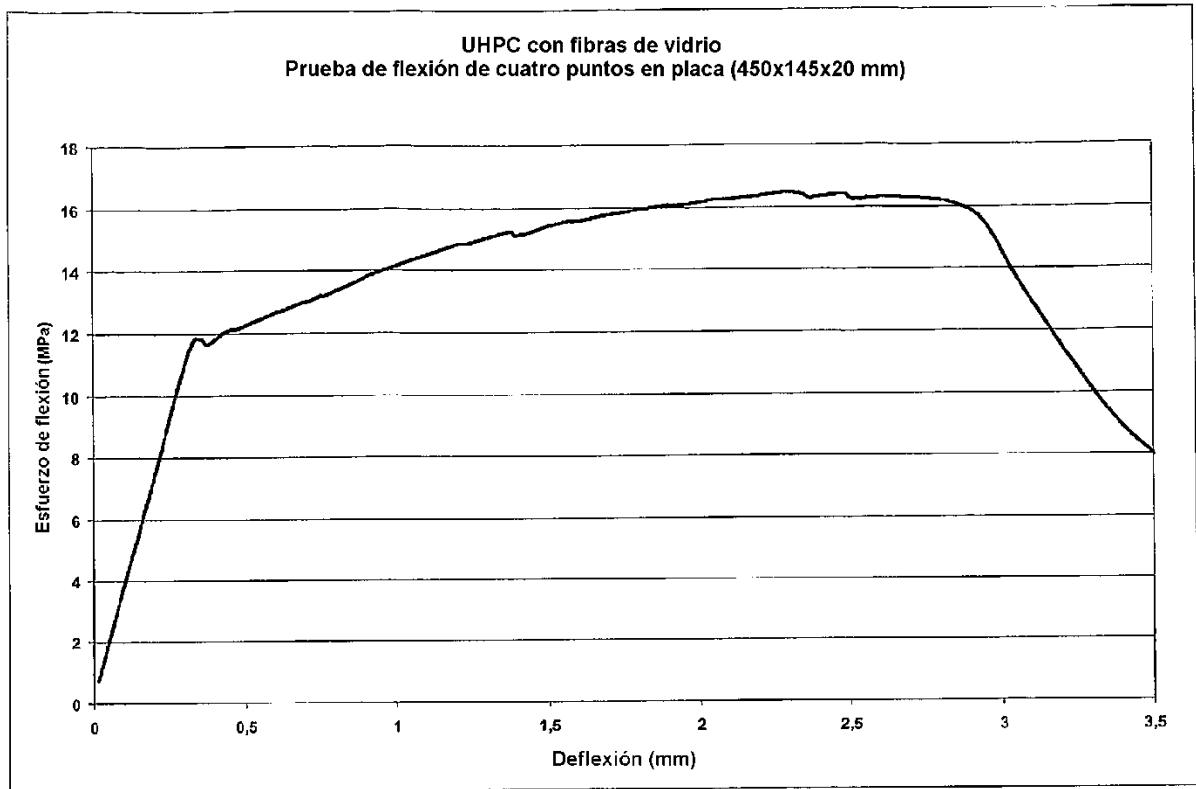


Figura 5/8

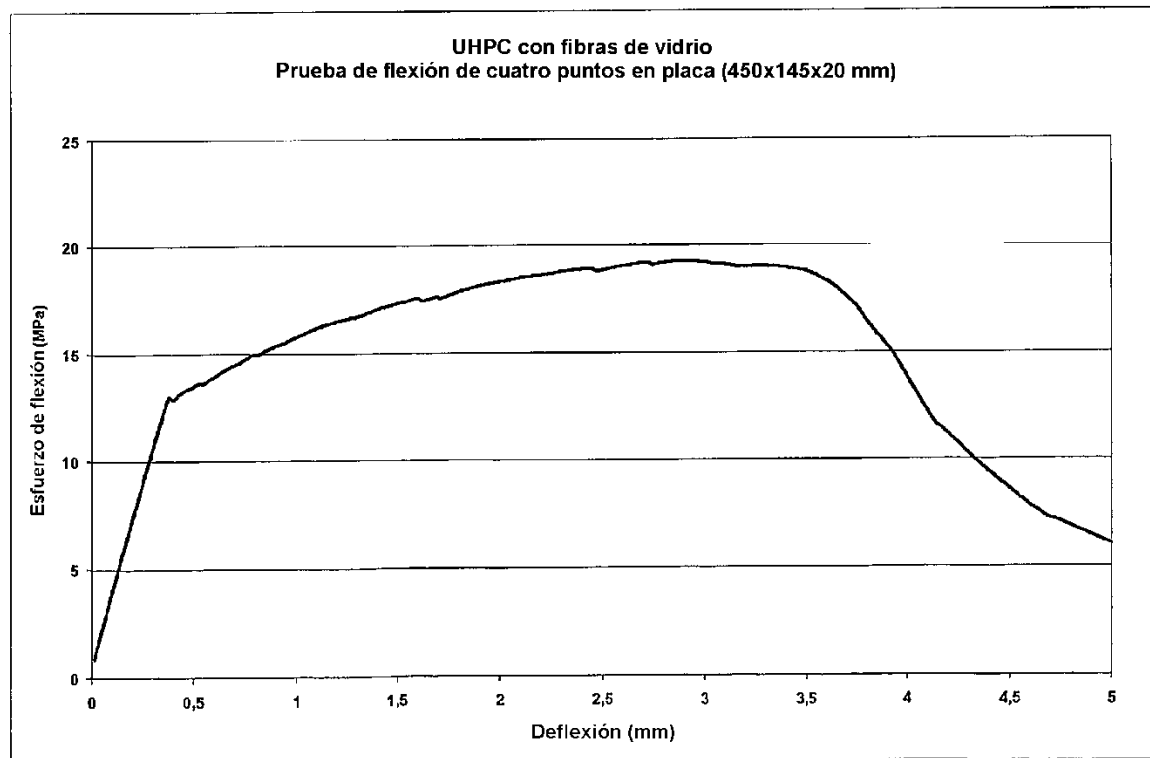


Figura 6/8

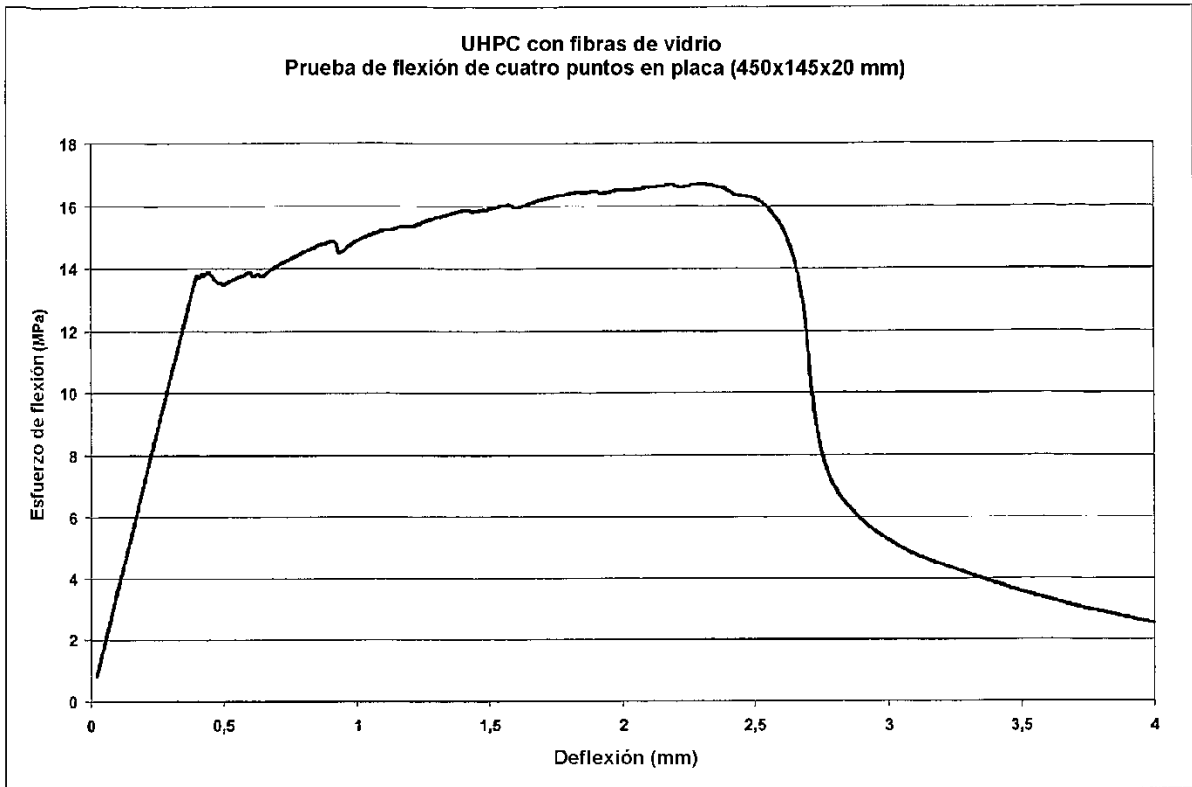


Figura 7/8

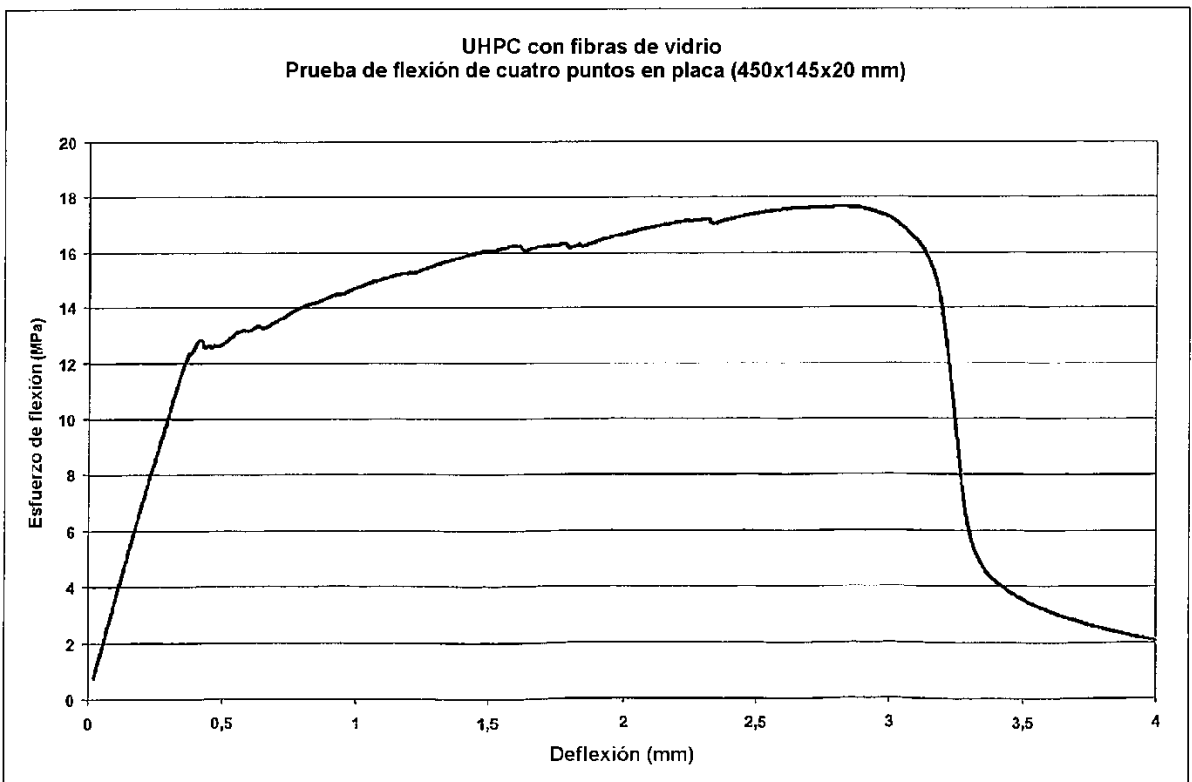


Figura 8/8