

MATERIAL MOLDEABLE A BASE DE UN MATERIAL CEMENTOSO

CON RESISTENCIA A LA CONTRACCIÓN

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se relaciona con formulaciones de mezclas de concreto o mortero que contienen un sistema de curado interno a base de una combinación especial para reducir la contracción (deshidratación plástica y autógena) y evitar la formación de grietas.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La formación de grietas debido a la contracción de concretos durante la hidratación y endurecimiento son un fenómeno común en el concreto y pueden ser estructurales (que
15 ponen en peligro la seguridad y durabilidad de la construcción, que se presentan debido a un diseño incorrecto de las mezclas, errores durante la construcción y/o sobrecargas) o no estructurales (que no comprometen la seguridad de la construcción, principalmente debido a
20 tensiones inducidas internamente). No obstante, incluso se debe evitar el agrietamiento no estructural, ya que la penetración de humedad a través de estas grietas puede dar por resultado en la corrosión de la estructura, resultando en una estructura más débil y estética deficiente.

Cambios térmicos, viento, reacciones químicas o diferencias en la humedad, por ejemplo, provocan tensión interna en la estructura de concreto, conduciendo a ajustes dimensionales, por ejemplo la contracción de concreto; cuando
5 se restringe el movimiento del ajuste, se pueden formar grietas.

En el concreto se presentan diversos tipos de contracciones, a saber:

- Contracción plástica, que es la contracción
10 volumétrica que experimenta el concreto después de ser colocado, todavía en estado fresco (o plástico), antes del fraguado. Si la superficie de concreto pierde agua de purga más rápido que la velocidad de drenado, se seca más rápido, dando por resultado en una tensión que conduce a grietas.
- 15 - Contracción por secado, provocada por la pérdida de agua en exceso. La reacción química que provoca el concreto vaya de un líquido o plástico a un estado sólido (hidratación) consume agua. Para asegurar la variabilidad del concreto fresco, un procedimiento normal es agregar a la
20 mezcla de concreto una mayor cantidad de agua que la estrictamente necesaria para el proceso del hidratación. Esta agua en exceso no formará parte del producto hidratado y escapará hacia la red mientras que el producto se hace rígido, conduciendo a la contracción del concreto. La

superficie y/o restricciones internas, tales como, por ejemplo, el refuerzo en uso, el encofrado, el subsuelo, etc., provocan diferentes velocidades de contracción y estrés tensional en diferentes direcciones, lo cual por último
5 provoca el agrietamiento del concreto.

- Contracción autógena, que se presenta a proporciones de bajo contenido de agua a aglutinante, menores de aproximadamente 0.42. A esta proporción de bajo contenido de agua/aglutinante, la totalidad del agua se utiliza
10 rápidamente en el proceso de hidratación, creando un déficit de agua que conduce a la aparición de capilares finos. La tensión superficial dentro de los capilares puede conducir a agrietamiento.

- Contracción térmica, que se explica sobre la
15 premisa de que los sólidos se expanden en calentamiento y se contraen en el enfriamiento. Cuando está libre a la deformación, el concreto se expandirá o contraerá debido a oscilaciones de la temperatura. Si la estructura de concreto se mantiene en su lugar o se restringe, por ejemplo, mediante
20 un refuerzo interno, los cambios de temperatura pueden crear estrés y provocar que el concreto se fracture.

- Contracción por gasificación, si se presenta cuando el concreto se expone a CO_2 atmosférico. El CO_2 reacciona con el cemento hidratado, a saber con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que se convierte a

CaCO_3 . Esta reacción, denominada gasificación, conduce a un aumento en el peso del concreto y a su contracción.

El proceso de curado es un paso esencial cuando se coloca concreto. Es necesario un curado adecuado del concreto para evitar el secado rápido del producto y por consiguiente evitar la formación de grietas. El curado evita la pérdida de agua y se analiza normalmente al rociar o esparcir agua sobre la superficie del concreto durante días para asegurar que la superficie se humedezca permanentemente o al recubrir la superficie con una película impermeable. Esto evita que la humedad del concreto se evapore, contribuyendo a la ganancia de resistencia del producto y evita la aparición de grietas, todavía estas operaciones consumen tiempo y son costosas.

La reacción química que provoca que el concreto vaya de un estado líquido o plástico en un estado sólido (hidratación) consume agua. Aunque el contenido mínimo teórico de agua con respecto a la cantidad del cemento es del 25% en peso, se utiliza un exceso ligero para mejorar la maleabilidad del producto. Sin embargo, el exceso de agua es perjudicial para el producto final. Antes de endurecimiento, el concreto está lleno de agua, lo cual rellena el espacio entre los ingredientes sólidos, provocando que la losa tenga un cierto tamaño. A medida que la pasta de cemento hidratado pierde humedad desde sus poros, la losa se hace más pequeña.

Si se utiliza en la mezcla un exceso de agua, la contracción será mayor a diferencia de que si se utilizara la cantidad correcta de agua. La contracción es la causa principal del agrietamiento, debido a que creará fuerzas en el concreto que
5 arrastrarán la losa, provocando que se produzcan grietas.

Diversos factores impactan la contracción, por ejemplo: el cemento y el contenido de agua, el tamaño de los agregados, la proporción de agregado o cemento finos, excesivos, mezclas, composición del cemento, temperatura,
10 humedad, proceso de curado, etc.

En particular, las denominadas mezclas para reducir la contracción y compensar la contracción han probado ser eficientes contra la contracción por secado. Mientras que las mezclas para reducir la contracción se cree que reducen la
15 contracción al modificar la tensión superficial del agua de los poros capilares, los materiales para compensar la contracción ayudan a que el concreto se expanda al mismo volumen que la contracción por secado no contrae a través de reacciones químicas específicas, lo más relevante que conduce
20 a la formación de etringita o hidróxido de calcio.

Las fibras son un ejemplo de un material que puede ayudar a reducir el riesgo de agrietamiento del concreto mediante el aumento de la resistencia a la abertura de grietas, dando por resultado por lo tanto en reducida

abertura de grietas. Por lo tanto, se pueden utilizar fibras y mezclas para reducir la contracción individualmente aunque también combinadas.

Ya son conocidos en la técnica los materiales para
5 compensar la contracción y las mezclas para reducir la contracción. Mientras que los primeros normalmente se basan en sulfo-aluminato de calcio o aluminato de calcio y óxido de calcio, las últimas normalmente se basan en polioxialquilen alquiléteres o propilenglicol. También se ha mostrado que el
10 uso de fibras y polímeros súper-absorbentes (SAPs) son efectivos contra la contracción del concreto. Las fibras ayudan a reducir el riesgo del agrietamiento del concreto al aumentar la resistencia a la abertura de grietas.

Los SAP, en términos generales, son redes de polímeros
15 reticulados que se hincharán cuando entren en contacto con agua o soluciones acuosas, formando un gel, y liberarán el líquido gradualmente a través del tiempo cuando se expongan a condiciones secas. Las SAP son capaces de absorber cantidades de agua unos cuantos cientos de veces su propio peso, de ahí
20 su uso como aditivos de concretos para el curado interno.

Sin embargo, los SAP exhiben una serie de desventajas que dificultan el alcance de su uso, y su aplicabilidad en aplicaciones industriales, tales como en el amplio campo de la industria de la construcción. A saber, los SAP típicamente

se utilizan en forma de polvo en parte debido a su deficiente solubilidad en agua, y por lo tanto notoriamente son más difíciles de dosificar, en particular porque los SAP, debido a sus propiedades higroscópicas, absorberán fácilmente el agua del ambiente, en especial en un entorno no confinado tal como el de una planta de cemento.

Por ejemplo, se sabe que la adición del SAP en el concreto da por resultado en la reducción de una contracción plástica o autógeno y también modifica la microestructura del concreto, en especial sus estructuras de poro. Se cree que esto sucede debido a que, cuando los SAP absorben agua, actúan como agregados suaves en el concreto pero cuando el agua se libera, actúan como huecos de aire; también, la absorción de agua de los SAP afecta la proporción efectiva de agua-cemento en la fase inicial de hidratación.

Estos efectos son principalmente debido a que los SAP se agregan las mezclas de concreto o mortero como polvo, lo cual hace muy difícil de controlar y predecir la absorción de agua del SAP y el comportamiento. Como tal, el SAP absorberá el agua mezclada de la mezcla, reduciendo con esto la maleabilidad del mortero/concreto.

Existen publicaciones que describen el uso del SAP como agentes reductores de contracción y/o de curado interno, no obstante los SAP se agregan como polvo a mezclas secas, y

exhiben las mismas desventajas presentadas anteriormente.

Por ejemplo, la US 2014/0371351 describe una mezcla seca que se utilizará en la industria de la construcción con base en un aglutinante mineral que comprende al menos un SAP, un
5 acelerador y una fuente de iones de aluminio para producir un buen equilibrio entre las propiedades de peso ligero y mecánicas. Todavía, se observó en el campo que el uso de composiciones secas que comprenden los SAP conduce a problemas de maleabilidad una vez que se agrega agua, debido
10 a la absorción de agua por los SAP.

La WO 2013/156590 describe una mezcla de resistencia a daños por congelación-descongelación que incluye una suspensión acuosa que comprende un polímero súper-absorbente insoluble en agua. Sin embargo, tener una suspensión no es
15 adecuado para aplicaciones prácticas debido a una dispersión eficiente de los SAP y también debido a que los polímeros descenderán en la suspensión, separándose del líquido, lo que conduce a una vida útil deficiente del material.

La US 6,187,887 describe copolímeros solubles en agua o
20 hinchables en agua que contienen grupos sulfónicos y se basan en compuestos de (met)acrilamida o N-vinilo que se utilizan para aumentar la retención de agua en los materiales para construcción. La US'887 describe un método para preparar estos copolímeros solubles en agua o hinchables con agua, la

elección de los SAP se restringirá por la variación limitada de opciones determinadas. Sin embargo, la complejidad del método no es práctica para aplicaciones de escala industrial. Además, la US'887 no enfrenta ni resuelve los problemas
5 mencionados anteriormente relacionados con la adición de los SAP en forma sólida a mezclas de concreto, en la industria de la construcción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10 En resumen, agregar los SAP como polvo en mezclas cementosas secas no es una solución viable para aplicaciones industriales, debido a que es muy difícil predecir la absorción de agua por el SAP. Esto conduce inevitablemente a problemas de maleabilidad en el sitio de trabajo, dando por
15 resultado en mezclas muy rígidas que originarán graves problemas cuando el producto final se tenga que moldear y colocar, tal como un endurecimiento prematuro de la mezcla dentro del tambor de mezclado.

Por lo tanto existe una urgente necesidad por superar
20 las desventajas mencionadas anteriormente de la técnica anterior, notablemente para desarrollar SAPs que tengan excelentes propiedades como agentes de curado interno para morteros y/o concretos, pero que carezcan de las desventajas de los productos existentes (por ejemplo, absorción de agua

no predecible/incontrolable, maleabilidad deficiente del cemento/mortero, y endurecimiento prematuro de la mezcla).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5 Actualmente los inventores han desarrollado una formulación novedosa de SAP que enfrenta y supera los problemas mencionados anteriormente. Específicamente, se proporciona un diseño de mezcla de material cementoso con riesgo reducido de agrietamiento debido a agrietamiento
10 plástico, por secado y/o autógeno. En particular, la presente invención proporciona una formulación de concreto y/o mortero con alta resistencia a la contracción, en donde se utiliza un sistema de curado interno con base en una mezcla acuosa de polímeros súper-absorbentes.

15

Definiciones

En el sentido como se utiliza en la presente, "Aglutinante Hidráulico" se refiere a un material con propiedades de cementación que se fragua y endurecen debido a
20 la hidratación incluso bajo el agua. Los aglutinantes hidráulicos producen hidratos de silicato de calcio también conocidos como CSH.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Cemento" se refiere a un aglutinante que se fragua y endurece y a la

vez produce materiales. El cemento más común es el cemento Portland común (OPC) y una serie de cementos Portland combinados con otros materiales cementosos.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Cemento Portland Común" se refiere a un cemento hidráulico hecho a partir de escoria molida con yeso. El cemento Portland contiene silicato de calcio, aluminato de calcio y fases de ferroaluminato de calcio. Estas fases minerales reaccionan con agua para provocar resistencia.

En el sentido como se utiliza en la presente "Escoria Portland" se refiere al componente básico del cemento producido mediante el horno para fabricación de escoria, sin ninguna adición de yeso, piedra caliza o cualesquiera otros materiales cementosos.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Adición Mineral" se refiere a una mezcla de minerales (incluyendo los siguientes polvos: humo de sílice, ceniza volantes, escorias) agregada al concreto para mejorar las propiedades en fresco, desarrollo de resistencia a la compresión y mejorar la durabilidad.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Humo de sílice" se refiere a una fuente de silicio amorfo obtenido como un subproducto de la producción de silicio y aleación de ferrosilicio. También conocido como microsílice.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Aglutinante Total" se refiere a la suma de todos los componentes cementosos (cemento, cenizas volantes, escoria, humo de sílice, etc.) en peso.

5 En el sentido como se utiliza en la presente, "Volumen de la Pasta" se refiere al volumen total del cemento + cenizas volantes + escoria + humo de sílice + agua + aire ingresado + material de relleno (micro-sílice o micro-piedra caliza) + agua + aire ingresado (se utilizan las siguientes
10 densidades en Kg/litro: tipo de cemento I 3.15 tipo II 3.0, cenizas volantes: 2.1, escoria de alto horno granulada por molido: 2.15, materiales de relleno 2.8, humo de sílice: 0.5, agua: 1).

En el sentido como se utiliza en la presente, "Fibras"
15 se refiere a un material utilizado para aumentar el desempeño estructural del concreto. Las fibras incluyen: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.

En el sentido como se utiliza en la presente,
20 "Subproducto de Silicato de Aluminio (Cenizas volantes-Ceniza de fondo)" se refiere a componentes aglutinantes reactivos con álcali que conjuntamente con el activador forman la pasta cementosa. Estos son minerales ricos en alúmina y sílice en una estructura tanto amorfa como cristalina.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Puzolana Natural" se refiere a un material de aluminosilicato de origen volcánico que reacciona con hidróxido de calcio para producir hidratos de silicato de calcio o CSH como se conoce
5 en la hidratación del cemento Portland.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Material de Relleno Inerte" se refiere a un material que altera las propiedades físicas del concreto pero no se lleva a cabo en la reacción de hidratación.

10 En el sentido como se utiliza en la presente, "Materias Primas de la Mezcla" se refiere a un componente químico en un sistema para formulación de mezclas de un polímero químico principal.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Mezcla"
15 se refiere a mezclas químicas utilizadas para modificar o mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Éstas podrían ser aireantes, reductores de agua, retardadores de fraguado, aceleradores, estabilizantes, súper-plastificantes y otros.

20 En el sentido como se utiliza en la presente, "Aire Ingresado" se refiere al volumen total de aire ingresado en el concreto mediante el aireante.

En el sentido como se utiliza en la presente, "PCE" se refiere a copolímeros de ácido policarboxílico utilizados

como una clase de cemento y mezclas de concreto, y son polímeros tipo panal que se basan en: una estructura polimérica hecha de ácido acrílico, metacrílico, maleico, y monómeros relacionados, que se injerta con una cadena lateral de polioxialquileno tal como EO y/o PO. El injertado podría ser, de manera enunciativa, éster, éter, amida o imida.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Dispersante Inicial" se refiere a mezclas químicas utilizadas en las composiciones de cemento hidráulico tales como concreto de cemento Portland, parte del plastificante y la familia de súper-plastificantes, que permiten una buena dispersión de las partículas de cemento durante la etapa inicial de hidratación.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Súper-plastificantes" se refiere a una clase de mezcla química utilizada en las composiciones de cemento hidráulico tales como el concreto de cemento Portland que tiene la capacidad de reducir en gran medida la demanda de agua mientras que mantenga una buena dispersión de las partículas de cemento. En particular, los súper-plastificantes evitan la agregación de partículas y mejoran las propiedades reológicas y la maleabilidad del cemento y el concreto en las diferentes etapas de la reacción de hidratación.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Concreto"

se refiere, principalmente, a una combinación de un aglutinante hidráulico, arena, agregados finos y/o gruesos, agua. También se puede agregar una mezcla para proporcionar propiedades específicas tales como flujo, menor contenido de
5 agua, aceleración, etc.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Materiales para Construcción Moldeables" se refiere a un material que se considera como transportable tan pronto como su fluidez (con o sin vibración) permita rellenar
10 completamente un encofrado que será colocado en una superficie definitiva.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Materiales para Construcción" se refiere a cualesquiera materiales que se puedan utilizar para un elemento o
15 estructura para construcción. Incluye concreto, mamposterías (ladrillos-bloques), roca, ICF. etc.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Aplicaciones Estructurales" se refiere a un material de construcción que se considera como estructural tan pronto
20 como la resistencia a la compresión del sea mayor de 25 MPa.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Maleabilidad" se refiere a la maleabilidad de un material que se mide con una prueba de asentamiento (Tabla 1: asentamiento).

En el sentido como se utiliza en la presente, "Retención de Maleabilidad" se refiere a la capacidad de una mezcla para mantener su maleabilidad durante el tiempo. El tiempo total requerido depende de la aplicación y el transporte.

- 5 En el sentido como se utiliza en la presente, "Retención de Maleabilidad" se refiere a la capacidad de una mezcla para mantener su maleabilidad durante el tiempo. El tiempo total requerido depende de la aplicación y el transporte.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Mezcla de
10 Curado Interno" se refiere a la capacidad de una mezcla para mantener su maleabilidad durante el tiempo. El tiempo total requerido depende de la aplicación y el transporte.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Mezcla de Curando Interno" se refiere a un agente de mezclado que
15 conserve agua y liberar el agua internamente de una forma retardada para compensar la reducción de agua debida al secado.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Desarrollo de Resistencia - Fraguado/Endurecimiento" se
20 refiere al inicio del tiempo de fraguado cuando el material de construcción cambia de plástico a rígido. En la etapa rígida, el material ya no se puede vaciar o mover. Después esta fase es el desarrollo de resistencia correspondiente al endurecimiento del material.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Agregados Gruesos" o grava se refiere a minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula mayor de 6 mm y un tamaño máximo menor de 32 mm (típicamente 8-16 mm, 8-25 mm, 5 10-32 mm, 6-16 mm, etc.).

En el sentido como se utiliza en la presente, "Agregados Finos" se refiere a minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula típicamente mayor de 2 mm y un tamaño máximo menor de 12 mm. (típicamente 4-8 mm, 10 2-8 mm, 3-10 mm, etc.).

En el sentido como se utiliza en la presente, "Agregados de Arena" se refiere a minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula menor de 3 ó 4 mm.

En el sentido como se utiliza en la presente, 15 "Ductilidad" se refiere a la capacidad del concreto para deformarse en una forma no elástica, manteniendo las resistencias expresadas por una resistencia residual a un cierto desplazamiento (CMOD) de acuerdo con la norma EN 14651.

20 En el sentido como se utiliza en la presente, "Resistencia a la Flexión" se refiere a la resistencia medida en pruebas de doblado de 3 puntos (muestras prismáticas ranuradas de 500 mm x 150 mm x 150 mm) de acuerdo con la norma EN 14651.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Resistencia Última (US)" se refiere a la resistencia última de las fibras antes de la ruptura.

En el sentido como se utiliza en la presente, la
5 proporción de agua a aglutinante "w/b" se refiere a la masa de agua libre total (w) en Kg dividida entre la masa de aglutinante total en Kg.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Mezclas para Reducir la Contracción" se refiere a productos
10 destinados a reducir la cantidad de contracción que se presenta en el concreto.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Contracción" se refiere a la reducción en el volumen del concreto provocada por la pérdida de humedad a medida que el
15 concreto se endurece o se seca. Debido a la pérdida de volumen, la contracción del concreto puede conducir, por ejemplo, al agrietamiento cuando se presenta una fricción base u otra restricción.

En el sentido como se utiliza en la presente, "Súper-absorbentes" se refiere a materiales poliméricos que tengan
20 la capacidad de absorber una gran cantidad de líquido de los entornos y los conserven dentro de su estructura. Los mismos pueden asegurar un curando interno muy eficientemente.

La presente invención describe una solución técnica para

producir diseños de mezclas de concreto o mortero resistentes a grietas debido a un sistema de curado interno formulado que proporcione al material final una mayor resistencia a la contracción (contracción plástica, por secado y/o autógena).

- 5 El material cementoso final es adecuado para una gama de aplicaciones, incluyendo de manera enunciativa asfaltos, losas, pavimentos, decorativos y/o arquitectónicos.

Debido a la formulación del sistema de curado interno descrito, se puede disminuir significativamente la necesidad
10 de un curado externo, reduciendo en gran medida la frecuencia para rociar y/o esparcir la superficie del material final después de la colocación con agua. Por último, no se observa ninguna reducción en la maleabilidad, el material cementoso final obtenido a partir de la formulación descrita por la
15 presente tiene la consistencia deseada final de acuerdo con la aplicación, que puede variar de S3 a SF3 (véanse las tablas 1 y 2), sin riesgo de segregación y que sean capaces de mantener la consistencia durante el tiempo de colocación.

Tabla 1: Consistencia del concreto a partir de la norma europea (pruebas de asentamiento de acuerdo con EN 12350-2)

5

EN 206 2013 (§ 4.2 - tabla 3)	
Consistencia	Asentamiento [mm]
S1	10 a 40
S2	40 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5	> 220

10

Tabla 2: Consistencia del concreto fluido a partir de la norma europea (pruebas de asentamiento de acuerdo con EN 12350-2)

15

EN 206 2013 (§ 4.2.1 tabla 6)	
Categoría	Flujo [mm]
SF1	550 - 650
SF2	660 - 750
SF3	760 - 850

Como tal, se proporciona un diseño de mezclas de material cementoso, que comprende:

(a) un aglutinante cementoso que contiene un Cemento Portland Común, en donde el contenido de aglutinante por metro cúbico del material moldeable producido en fresco (concreto o mortero) es de al menos 290 kg;

(b) arena, en donde el contenido de arena por metro cúbico de concreto o mortero fresco está entre 500 kg y

1600 kg;

(c) agua, donde la proporción de agua a aglutinante total está entre 0.25 y 0.7 en peso;

(d) un sistema de auto-curando; y

5 (e) un volumen de pasta en una cantidad de al menos 250 l por metro cúbico de concreto o mortero fresco;

en donde,

- el sistema de curado interno comprende una mezcla de un polímero súper-absorbente, un modificador de viscosidad
10 y una sal inorgánica, en agua.

Sin desear estar vinculados por ninguna teoría particular, se afirma que tener el SAP en una mezcla acuosa estabilizada asegura que los polímeros no podrían absorber una cantidad considerable del agua de mezclado del material
15 moldeable, por consiguiente sin afectar la proporción final de agua a aglutinante, conservando la maleabilidad de la mezcla, pero que todavía sea capaz de actuar como los agentes de curado internos para morteros y/o concretos.

Alcanzar una mezcla de SAP acuoso estabilizado es un
20 intento bastante espinoso debido a la baja solubilidad en agua notoria del polímero: aunque teniendo una alta afinidad para el agua, las SAP no son solubles en agua y se precipitan en una solución acuosa, afectando por lo tanto su uso en aplicaciones reales, industriales. Esto es, porque la técnica

anterior hasta la fecha no ha considerado mezclas de SAP acuoso estabilizado, mucho menos su uso como un sistema de curado interno que se pueda agregar al mortero y/o concreto como una mezcla reductora de contracciones y/o un agente de curado interno.

Ventajosamente, la cantidad promedio del contenido de sólidos secos del sistema de curado interno agregado típicamente está entre 0.1 kg y 25 kg por metro cúbico de material moldeable producido fresco (concreto o mortero), en donde el contenido de sólidos secos del sistema de curado interno agregado está entre el 0.2% y 2.2%, en donde el contenido de sólidos secos se expresa en % en peso con respecto al aglutinante total.

En una modalidad preferida, el sistema de curado interno se formula y se agrega primero después como una suspensión acuosa estabilizada a una mezcla de materiales cementosos del aglutinante que contiene principalmente cemento Portland, agua, arena y opcionalmente adiciones minerales, así como, también opcionalmente, agregados finos y/o gruesos.

Ventajosamente, el sistema de curado interno descrito en la presente utiliza un polímero súper-absorbente que se suspende en agua y se formula como una suspensión estabilizada acuosa que tiene una vida útil de un par de semanas hasta un máximo de 5-6 meses, en condiciones normales

de almacenamiento (temperaturas entre 15°C a 35°C).

Ventajosamente, el sistema de curado interno formulado comprende un polímero súper-absorbente (SAP) estabilizado en una suspensión acuosa, que también comprende una sal
5 inorgánica y un agente modificador de viscosidad.

Ventajosamente, para formular el sistema de curado interno, el agente modificador de viscosidad se mezcla con agua. El agente modificador de viscosidad actúa como un estabilizante; evita la sedimentación del polímero súper-
10 absorbente: al aumentar la viscosidad de la formulación, se reduce la velocidad de hundimiento de las partículas.

Por consiguiente, se proporciona un proceso para preparar un sistema de curado interno de acuerdo con la invención, que comprende los pasos de:

- 15 - mezclar un agente modificador de viscosidad con agua;
- agregar una sal inorgánica adecuada y mezclar durante un tiempo t que sea de al menos 30 minutos; y
- agregar el polímero súper-absorbente para formar
20 una suspensión acuosa.

Acortar el tiempo t a menos de 30 minutos proporcionará una disolución deficiente de la sal inorgánica en el agua, limitando así la interacción de la sal inorgánica con el SAP y como resultado permitir que el SAP incorpore demasiada

agua, formando un gel que no se pueda utilizar para el fin de la invención.

De preferencia, el agente modificador de viscosidad se selecciona de polisacáridos (éter de celulosa, almidón, alginato, yema de huevo, agar, arrurruz, carragenano, colágeno, gelatina, goma guar, goma welan, goma de gelano, goma de diutano, pectina de pululano y goma de xantano, etc.) o modificadores de viscosidad derivado sintéticamente, entre los que se incluyen polímeros de ácido acrílico o copolímeros de los mismos, polietileno y copolímeros relacionados (por ejemplo, copolímero de acetato de etilen-vinilo), polímeros de óxido de alquilen y ésteres de los mismos (por ejemplo, poli(etilenglicol) éster) y copolímeros de metilviniléter/anhídrido maleico reticulados con decadieno.

Ventajosamente, el agente modificador de viscosidad se agitar constantemente en agua, la mezcla de preferencia será de al menos 1 hora.

Después de que se finalice el mezclado del agua y el agente modificador de viscosidad, se puede agregar la sal inorgánica. De preferencia, la valencia del catión de la sal inorgánica puede estar entre +1 a +3 y el catión se puede seleccionar de: Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Calcio (Ca^{2+}) o Aluminio (Al^{3+}). De mayor preferencia, el catión de la sal inorgánica tiene una valencia de al menos +2, por ejemplo el

cación es Ca^{2+} o Al^{3+} .

Sin desear estar vinculados por ninguna teoría particular, se afirma que la presencia de electrólitos disminuye la capacidad de absorción del SAP. Los cationes disueltos de la sal inorgánica formarán enlaces iónicos con las cargas aniónicas del SAP, reduciendo la presión osmótica en la solución. Los cationes polivalentes, con una valencia de al menos $2+$ formaran enlaces iónicos extra con la estructura del SAP, reduciendo la capacidad de absorción de agua del SAP. De esta forma, la presente invención asegura que el SAP en el medio acuoso no se saturará por completo y por consiguiente se gelificará completamente, garantizando así la manipulación de la mezcla, incluyendo la dosificación y el vertido en la mezcla cementosa.

Por ejemplo, la sal inorgánica utilizada puede ser sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) o sulfato de calcio (CaSO_4). Mientras que los cationes Ca^{2+} o Al^{3+} aseguran una unión cruzada dentro del SAP, el ion de sulfato muestra poca interacción con el cemento (concreto o mortero) en las dosificaciones/cantidades descritas en la presente invención. Adicionalmente, el sulfato ayuda a reducir el valor de pH, contribuyendo a la absorción reducida de agua por el SAP. Además, el sulfato es un ion encontrado comúnmente en las composiciones de cemento, que provienen del sulfato de calcio

que se muele finamente con la escoria en el proceso para la producción de cemento. El sulfato de calcio está presente en el polvo de cemento para evitar los fraguados rápidos del cemento, así como facilitar la molienda de la escoria, debido
5 a que evita la adherencia del polvo a la superficie del equipo de molido.

Además, se podrían utilizar nitrato del calcio y nitrato de sodio como sales inorgánicas en la formulación del sistema de curado interno de acuerdo con la presente invención. Sin
10 embargo, estas sales de nitrato se contemplan en menor medida debido a que el uso de nitratos está restringido en algunos países. Similarmente, también se debe evitar el ion de cloruro cuando se está seleccionando la sal inorgánica, debido a que el Cl^- presente en el producto final contribuirá
15 a la corrosión de las barras metálicas utilizadas en la industria de la construcción.

Ventajosamente, el tiempo de mezclado entre la sal inorgánica y el agua y la mezcla de agua -agente modificador de viscosidad debe ser de al menos 30 minutos. Luego, se
20 puede agregar a la solución el SAP.

Cualquier SAP será adecuado de acuerdo con la invención. De preferencia, el SAP puede ser un polielectrolito aniónico reticulado con una carga bastante negativa, de preferencia una variación de grupos aniónicos comprendido entre el 20% y

60% del total de grupos (aniónicos más catiónicos) presentes en la molécula, por ejemplo los copolímeros reticulados aniónicos de acrilamida y acrilato de potasio. Los SAP a base de potasio se encuentra que serán más robustos en el concreto
5 bajo condiciones alcalinas. Ventajosamente, el polímero súper-absorbente en el sistema de curado interno es un súper-absorbente a base de potasio.

Ventajosamente, los polímeros suspendidos en el sistema de curado interno formulado tienen entre aproximadamente el
10 3% en peso al 25% en peso de agua absorbida en su estructura, en donde el 100% en peso se relaciona con un polímero completamente saturado, debido a la acción de los electrólitos en la formulación, ya descritos anteriormente.

Ventajosamente, la formulación final del sistema de
15 curado interno comprende:

- entre aproximadamente el 40 M.-% y el 70% M.-% de agua,
- entre aproximadamente el 0.05 M.-% y el 0.5 M.-%, de un modificador de viscosidad
- 20 - entre aproximadamente el 10.0 M.-% y el 30.0 M.-% de una sal inorgánica, y
- entre aproximadamente el 5.0 M.-% y el 20.0 M.-% de SAP, en donde M.% se refiere a un porcentaje molar.

Ventajosamente, la formulación final del sistema de

curado interno puede ser una suspensión que tenga una viscosidad entre aproximadamente 300 a 400 MPa*s. La viscosidad de la suspensión asegura que los polímeros no se precipitarán, garantizando la estabilidad de la mezcla del sistema de curado interno acuoso.

El sistema de curado interno se puede utilizar como aditivo en mezclas cementosas hasta 6 meses después de su formulación.

La mezcla de material cementoso de acuerdo con la invención también puede contener aditivos convencionales utilizados en los materiales para construcción, tales como reductores de agua, plastificantes o súper-plastificantes, aceleradores, retardadores, aireantes, desespumantes o cualquier otra mezcla, refuerzo de fibra estructural, tanto inorgánico (metal, mineral, carbono, etc.) y/u orgánico.

De preferencia, la mezcla de material cementoso producida (concreto o mortero) contiene una cantidad total de aglutinante ubicada entre 290 Kg/m³ y 800 Kg/m³ por metro cúbico de material moldeable producido en fresco (concreto o mortero) y el aglutinante total contiene al menos el 40% en peso de Escoria Portland.

Ventajosamente, las variaciones para w/b (proporción de agua a aglutinante) están entre 0.25 y 0.7. Típicamente se utilizan altos valores de la proporción w/b (por encima de

0.4) para pavimentos y morteros, mientras que los diseños de concreto pueden tener una proporción w/b ubicada entre 0.25 y 0.55.

Ventajosamente, la cantidad promedio de arena típicamente está entre 500 y 1600 Kg por metro cúbico de material moldeable producido en fresco.

Ventajosamente, la cantidad promedio de agregados finos (cuando utilizan) típicamente está entre 200 y 1000 Kg por metro cúbico de material moldeable producido en fresco (concreto o mortero).

Ventajosamente, la cantidad promedio de agregados gruesos (cuando se utilizan) están típicamente entre 250 y 900 Kg por metro cúbico de material moldeable producido fresco.

15

EJEMPLOS

Los Ejemplos 1-7 se proporcionan para pavimento de concreto y mortero de acuerdo con la primera y segunda modalidad de la invención y los morteros (respectivamente utilizando los componentes del sistema de curado interno formulado en una mezcla).

Los cementos utilizados son del tipo cemento Portland tipo I, II (EN Norms). Arena, agregados del tamaño fino y agregados de tamaño grande ya sea redondos o triturados.

Los morteros se han mezclado utilizando mezcladoras de Mortero EN estándar y la muestras de concreto se han mezclado utilizando mezcladoras de concreto convencionales con capacidad de 10 litros hasta 1 metro cúbico.

- 5 Las mediciones de flujo se realizaron en una prueba de cono y una placa metálica de extensión estándar.

Las mediciones de resistencia sobre los morteros se realizaron en muestras estándar de 4 x 4 x 16 cm y las muestras de concreto se probaron en cubos (15 x 15 x 15 cm) o
10 cilindros (diámetro de 15 cm, altura de 30 cm).

El comportamiento de auto-curando o la resistencia a la contracción se midió utilizando pruebas de agrietamiento.

La prueba de agrietamiento llevada a cabo en los ejemplos que siguen fue una modificación de la norma ASTM
15 C1579-2006 y se muestra en la tabla 3.

La prueba de agrietamiento es una evaluación de la contracción plástica del mortero o concreto en condiciones de curado severas: a alta temperatura (aproximadamente 40°C) y ambiente seco (11-15% RH) y ventilación fuerte forzada
20 (aproximadamente 5 m/seg).

La prueba se realizó al moldear un concreto o un mortero en un molde de 38 cm x 24 cm x (17.78 cm) 7 in, y colocar el molde en una caja caliente de madera (cámara ambiental) durante 24 horas. Un elevador de tensión, hecho de acero, con

restricción interna se colocó en el fondo del molde.

Antes de colocar los moldes en la caja caliente, se tuvo que realizar un terminado superficial, normalmente un mortero o una superficie rígida o de metal.

5 En la caja caliente, se utilizaron dos ventiladores de calentamiento para producir una temperatura de aproximadamente 40°C y una velocidad del aire de aproximadamente 5 m/seg sobre la superficie superior de los moldes colocados en el interior.

10 Después de 24 h del mezclado inicial, se registró el área de las grietas que se forman sobre la superficie. Se midieron la longitud y el ancho de las grietas para calcular el área de las grietas.

15 En lugar de registrar el área de las grietas, se puede medir la anchura mínima y máxima de la grieta central, que proporciona una variación de la anchura que apareció sobre la superficie del mortero/concreto.

La comparación de la prueba modificada de grietas con la norma se muestra en Tabla 3:

Tabla 3: Descripción de la prueba modificada de grietas utilizada para caracterizar la resistencia a la contracción y el efecto del sistema de curado interno

		ASTM C1579	Prueba modificada de grietas
5	Uso	Concreto reforzado con fibras (FRC)	Todos los tipos de mortero y concreto
	Dimensión de los paneles de prueba	2 veces 56x 35.5x 10 cm	3 veces 38x 24x 7 cm o 1 vez 77x 44x 7cm
	Gran altura de estrés	6.35 cm	4.50 cm
10	Caja caliente	Sistemas de monitoreo de la velocidad de evaporación, flujo de aire, tiempo de fraguado Caja caliente para 2 pruebas de paneles	Sin sistemas monitores Caja caliente para 3 pruebas de paneles
	Temperatura	36°C	42°C
	Humedad relativa	30%	10%
15	Velocidad del viento	Para tener una velocidad de evaporación de 1.0 Kg/m2xh	5-7 m/s
	Procedimiento	La prueba se detiene en tiempo de fraguado final y los paneles de prueba se almacenan hasta 24 h a 20°C bajo hojas de plástico	La prueba se detiene a las 24 h.
20	Resultados	Proporción de la reducción de agrietamiento (CRR) a las 24 h: (1-((anchura promedio de la grieta de la mezcla de FRC)/(anchura promedio de la grieta de la mezcla controlar))x100	Variación de anchura del agrietamiento a las 24 h

La prueba de anillo es t es una modificación de la prueba de anillo estándar: ASTM C1581-04.

Este método determina la edad del agrietamiento y las características de esfuerzo de tracción inducida de las
5 muestras de mortero y concreto bajo contracción restringida.

Una muestra de mortero o concreto mezclado recientemente se compactó en un molde circular alrededor de un anillo de acero. El comportamiento de contracción restringida del concreto o mortero a partir del tiempo de desmoldeo se
10 monitoreó continuamente mediante un sistema de extensómetros que midió la deformación del material en tiempo. El agrietamiento de la muestra de pruebas se indica mediante una variación repentina del valor de desplazamiento registrado por los tensómetros.

15 La edad del agrietamiento indica la resistencia de los materiales al agrietamiento bajo una contracción restringida.

La prueba permite una medición de la deformación del material acoplada con el comportamiento de agrietamiento.

El aparato utilizado es un molde de acero que consistió
20 de una base de acero, un anillo de acero interno y un anillo externo (compuesto de 2 partes).

Para el mortero:

Molde: espesor de 16 mm

Anillo interno: diámetro interno de 106 mm; diámetro externo de 130 mm; altura de 67 mm

Base de acero: diámetro interno de 82 mm; diámetro externo de 162 mm; altura de 20 mm

5 Anillo externo: diámetro interno 162 mm; altura de 87 mm

Para el concreto:

Molde: espesor de 40 mm

10 Anillo interno: diámetro interno de 294.6 mm; diámetro externo de 320.1 mm; altura de 165 mm

Base de acero: diámetro interno de 400.1 mm; diámetro externo de 460 mm; altura de 15 mm

Anillo externo: diámetro interno de 400 mm; altura de 165 mm

15

Procedimiento utilizado:

- Aceitar la superficie de los moldes y vaciar el material de los mismos.
- En el momento de desmoldear, retirar las dos partes
20 del anillo externo y la base del molde del anillo de concreto o mortero.
- Sellar el fondo del anillo con cera de parafina o una cinta de aluminio adhesivo.
- Colocar el anillo en un soporte plano y pegar los

indicadores (2-3).

- Sellar la parte superior con el mismo agente de sellado utilizado para el fondo. Esta operación permite tener el secado del material sólo de la superficie externa del
5 anillo.

- Iniciar el registro de los indicadores (una medición cada 5-30 minutos)

- Una disminución repentina en la medición de desplazamiento indica un agrietamiento. La disminución
10 repentina por lo general es de aproximadamente 10 micras de desplazamiento para la muestra de mortero y de aproximadamente 2-6 micras de desplazamiento para la muestra de concreto.

- La prueba se detuvo a los 28 días si no se
15 detectaron grietas.

Ejemplo comparativo 1

Se diseñó una mezcla cementosa para aplicación de concreto, utilizando un polímero súper-absorbente en polvo
20 como el agente de curado interno.

Se diseñaron cuatro mezclas, que comprendieron una referencia -donde no se utilizó SAP, por lo tanto no se agregó ningún sistema de curando formulado interno- y tres pruebas en donde se adjuntaron tres diferentes

concentraciones de SAP en polvo.

En la Tabla 4 se representan los cuatro diseños de mezcla.

Tabla 4 - Diseños de mezcla para el ejemplo 1, en donde se observó el comportamiento del SAP en polvo

5

10

15

20

25

		DISEÑO DE LA MEZCLA			
		Referencia	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
OPC CEM I52.5 R	kg/m ³	350	350	350	350
Agua	kg/m ³	180	180	180	180
w/c	-	0.51	0.51	0.51	0.51
Volumen de la pasta	l/m ³	291	291	291	291
Arena	kg/m ³	890	890	890	890
Agregado grueso (4.8 mm)	kg/m ³	390	390	390	390
Agregado grueso (8.16 mm)	kg/m ³	480	480	480	480
Súper-plastificante	% de aglutinante	0.59	0.59	0.59	0.59
	kg/m ³	2.07	2.07	2.07	2.07
Súper-absorbente (polvo)	kg/m ³	-	0.50	1.50	5.00
RESULTADOS					
Prueba de asentamiento	mm	190	140	90	45
Clase de asentamiento	--				
Prueba de contracción plástica - agrietamiento					
Grieta	--				
Ancho de la grieta	mm			SÍ	NO
Prueba de contracción restringida - anillo					
Días para el agrietamiento	--				

Como se puede observar a partir de la Tabla 4, los SAP son efectivos como agentes de curado interno -mientras que la mezcla cementosa de referencia, en la prueba de agrietamiento, experimentó agrietamiento por contracción plástica, la mezcla cementosa 3, donde se agregaron 5 kg/m³ de SAP, no tuvo grietas al final de la prueba de agrietamiento.

También las muestras con el SAP se comportaron mejor en la prueba de anillo -mientras la muestra de Referencia se agrietó justo después de 3 días, la muestra 3 no tuvo agrietamiento debido a una contracción restringida.

A pesar de los resultados buenos y alentadores obtenidos con el uso de los SAP en polvo como agentes de curado interno, una vez que se introdujo el SAP en polvo en la mezcla, éste se endureció, teniendo una maleabilidad muy reducida, debido a la rápida absorción de agua del SAP y el consiguiente hinchamiento del polímero. De hecho, utilizando el mismo diseño de mezcla, el material moldeable producido fue de un S4 a un S2 debido a la absorción de agua por el súper-absorbente. La posible solución de aumentar la dosificación del súper-plastificante altera las características del material, debilitando por lo tanto la calidad del producto final, y por lo tanto se debe evitar.

A pesar de los buenos resultados de utilizar los SAP

como agentes de curado interno, el uso de un material en polvo en aplicaciones reales posee diversas restricciones, a saber debidas a la maleabilidad reducida del material después de la adición del SAP.

5

Ejemplo 2

Este ejemplo muestra el procedimiento para formular el sistema de curado interno, de acuerdo con una modalidad de la invención.

10 El agua y el polisacárido se mezclaron juntos en un recipiente bajo agitación continua. El mezclando de los dos ingredientes continuó durante 2 horas, durante las 2 horas aumentó ligeramente la viscosidad de la mezcla. Después de las 2 horas, y todavía bajo mezclado continuo, se agregó
15 sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Debido a la disociación iónica de la sal introducida, la viscosidad de la mezcla experimentó un aumento considerable, alcanzando un pico cercano a 1200 MPa•s. Después de este pico, la viscosidad del pico disminuyó, alcanzando aproximadamente 200 MPa•s.
20 Aproximadamente en este momento, más específicamente 140 minutos después de iniciar la preparación de la formulación, se introdujo en la mezcla un polímero súper-absorbente.

La mezcla final tuvo una consistencia lechosa debido a la suspensión de polímeros, no obstante no se observó

segregación ni precipitación del polímero. La mezcla permaneció estable durante 6 meses.

Los porcentajes molares finales de los diferentes componentes agregados durante la formulación están
5 comprendidos en las siguientes variaciones.

Tabla 5 Diferentes variaciones de los componentes utilizados en la formulación del sistema de curado interno

10	Agua	60-70%
	Polisacárido	0.1-0.5%
	$Al_2(SO_4)_3$	17-25%
	SAP	7-25%
	Total	100%

Por ejemplo:

15	Agua	60.00%
	Polisacárido	0.10%
	$Al_2(SO_4)_3$	19%
	SAP	21%
	Total	100%

Ejemplo 3

20 El tercer ejemplo demostró el efecto de las diferentes concentraciones de los SAP en una aplicación en el concreto.

El contenido de sólidos secos del sistema de curado interno formulado en el ejemplo 2 se utilizó en este ejemplo en diferentes porcentajes de aglutinante: 0.3%, 0.6% y 1.1%

10

15

20

En comparación con el primer ejemplo presentado en esta descripción de la invención, el uso de un sistema de curado interno formulado no afectó dramáticamente el asentamiento del concreto. El concreto permaneció a S4, incluso cuando se
5 agregó en la mezcla el 1.1% del contenido de sólidos secos en el sistema de curado interno formulado relacionado con el contenido de aglutinante.

La prueba de agrietamiento también reveló grietas más pequeñas con el uso del sistema de curado interno formulado.
10 Mientras que en la muestra de referencia, se tuvieron grietas con una anchura máxima de 0.35 mm, la prueba 3 dio por resultado en falta de grietas. Además, las grietas obtenidas en la prueba 2 tuvieron una anchura más pequeña que la superior en la prueba de referencia.

15

Ejemplo 4

En este ejemplo, se quiso confirmar la eficiencia del sistema de curado interno formulado en el ejemplo 2 en una mezcla de concreto donde se utilizaron otros materiales
20 cementosos suplementarios, además del cemento Portland, a saber material de relleno de escoria y cal. Nuevamente, se agregaron diferentes porcentajes de contenido de sólidos secos del sistema de curado interno, a saber 0.3%, 0.5% y 1.1% con relación al % del aglutinante total utilizado.

Tabla 7 - Diseños de la mezcla para el ejemplo 4

		DISEÑO DE LA MEZCLA			
		Referencia	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
5	OPC CEM I52.5 R	kg/m ³	210	210	210
	Escoria	kg/m ³	90	90	90
	Material de relleno de cal	kg/m ³	10	10	10
	Agua	kg/m ³	161	161	161
	w/b	-	0.52	0.52	0.52
	Volumen de la pasta	I/m ³	306	306	306
10	Arena	kg/m ³	860	860	860
	Agregado finos	kg/m ³	475	475	475
	Agregado gruesos	kg/m ³	570	570	570
	Súper-plastificante	% de aglutinante	0.7	0.7	0.7
	Sistema de curado interno	kg/m ³	--	0.825	1.65
		% de aglutinante	--	0.3	0.5
15	Resultados				
	Asentamiento	mm	200	210	190
	Clase de asentamiento	--	S4	S4	S4
	Prueba de contracción plástica - agrietamiento				
20	Grieta	--	SÍ	SÍ	NO
	Ancho de la grieta	mm	0.6	0.55	0

Una vez nuevamente, el asentamiento del concreto final no se afectó significativamente por la inclusión del sistema de curado interno formulado de acuerdo con la presente invención.

Después de llevar a cabo la prueba de agrietamiento, se observó una reducción en la anchura máxima de la grieta cuando se agregó una mayor dosificación (en el contenido de sólido seco) del sistema de curado interno formulado; de hecho, la utilización del 1.1% de un agente de curado interno formulado no condujo a agrietamiento del material debido a la contracción plástica.

Ejemplo 5

El Ejemplo 5 se llevó a cabo para investigar la forma en que el sistema de curado interno del Ejemplo 2 se podría desempeñar en aplicaciones en pavimento.

En la Tabla 8 se detalla el diseño de la mezcla para esta prueba.

Tabla 8 - Diseño de la mezcla para aplicación en pavimento

	DISEÑO DE LA MEZCLA		
		Virgen	Pavimento de prueba
OPC CEM I52.5 R	kg/m ³	517	517
Agua	kg/m ³	256	256
w/c	-	0.50	0.50
Volumen de la pasta	I/m ³	420	420
Arena de 0/4 mm triturada	kg/m ³	695	695
Arena de 0/4 mm redonda	kg/m ³	737	737

	Súper-plastificante	% de aglutinante	0.7
		kg/m³	3.41
	Sistema de curado interno	kg/m³	4.3
		% de aglutinante	0.83
	Resultados		
	Asentamiento	mm	260
	Clase de asentamiento	--	S5
	Prueba de contracción plástica - agrietamiento		
	Grieta	--	SÍ
	Ancho de la grieta	mm	1.15
			-

Se observa que el sistema de curado interno también es efectivo en mezclas bastante fluidas, tales como para aplicaciones en pavimento, manteniendo el asentamiento mientras se reduce el agrietamiento por contracción plástica.

Ejemplo 6

El sistema de curado interno del Ejemplo 2 también se probó en una mezcla muy fluida diseñada para optimizar las propiedades de auto-colocación del producto final.

En la Tabla 9 se compilan el diseño de la mezcla utilizada y los resultados obtenidos Tabla 9.

Tabla 9 - Diseño de la mezcla para concreto fluido

	DISEÑO DE LA MEZCLA		
		Referencia	Prueba 1
5	Cemento OPC tipo II	kg/m ³	350
	Agregados de 4/8 mm	kg/m ³	448
	Agregados de 8/16 mm	kg/m ³	672
	Arena de 0/4 mm	kg/m ³	1120
	Agua	kg/m ³	175
10	Súper-plastificante	% de aglutinante	0.8
	Sistema de curado interno	% de aglutinante	0.6
		kg/m ³	2.1
	RESULTADOS		
	Propiedades en fresco		
15	Flujo del asentamiento	mm	550
	Clase del asentamiento	--	SF1
	Prueba de contracción restringida - anillo		
	Tiempo de agrietamiento	h	171
	Resistencia a la compresión		
20	28 días	Mpa	63.78
			62.86

Se puede observar que el asentamiento no se influyó por la adición del sistema de curado interno utilizado mientras que el tiempo de agrietamiento en la prueba de anillo fue mucho mayor cuando se utilizó el sistema de curado interno (más de 250 horas para agrietarse, en comparación con la

referencia que tomó únicamente 171 horas).

Ejemplo 7

Para comprender la forma en que la formulación podría
 5 afectar el diseño de la mezcla concreto que tenga un alto
 contenido de aglutinante, se llevó a cabo el ejemplo 7
 utilizando un total de 436 l/m³ de volumen de pasta, que
 comprendió 400 kg/m³ de cemento tipo II y 185 kg/m³ de cenizas
 volantes. La cantidad del contenido de sólido seco del
 10 sistema de curado interno se aumentó al 2% del peso del
 aglutinante.

Tabla 10 -Diseño de la mezcla y resultados obtenidos para
 el Ejemplo 7

	DISEÑO DE LA MEZCLA		
		Referencia	Prueba 1
15	Cemento OPC tipo II	kg/m ³	400
	Cenizas volantes	kg/m ³	185
	Agregados de 4/8 mm	kg/m ³	294
	Agregados de 8/16 mm	kg/m ³	515
	Arena de 0/4 mm	kg/m ³	659
	Agua	kg/m ³	215
20	Volumen de la pasta	l/m ³	436
	Súper-plastificante (ASC)	% de aglutinante	0.9
	Sistema de curado interno (ASC)	% de aglutinante	--
		kg/m ³	2
			11.7

5

RESULTADOS			
Propiedades en fresco			
Flujo del asentamiento	mm	720	725
Clase del asentamiento	--	SF2	SF2
Prueba de contracción restringida - anillo			
Tiempo de agrietamiento	h	48	>672
Resistencia a la compresión			
28 días	Mpa	65.7	64.1

10 Se puede observar que el asentamiento no se afectó por
el uso del sistema de curado interno. También, los resultados
de la prueba de anillo fueron mejores cuando se agregó la
formulación del sistema de curado interno -después de 28 días
el concreto no se agrietó cuando se utilizó el sistema de
15 curado interno, mientras que cuando no se agregó el sistema
de curado interno, el concreto se agrietó después de 48
horas.