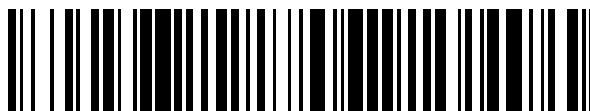


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 858**

51 Int. Cl.:

**C04B 18/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2011 PCT/EP2011/073070**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12084716**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2011 E 11815442 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2655279**

54 Título: **Procedimiento de producción de agregados a partir de composiciones de cemento**

30 Prioridad:

**21.12.2010 EP 10196236**

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

**29.04.2019**

73 Titular/es:

**MAPEI S.P.A. (100.0%)  
Via Cafiero 22  
20158 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**FERRARI, GIORGIO;  
SURICO, FRANCESCO;  
BROCCHI, ALBERTO;  
BANFI, EMANUELE;  
MALTESE, CRISTIANO y  
SQUINZI, MARCO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 710 858 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**

Procedimiento de producción de agregados a partir de composiciones de cemento

**Breve descripción de la invención**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de agregados a partir de hormigón fresco y otras composiciones de cemento. Particularmente la presente invención encuentra una aplicación conveniente para hormigón no fraguado residual que excede la cantidad requerida para completar el trabajo y, más generalmente, para mezclas de hormigón que, por cualquier razón, no se colocan y necesitan ser recicladas.

**Descripción del estado de la técnica**

10 Hoy en día, la mayor parte del hormigón utilizado en el sitio de construcción o similar se envía en camiones mezcladores desde las plantas de fabricación de hormigón en forma de hormigón premezclado. En la mayoría de los casos, el hormigón residual no fraguado que no se ha utilizado en el sitio de construcción es devuelto por los mismos mezcladores de camiones a la planta de fabricación de hormigón.

15 La razón principal para el hormigón residual es que los contratistas normalmente ordenan a la planta de fabricación un excedente del hormigón requerido para la finalización del trabajo. De hecho, las empresas de construcción normalmente prefieren comprar una cantidad superabundante de hormigón en lugar de sufrir la escasez durante las operaciones de fundición, provocada por errores de estimación u otros accidentes imprevistos. En el caso de estos inconvenientes, las desventajas de las etapas de aplicación sucesivas y la necesidad de ordenar una cantidad adicional de hormigón es una fuente de considerable pérdida de tiempo y dinero.

20 Las incómodas operaciones y los costes para tratar con el hormigón recuperado son una carga pesada para la planta de fabricación de hormigón que acepta el hormigón residual del sitio de construcción. De hecho, cuando se retorna el hormigón restante no fraguado, la mayoría de las veces se desecha como un residuo industrial, con la disipación de recursos y costes adicionales. En los últimos años, la eliminación de residuos se ha vuelto más costosa y más difícil debido a restricciones de ley, que desalienta la eliminación en vertederos y, por el contrario, alienta el reciclaje de residuos. De hecho, la Directiva Europea 2008/98/CE establece que la eliminación en vertederos se debe considerar la última opción para el tratamiento de residuos y que el reciclaje de residuos de la construcción se debe incrementar por lo menos hasta un 70 por ciento para el año 2020.

Por estas razones, existe un gran esfuerzo para evitar la eliminación del hormigón restante y se han propuesto muchos tratamientos para el reciclaje y reutilización efectivos de hormigón residual no fraguado de otra forma.

30 Aparte de aquellos tratamientos que utilizan hormigón residual para la producción de elementos de hormigón para rompeolas, contrapesos u otros bloques que, después del endurecimiento, se Trituran y se utilizan como material para calzada, se han propuesto otros procedimientos y dispositivos.

35 El documento DE 3906645 describe un aparato de lavado para hormigón residual no fraguado compuesto por un mezclador en el que el hormigón residual se lava con agua limpia. Mediante la rotación de un sistema en espiral dentro del tambor del dispositivo de lavado, la grava y la arena se lavan, se separan y se extraen del mezclador y la suspensión de cemento sobrenadante diluido se recoge en un tanque de sedimentación. La arena y la grava, purificadas de las partículas de cemento, luego se transfieren al área de almacenamiento y se pueden reutilizar como agregados para la producción de hormigón. La suspensión de cemento diluido en el tanque de sedimentación se deja sedimentar y, después de la sedimentación de las partículas de cemento en forma de lodo, el agua clarificada se puede reutilizar parcialmente como agua de mezcla para el hormigón y el lodo de cemento se retira periódicamente del tanque y se desecha como residuos. Este sistema permite el reciclaje de grava y arena, pero tiene varias desventajas. En primer lugar, no se evita la producción de residuos. De hecho, los lodos de cemento, después de la sedimentación en el tanque, se deben eliminar y desechar periódicamente. En segundo lugar, se requiere una gran cantidad de agua para lavar el hormigón residual, es decir, de 1,5 a 2 metros cúbicos de agua por metro cúbico de hormigón, produciendo grandes volúmenes de agua contaminada. Solo una pequeña fracción de esta agua se puede reutilizar como agua de mezcla para la producción de hormigón nuevo, debido a la presencia de sales disueltas y sólidos suspendidos, que interfieren con la hidratación del cemento y tienen efectos perjudiciales en el desarrollo de la resistencia mecánica del hormigón. Por lo tanto, el exceso de agua que no se puede reutilizar se debe tratar antes de desecharse, con costes adicionales y la carga de la obligación del permiso para descargar.

40 El documento DE 19518469 describe un procedimiento de reutilización de hormigón residual que comprende (a) la adición, en el camión mezclador que contiene el hormigón residual del sitio de trabajo, de una cantidad calculada con precisión de un retardador de hidratación del cemento basado en derivados de ácido fosfónico antes del fraguado y (b) agregar nuevo hormigón fresco en el mezclador del camión al final del período de retardo deseado, de modo que la proporción de cemento en las fracciones de hormigón fresco y viejo sea por lo menos 2:1. Este procedimiento permite mantener el hormigón residual no fraguado en camión mezclador durante la noche o durante el fin de semana y reutilizarlo a la mañana siguiente en combinación con el nuevo hormigón, evitando de esta manera la eliminación del hormigón restante y la producción de residuos. No obstante, este procedimiento de reutilización del hormigón residual es bastante complejo. De hecho, es necesario conocer exactamente la

composición del hormigón residual, su cantidad, trabajabilidad, temperatura y el tiempo transcurrido desde la mezcla. Luego, se agrega agua al hormigón residual en el camión de mezcla con el fin de obtener un valor de asentamiento de aproximadamente 200 mm, seguido de la cantidad correcta de derivado de ácido fosfónico, calculado de acuerdo con las numerosas variables mencionadas anteriormente y el tiempo esperado de reutilización. Adicionalmente, en el momento de la reutilización, la proporción de la mezcla de hormigón residual con el nuevo hormigón se debe controlar cuidadosamente para evitar un retardo excesivo no deseado en el desarrollo de resistencia mecánica del nuevo hormigón. Por estas razones, este procedimiento es bastante difícil de implementar en la planta de fabricación de hormigón y no es práctico.

La patente japonesa JP 4099583 divulga un procedimiento en el que el hormigón residual se trata con aditivos que evitan el endurecimiento del cemento, pero permiten la coagulación del hormigón residual. Luego, el hormigón coagulado se seca y se solidifica con fuerzas de unión débiles y se puede triturar mediante dispositivos de trituración no presurizados y los agregados se pueden separar del polvo de cemento mal hidratado y reciclar. Este sistema permite recuperar el agregado sin generar una gran cantidad de aguas residuales, pero tiene la desventaja de que el agente inhibidor del endurecimiento se debe eliminar por completo de los agregados recuperados con el fin de evitar el retraso de la hidratación del cemento cuando el agregado reciclado se utiliza para la producción de nuevo hormigón. Adicionalmente, este procedimiento no evita la generación de residuos porque las fracciones de polvo que se separan de los agregados no se pueden reutilizar y se deben desechar. Finalmente, el hormigón residual se debe dejar durante aproximadamente una semana antes de que se seque y es necesario asegurar grandes áreas para este largo plazo y, por lo tanto, este procedimiento no es práctico desde este punto de vista.

El modelo de utilidad japonés 3147832 describe un material para el tratamiento de hormigón residual que permite el reciclaje del hormigón restante sin requerir mucho espacio o un largo período de tiempo. El material comprende un polímero superabsorbente en forma de polvo o granular sellado en una cubierta formada por papel soluble en agua. Cuando este material se agrega a un mezclador que contiene hormigón residual, la cubierta de papel soluble en agua se disuelve o dispersa y el polímero superabsorbente se pone en contacto con el hormigón. Después de unos minutos de mezcla, generalmente de 5 a 10 minutos, el polímero superabsorbente se hincha y absorbe parte del agua del hormigón residual formando un gel que incorpora cemento y las otras partículas finas. Esta estructura de red cubre los agregados y produce un material granular que puede descargarse del mezclador. El período de tiempo para el endurecimiento del material granular es corto en comparación con el tiempo requerido para el hormigón coagulado del procedimiento descrito en la patente japonesa JP 4099583. Adicionalmente, este sistema no produce residuos porque las partículas de cemento y los otros finos se incorporan a la red de gel que cubre los agregados. De esta manera, todo el hormigón residual se puede transformar en un material granular y reciclar convenientemente como material de relleno para la calzada.

En comparación con los otros procedimientos descritos en la técnica anterior, el procedimiento reivindicado en el Modelo de Utilidad Japonés 3147832 tiene la ventaja de evitar la producción de residuos, pero aún presenta limitaciones e inconvenientes. De hecho, cuando se agrega el polímero superabsorbente al hormigón residual, al principio absorbe el agua libre y forma una red de gel con cemento y agregados más finos (arena, relleno, etc.) pero con el tiempo el agua absorbida se libera de la mezcla y los materiales granulares se vuelven más húmedos y pegajosos y tienden a aglomerarse nuevamente. Si la mezcla continúa durante períodos de tiempo más prolongados, ya no es posible obtener el material granular y la masa de hormigón dentro de el camión mezclador puede formar grandes bloques rígidos, lo que requiere esfuerzos se descargarlos y eliminarlos, con una pérdida de tiempo y costes adicionales

Este inconveniente puede ocurrir incluso con más frecuencia cuando el hormigón residual contiene adiciones minerales finas, como en el hormigón autocompactante (SCC), un hormigón altamente fluido y no segregador que se está volviendo cada vez más popular en los últimos años. El diseño de SCC incluye una alta dosificación de superplastificantes y una gran cantidad de polvos finamente divididos, como carbonato de calcio, microsilíceo u otros rellenos. En presencia de tales materiales suplementarios, la estructura de red del gel formado por el polímero superabsorbente es más suave en comparación con el gel de hormigón normal y los granos tienden a pegarse entre sí mucho más fácilmente, favoreciendo la reaglomeración de hormigón residual.

Otro límite del procedimiento propuesto por el Modelo de utilidad japonés 3147832 es que no es efectivo para el hormigón recuperado que contiene un exceso de agua, que normalmente se agrega para evitar la rigidez y coagulación durante la ruta desde el lugar de trabajo hasta la planta de mezcla de hormigón. En este caso, una dosis adicional de polímero superabsorbente no es factible porque la estructura de red del gel se vuelve viscosa y pegajosa y, en lugar de formar materiales granulares estables, se puede aglomerar la mezcla de hormigón.

Otro inconveniente del modelo de utilidad japonés 3147832 es que los polímeros superabsorbentes absorben agua por un mecanismo físico. Dicha agua solo se consume parcialmente por la hidratación del cemento, mientras que la mayor cantidad permanece en la red de gel y se evapora cuando los materiales granulares se fraguan y endurecen, dejando una pasta de cemento altamente porosa que cubre los agregados. Debido a la alta porosidad de esta pasta de cemento, los granos endurecidos se caracterizan por una alta absorción de agua y no cumplen con las normas técnicas para el uso de agregados en el hormigón. Por consiguiente, los materiales granulares resultantes del proceso descrito en el Modelo de Utilidad Japonés 3147832 no se pueden utilizar como agregados para la

producción de hormigón sino solo como material de relleno para calzada, con limitaciones obvias en la cantidad que es posible reciclar en la construcción.

El documento JP 2009 126761 divulga la agregación de hormigón residual por medio de polímeros superabsorbentes en ausencia de acelerador de fraguado instantáneo.

- 5 El documento DE 19533083 divulga la preparación de un material granulado para uso como material de lecho de carretera mediante la adición de silicatos, aluminatos y un polímero de acetato/acrilato de vinilo para lodos.

**Sumario de la invención**

10 El objeto de la presente invención se refiere a un nuevo procedimiento para reciclar el hormigón fresco residual que transforma el hormigón residual no fraguado en materiales granulares, en un corto período de tiempo y sin producción de residuos. Adicionalmente, el nuevo procedimiento no se limita al hormigón residual, sino que es efectivo para cualquier tipo de hormigón residual y mezclas de cemento, independientemente de la composición del hormigón y la relación de agua y cemento, superando de esta manera todas las desventajas de los procedimientos descritos en la técnica anterior. El nuevo procedimiento también es efectivo con mezclas de hormigón y composiciones de cemento que contienen agregados reciclados, tales como escombros de hormigón triturado, 15 demoliciones, y con mezclas de hormigón hechas con agregados livianos y otros agregados artificiales, como vidrio poroso, arcilla expandida y materiales plásticos. Otro objeto de la presente invención es la producción de materiales granulares a partir de hormigón residual que, después del curado, se caracterizan por propiedades mecánicas y físicas superiores en comparación con aquellas de la técnica anterior y se pueden utilizar como agregados para el hormigón. Un objeto adicional de la presente invención es la producción de materiales granulares a partir de mezclas 20 de hormigón recuperado y otras composiciones de cemento que se caracterizan por nuevas propiedades para otras aplicaciones valiosas en el campo de muebles de calle y de jardín, hormigón ligero, aplicaciones decorativas y otras aplicaciones valiosas.

Los agregados de la presente invención se pueden producir fácilmente directamente en camiones mezcladores o en otras plantas de mezcla de acuerdo con el procedimiento descrito a continuación.

25 **Descripción detallada de la invención**

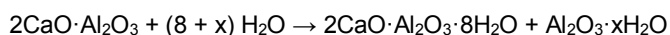
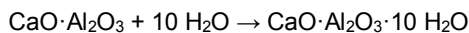
El procedimiento de producción de agregados a partir de hormigón fresco y composición de cemento de la presente invención comprende de acuerdo con la Reivindicación 1 la adición de a) un acelerador de fraguado instantáneo seleccionado desde silicato de sodio o sustancias que forman hidratos de aluminio de calcio y b) un polímero 30 superabsorbente para el hormigón no fraguado que contiene un excedente de agua y mezclar esta mezcla en los camiones mezcladores u otros dos de mezclado, opcionalmente en la presencia de otros ingredientes, hasta que se forman materiales granulares.

35 Se encontró sorprendentemente que la adición de un acelerador de fraguado instantáneo y un polímero superabsorbente al hormigón fresco en un camión mezclador u otro dispositivo de mezcla, transforma sinérgicamente el hormigón fresco en un material granular y elimina todas las desventajas de los procedimientos descritos en la técnica anterior. Particularmente, la producción de materiales granulares a partir del hormigón residual ya no se ve afectada por la relación agua a cemento o por la presencia de rellenos. Otra característica sorprendente de la presente invención es que los materiales granulares obtenidos combinando aceleradores de fraguado instantáneo y polímeros superabsorbentes se caracterizan por características superiores en comparación con aquellos producidos de acuerdo con la técnica anterior y se pueden reutilizar como agregados para hormigón.

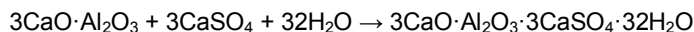
40 Adicionalmente, al agregar otros ingredientes a la mezcla de hormigón residual u otras composiciones de cemento, además de los aceleradores de fraguado instantáneo y los polímeros superabsorbentes, es posible producir materiales granulares que se caracterizan por nuevas propiedades que pueden encontrar aplicaciones en muchos campos, como muebles de calle y jardín, hormigón liviano, aplicaciones decorativas y otras aplicaciones valiosas.

45 Los aceleradores de fraguado instantáneo incluyen compuestos formadores de hidratos de aluminio de calcio y silicato de sodio. El término "hidratos de aluminio de calcio" incluye los productos de hidratación del aluminio de calcio (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y otros hidratos, tales como las fases AFt y AFm, que se forman cuando el aluminio de calcio y otros compuestos de aluminio se agregan al hormigón residual. La fase AFt representa las sustancias con la fórmula general [Ca<sub>3</sub>(Al,Fe)(OH)<sub>6</sub>·12H<sub>2</sub>O]<sub>2</sub>·X<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, en la que X es un anión cargado doble o 2 aniones cargados sencillos. El compuesto más representativo de esta fase es ettringita, de la fórmula Ca<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>·26H<sub>2</sub>O. La fase AFm 50 representa un grupo de compuestos con fórmula empírica [Ca<sub>3</sub>(Al,Fe)(OH)<sub>6</sub>]<sub>2</sub>·X·nH<sub>2</sub>O, en la que X es un anión de cara única o medio anión de carga doble. Los aniones típicos son hidroxilo, sulfato y carbonato.

El aluminio de calcio reacciona con agua de acuerdo con las siguientes reacciones:

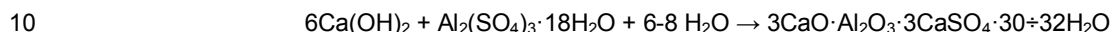


Cuando se agrega aluminato de calcio a las mezclas de hormigón, la hidratación del aluminato de calcio se acelera fuertemente debido a la presencia de hidróxido de calcio y yeso. En particular, en presencia de sulfato de calcio, el aluminato de calcio produce instantáneamente ettringita, de acuerdo con la siguiente reacción:



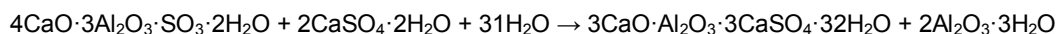
- 5 Con el fin de aumentar la cantidad de ettringita formada cuando se agrega aluminato de calcio al hormigón residual, se puede suministrar sulfato de calcio adicional mediante adición externa.

Otros compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio adecuados para la presente invención se describen a continuación. En un procedimiento, el sulfato de aluminio  $\text{Al}_2\text{SO}_4\cdot 18\text{H}_2\text{O}$  reacciona con hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y forma ettringita ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 30\div 32\text{H}_2\text{O}$ ) de acuerdo con la siguiente reacción:



El  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ya está presente en la mezcla de hormigón residual en cantidad suficiente para producir los iones de calcio necesarios para la producción de ettringita; alternativamente, se pueden suministrar mediante adición externa en forma de nitrato de calcio u otras sales solubles, si es necesario. En este último caso, es preferible que el sulfato de aluminio y las sales de calcio solubles se puedan mezclar antes de la adición.

- 15 De acuerdo con otro procedimiento, se puede formar ettringita a partir de sulfo-aluminato de calcio  $\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SO}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y yeso  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  a través de la siguiente ecuación química:



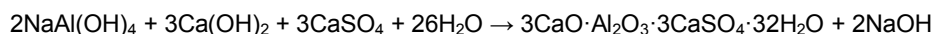
El yeso ya está presente en la mezcla de hormigón residual, pero se puede agregar con sulfo-aluminato de calcio en forma sólida premezclada.

- 20 En otra realización, la ettringita se forma al mezclar aluminato de calcio  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  y anhidrita  $\text{CaSO}_4$  de acuerdo con la siguiente ecuación química:

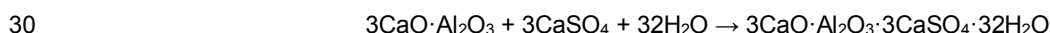


También en este caso, el yeso ya está presente en la mezcla de hormigón residual, pero se puede agregar con sulfo-aluminato de calcio en forma sólida premezclada.

- 25 Adicionalmente, en otra realización aluminato de sodio  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ , hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y yeso  $\text{CaSO}_4$  reaccionan de acuerdo con la siguiente reacción:



Aún en otra realización, se puede agregar cemento de alúmina al hormigón residual con el fin de formar ettringita de acuerdo con la siguiente reacción:



También en este caso, el yeso ya está presente en la mezcla de hormigón residual, pero se puede agregar a cemento de alúmina en forma sólida premezclada.

Para los propósitos de la presente invención, se puede utilizar convenientemente cualquiera de los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio mencionados anteriormente.

- 35 La formación de la fase AFm es siempre concurrente y complementaria con la formación de las fases AFt. Ejemplos de compuestos de AFm son hemicarboaluminato  $\{\text{C}_3\text{A}\cdot\text{Ca}[(\text{OH})(\text{CO}_3)_{0.5}]\cdot x\text{H}_2\text{O}\}$ , Monocarboaluminato ( $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaCO}_3\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) y Monosulfoaluminato ( $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaSO}_4\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ). Las fases AFt y AFm se forman en sistemas de hormigón fresco en presencia de los compuestos de aluminio mencionados anteriormente y las proporciones mutuas en las que se forman dependen del tipo de cemento, el tipo y la cantidad de compuestos de aluminio, la relación agua a cemento, tiempo de hidratación y condiciones de curado.

- 40 Polímeros superabsorbentes (SAP) es el término general que se refiere a los polímeros capaces de retener una gran cantidad de agua en comparación con su peso. Cuando los SAP entran en contacto con el agua, las moléculas de agua se difunden en el espacio vacío dentro de la red de polímeros, hidratando las cadenas de polímeros. De acuerdo con la estructura del polímero, el polímero se puede hinchar como un gel polimérico o disolverse lentamente. Esta etapa se puede revertir al eliminar el agua y los SAP vuelven a un estado sólido colapsado. La capacidad de absorber agua se denota por la relación de hinchamiento que es la relación del peso de los SAP hinchados a los SAP secos. La relación de hinchamiento está determinada por el grado de ramificación y entrecruzamiento, la estructura química de los monómeros que forman la red de SAP y factores externos tales como el pH, la concentración iónica de la solución y la temperatura. Debido a su capacidad para interactuar con el agua, estos polímeros a veces se denominan hidrogeles. Ejemplos de SAP se resumen en la Tabla 1.
- 50

**Tabla 1 Ejemplo de SAPs caracterizados por la fuente y la naturaleza de sus grupos laterales.**

| Categoría            | Polímeros                             | Monómero                    |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Polímeros naturales  | Celulosa, quitosano, colágeno         |                             |
| Polímeros sintéticos |                                       |                             |
| SAPs neutros         | Poli(hidroxiethylmetacrilato) (PHEMA) | Hidroxiethyl<br>Metacrilato |
|                      | Poli(etilenglicol) (PEG)              | Etilenglicol                |
|                      | Poli(óxido de etileno) (PEO)          | Óxido de etileno            |
| SAP iónicos          | Ácido poliacrílico (PAA)              | Ácido acrílico              |
|                      | Ácido polimetacrílico (PMMA)          | Ácido metacrílico           |
|                      | Poliacrilamida (PAM)                  | Archilamida                 |
|                      | Ácido poliláctico (PLA)               | Ácido láctico               |

Los SAP que se preparan a partir de monómeros iónicos absorben mucha más agua que los de monómeros neutros debido a la repulsión electrostática entre las cadenas de polímeros. El grado de entrecruzamiento corresponde al número de uniones químicas. Cuanto mayor sea el grado de entrecruzamiento, menor será la distancia entre los dos entrecruzamientos, lo que dará como resultado un menor grado de hinchamiento. El grado de hinchamiento también depende de factores externos tales como el pH y la temperatura. Los SAP hechos de monómeros ácidos, tales como el ácido acrílico o el ácido metacrílico, se pueden desprotonar a un pH superior a 7 para crear una carga negativa a lo largo de las cadenas de polímero, y la repulsión electrostática conduce a un mayor grado de hinchamiento en dicho ambiente básico. Los polímeros superabsorbentes que son particularmente adecuados para los propósitos de la presente invención son los SAP iónicos de la Tabla 1 y, particularmente aquellos basados en poliacrilamida modificada con ácido acrílico, con estructura tanto lineal como entrecruzada.

Quando los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio mencionados anteriormente y los polímeros superabsorbentes se agregan a las mezclas de hormigón fresco u otras composiciones de cemento fresco, los hidratos de aluminato de calcio se forman instantáneamente y se precipitan de la solución, consumiendo muchas moléculas de agua que se unen químicamente en la estructura de aluminato. Esta reacción provoca el secado del hormigón residual y una reducción abrupta de la trabajabilidad, incluso en presencia de excedentes de agua. Después de la formación de hidratos de aluminato de calcio, los polímeros superabsorbentes se hinchan y absorben moléculas de agua adicionales, formando una estructura de red de gel que incorpora cemento, los cristales de hidratos de aluminato de calcio y los otros componentes finos del hormigón, como arena y rellenos. Mediante la rotación de los camiones mezcladores u otros dispositivos de mezcla, una capa de esta estructura de red de gel cubre los agregados de la mezcla de cemento y se adhiere firmemente a su superficie, formando un material granular que consiste en agregados cubiertos por la red de gel. Estos granos, debido al bajo nivel de agua residual y la presencia de los cristales de hidratos de aluminato de calcio, no se pegan entre sí y se pueden desechar y curar fácilmente a granel sin aglomeración. La presente invención combina el consumo químico de agua por los hidratos de aluminato de calcio y la absorción física por el polímero superabsorbente. Mediante este procedimiento, se eliminan todos los problemas provocados por el excedente de agua y por la presencia de una gran cantidad de finos en el hormigón residual y, más en general, en cualquier composición de cemento fresco.

El tiempo de mezcla depende del tipo de hormigón y la dosificación de los aditivos. Normalmente, varía de 3 a 10 minutos, pero se pueden aplicar tiempos más largos. Por lo tanto, mediante el procedimiento de la presente invención es posible agregar los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio y los polímeros superabsorbentes al hormigón residual en los camiones mezcladores en el sitio de trabajo y producir los materiales granulares durante la ruta del sitio de trabajo a la planta mezcladora de hormigón. De esta manera, cuando los camiones mezcladores llegan a la planta de fabricación de hormigón, los materiales granulares ya se han formado y pueden descargarse directamente, con un ahorro considerable de tiempo y un aumento de la productividad.

Adicionalmente, mediante la adición de los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio, queda menos agua evaporable después de la hidratación del cemento y la porosidad del material granular resultante es sustancialmente menor en comparación con el caso en el que solo se utilizan SAP. Como resultado, la absorción de agua se reduce y las propiedades mecánicas de los materiales granulares se mejoran definitivamente. Estas mejoras aumentan significativamente la posibilidad de reciclar el hormigón residual como agregados en la industria

de la construcción. Se considera que se producen efectos similares cuando se utiliza silicato de sodio como acelerador de ajuste instantáneo.

Los aceleradores de fraguado instantáneo y los polímeros superabsorbentes se pueden agregar a la mezcla de hormigón por separado o se pueden mezclar como un solo producto.

- 5 La dosificación de los aceleradores de fraguado instantáneo útiles para la presente invención depende de la composición y las características de la mezcla de hormigón y puede variar en el intervalo desde 0,3 hasta 50 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente desde 0,6 hasta 20 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente desde 0,8 hasta 15 kg/m<sup>3</sup> de hormigón fresco. Se puede agregar en forma sólida o líquida según la naturaleza del acelerador.

- 10 También la dosificación de los polímeros superabsorbentes está relacionada con las características del hormigón fresco residual y varía desde 0,05 hasta 10 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente desde 0,1 hasta 5 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente desde 0,15 hasta 2 kg/m<sup>3</sup> de hormigón residual.

Cuando los aceleradores de fraguado instantáneo y los polímeros superabsorbentes son sólidos, se pueden mezclar como un solo aditivo y la proporción de los ingredientes puede variar de acuerdo con el intervalo de dosificación de los componentes individuales.

- 15 Se pueden agregar otros ingredientes, además de los aceleradores de fraguado instantáneo y los polímeros superabsorbentes, al hormigón residual y otras composiciones de cemento, con el fin de mejorar adicionalmente las características de los materiales granulares resultantes o para impartir a los materiales granulares resultantes otras propiedades deseadas. Estos ingredientes incluyen agentes aceleradores de cemento y hormigón, activadores de hidratos de aluminatos que forman compuestos, agentes retardantes, agentes impermeabilizantes y repelentes al agua, inhibidores de la eflorescencia, escorias, puzolanas naturales, humo de sílice, cenizas volantes, pigmentos y agentes colorantes, materiales plásticos y de caucho, arcillas, perlas de vidrio poroso hueco, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes.
- 20

- 25 Los aceleradores de fraguado y endurecimiento incluyen, por ejemplo, nitrato de calcio y sodio, cloruro de sodio y sodio, trietanolamina, tiocianato de sodio e hidrato de silicato de calcio, pero cualquier otro agente capaz de acelerar la hidratación del cemento se puede utilizar convenientemente para la presente invención. Los activadores para la formación de las fases AFt y AFm incluyen compuestos de calcio solubles orgánicos e inorgánicos, como, por ejemplo, hidróxido de calcio, nitrato de calcio, acetato de calcio, formiato de calcio y tiocianato de calcio. Los ejemplos de retardantes son gluconato de sodio y calcio, sacarosa y otros derivados de carbohidratos y carbohidratos, ácido cítrico y citratos. Los agentes impermeabilizantes y repelentes al agua incluyen compuestos organosilícicos tales como siliconas, silano y siloxanos, sílice coloidal y nano-sílice y estearato de calcio, pero cualquier otra sustancia que tenga efectos similares se puede utilizar convenientemente. Los ingredientes complementarios mencionados anteriormente se pueden formular con los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio y los polímeros superabsorbentes como un producto único o se pueden agregar por separado durante la mezcla del hormigón residual.
- 30

- 35 Se pueden utilizar sustancias con alto contenido de sílice amorfa, tales como el humo de sílice y otros materiales puzolánicos naturales o sintéticos para mejorar la durabilidad de los materiales granulares de la presente invención y para prevenir la formación de eflorescencias provocadas por el hidróxido de calcio.

- 40 Con el fin de impartir nuevas propiedades para otras aplicaciones valiosas en el campo de muebles de jardín y de calle, se pueden agregar pigmentos y otras sustancias colorantes con los ingredientes principales. Como ejemplo, se pueden utilizar pigmentos a base de óxidos de hierro, manganeso, zinc y cromo, con el fin de impartir a los materiales granulares colores negro, marrón, rojo, amarillo y verde. Se pueden obtener diferentes colores y efectos con pigmentos orgánicos, incluidos los tintes fluorescentes. Tanto los pigmentos y tintes orgánicos como inorgánicos se pueden utilizar en forma de polvo, pasta, solución o dispersión. Los agregados de color resultantes se pueden utilizar, después del curado, para muebles de jardín y de calle. Al seleccionar adecuadamente el tipo y la distribución del tamaño de partícula de los agregados en la mezcla de hormigón y el cemento blanco, es posible producir materiales granulares con un valor estético sobresaliente. Estos materiales se pueden pulir y utilizar como sustitutos de piedras naturales duras en pisos de terrazo y otras aplicaciones.
- 45

- 50 Además de los componentes mencionados anteriormente, se pueden utilizar muchas otras sustancias con el fin de impartir propiedades específicas a los materiales granulares de la presente invención. Por ejemplo, la adición de fertilizantes a los ingredientes principales puede representar un elemento complementario útil cuando los materiales granulares de la presente invención se utilizan como elementos decorativos para alfareros y potes de flores. De esta manera, además del efecto decorativo debido al material granular coloreado, la liberación controlada del fertilizante garantiza una dosificación prolongada y controlada de nutrientes al suelo. En otras aplicaciones, la adición de herbicidas y/o pesticidas a los ingredientes principales puede asegurar la liberación controlada de sustancias capaces de preservar las plantas de plagas e insectos peligrosos.
- 55

Otra aplicación de la presente invención es la producción de agregados ligeros al agregar a la mezcla de hormigón fresco u otras composiciones de cemento materiales plásticos o de goma finamente divididos. Una vez que los materiales plásticos o de goma se han incorporado en el hormigón o las mezclas de cemento, la adición de los

aditivos de la presente invención produce materiales granulares que incorporan completamente las partículas de plástico y caucho. Estos agregados se caracterizan por una menor densidad en comparación con los agregados naturales y se pueden utilizar convenientemente para la producción de hormigón liviano.

5 Después de la producción, los materiales granulares se descargan de los camiones mezcladores u otros dispositivos de mezcla y se pueden almacenar a granel en un área de tamaño limitado y endurecer en poco tiempo. Por ejemplo, si los materiales granulares se producen al final de la jornada laboral, dentro de las siguientes 12-24 horas, logran una resistencia mecánica suficiente para trabajar con la excavadora mecánica y para trasladarlos al área de almacenamiento de agregados u otros destinos.

10 Aunque los materiales granulares ya se caracterizan por una buena forma y distribución del tamaño de partículas cuando se producen en los camiones mezcladores u otros dispositivos de mezcla, es posible mejorar aún más su suavidad mediante un tratamiento final en una placa giratoria, en la que la laminación de los granos en la placa imparte al material granular de la presente invención una forma esférica. La placa giratoria puede tener diferentes dimensiones, con inclinación variable y velocidad de rotación. El tiempo de residencia de los materiales granulares en la placa giratoria normalmente entre unos pocos segundos y algunos minutos.

15 La preparación de los materiales granulares y las características de los productos resultantes y su uso se describen con más detalle en los siguientes ejemplos.

**Ejemplo 1**

20 El hormigón autocompactante (SCC) se preparó al mezclar cemento Portland (CEM I 52,5 R), microsílíce (sílice amorfa con una distribución de tamaño de partícula promedio de 1 µm), un superplastificante acrílico (Dynamon SX producido por Mapei), un aditivo retardante (Mapetard producido por Mapei), agregados (diámetro máximo 20 mm) y agua. La composición y las características de la mezcla de hormigón fresco se reportan en la siguiente tabla.

**Tabla 2 Composición y características de SCC (Hormigón de Autocompactación)**

| Cemento               | Microsílíce          | Superplastificante     | Agente retardante     | Granulometría de agregado |           |       | W/C  | Asentamiento (mm) |                   |
|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------|-------|------|-------------------|-------------------|
|                       |                      |                        |                       | 0-8 mm                    | 10- mm 20 | Arena |      | Después de 7 min  | Después de 30 min |
| 420 kg/m <sup>3</sup> | 40 kg/m <sup>3</sup> | 1,43% bwc <sup>a</sup> | 0,2% bwc <sup>a</sup> | 65%                       | 30%       | 5%    | 0,38 | 230               | 230               |

<sup>a</sup> bwc = en peso de cemento

25 Debido a la presencia de microsílíce y superplastificante, el hormigón fresco tenía una excelente fluidez y, al mismo tiempo, era resistente a la segregación. Adicionalmente, la adición del aditivo retardante mantuvo la trabajabilidad del hormigón fresco durante más tiempo y, después de 30 minutos, el hormigón tenía el mismo valor de asentamiento inicial de 230 mm.

30 Este hormigón se ha utilizado para evaluar la eficiencia del procedimiento de la presente invención en comparación con aquel descrito en el Modelo de utilidad japonés 3147832 y los resultados de los diferentes ensayos se muestran en la Tabla 3, En el primer ensayo (Ensayo 1) de acuerdo con la presente invención, 48 gramos de un compuesto formador de hidratos de aluminato de calcio que consiste en sulfato de aluminio, que corresponde a una dosificación de 2,4 kg/m<sup>3</sup> de hormigón residual, y 4 gramos de un polímero superabsorbente que consiste en una poliácridamida aniónica, que corresponde a una dosificación de 0,2 kg/m<sup>3</sup>, se agregaron a 20 litros de mezcla de hormigón fresco que tiene la composición y las características de la Tabla 2, Después de 5 minutos de mezclar, el hormigón ya no era homogéneo y aparecía como un grupo de granos compuestos por los agregados cubiertos por la red de gel de polímeros superabsorbentes, cemento, microsílíce, arena e hidratos de aluminato de calcio. La mezcla de hormigón se transfirió luego a una placa giratoria durante aproximadamente 1 minuto, en la que la laminación de los granos en la placa dio al material granular de la presente invención una forma esférica. Este ensayo confirmó que la combinación de sulfato de aluminio y poliácridamida aniónica produjo un material granular a partir de una mezcla de hormigón, independientemente de la presencia de finos y altas dosificación de aditivos retardantes.

45 El segundo ensayo (Ensayo 2) se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en el Modelo de utilidad japonés 3147832 al agregar a la composición de la Tabla 2 (valor de asentamiento de 230 mm después de 30 minutos de mezcla) 4 gramos de un polímero superabsorbente que consiste en una poliácridamida aniónica, que corresponde a una dosificación de 0,2 kg/m<sup>3</sup> de hormigón residual. Después de 5 minutos de mezcla, el hormigón tenía un valor de asentamiento de 150 mm. Esta mezcla de hormigón se transfirió a una placa giratoria, pero no se formaron materiales granulares ni siquiera mediante laminación durante 10 minutos adicionales.



5 En el tercer ensayo (Ensayo 3), la dosificación de polímero superabsorbente del Ensayo 2 se incrementó a 0,6 kg/m<sup>3</sup>. Después de 5 minutos de mezclar, el valor de asentamiento de la composición de hormigón de la Tabla 2 se redujo a 70 mm y el aspecto del hormigón fue rígido. Esta composición de hormigón se transfirió a una placa giratoria en la que, por efecto del movimiento giratorio, se transformó en granos de gran diámetro. Al continuar adicionalmente la laminación de la placa, estos granos se aglomeraron en una masa única que ya no era posible separar. Los ensayos 2 y 3 indicaron claramente que en el caso de mezclas de hormigón muy ricas en finos y que contienen aditivos retardantes, no es posible obtener materiales granulares solo utilizando polímeros superabsorbentes.

10 En el cuarto ensayo (Ensayo 4), se agregaron 72 gramos de un compuesto formador de hidratos de aluminato de calcio que consiste en sulfato de aluminio, que corresponde a una dosificación de 3,6 kg/m<sup>3</sup> de hormigón residual, a la composición de hormigón de la Tabla 2, sin polímero superabsorbente. Después de 5 minutos de mezclar, la mezcla de cemento resultante no fue homogénea. Este ensayo confirmó que tanto los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio como los polímeros superabsorbentes eran necesarios para obtener materiales granulares.

15 Los resultados de estos ensayos se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3 Resultados de los ensayos en hormigón de autocompactación**

| Ensayo |                    | Dosificación kg/m <sup>3</sup> de hormigón)              |                           | Producto final                       |
|--------|--------------------|--|---------------------------|--------------------------------------|
|        |                    | Compuestos formadores de Hidratos de aluminato de calcio | polímeros superabsorbente |                                      |
| 1      | Presente invención | 2,4  | 0,2                       | Material granular                    |
| 2      | Comparativo        | 0  | 0,2                       | Hormigón con trabajabilidad reducida |
| 3      | Comparativo        | 0  | 0,6                       | Masa adhesiva única                  |
| 4      | Comparativo        | 3,6  | 0                         | material no homogéneo                |

20 Este ejemplo indica claramente que la adición de compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio a los polímeros superabsorbentes fue necesaria para obtener el material granular a partir de la mezcla de hormigón de la Tabla 2.

**Ejemplo 2**

Este ejemplo simula las condiciones de restauración de la fluidez del hormigón residual cuando se agrega un excedente de agua a los camiones mezcladores para evitar la rigidez del hormigón durante la ruta desde el lugar de trabajo hasta la planta de mezcla de hormigón.

25 Las tandas de hormigón caracterizadas por unos valores de asentamiento inicial de 220 ± 10 mm se prepararon en un mezclador utilizando cemento Portland CEM II/A-LL 42,5, superplastificante acrílico (Dynamon SX producido por Mapei) y agregados con un diámetro máximo de 30 mm. Después de 90 minutos de la mezcla, se midió nuevamente el valor de asentamiento y se agregó agua para restaurar un valor de asentamiento de 240 ± 10 mm, simulando las condiciones del hormigón recuperado que se devuelve a la planta de mezclado de hormigón con un excedente de agua. Se agregaron el compuesto formador de hidratos de aluminato de calcio y el polímero superabsorbente como se define en la reivindicación 1 en los ensayos 5, 6, 7 y 8, mientras que en el ensayo comparativo 9 solo se utilizó un polímero superabsorbente, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4 Composición y características del hormigón utilizado para la simulación de hormigón recuperado con un excedente de agua**

| Composición/<br>características              | Ensayo 5<br>(Presente invención) | Ensayo 6<br>(Presente invención) | Ensayo 7<br>(Presente invención) | Ensayo 8<br>(Presente invención) | Ensayo 9<br>(Comparativo) |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Dosificación de cemento (kg/m <sup>3</sup> ) | 300                              | 302                              | 304                              | 304                              | 299                       |
| Superplastificante (% bwc <sup>a</sup> )     | 0,7                              | 0,7                              | 0,7                              | 0,7                              | 0,7                       |

35

(continuación)

| Composición/<br>características  | Ensayo 5<br>(Presente<br>invención) | Ensayo 6<br>(Presente<br>invención) | Ensayo 7<br>(Presente<br>invención) | Ensayo 8<br>(Presente<br>invención) | Ensayo 9<br>(Comparativo) |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| W/C  | 0,65                                | 0,65                                | 0,65                                | 0,65                                | 0,65                      |
| Asentamiento inicial (3 min)   | 220                                 | 215                                 | 220                                 | 220                                 | 220                       |
| Asentamiento después de<br>90 min  | 65                                  | 65                                  | 60                                  | 60                                  | 65                        |
| Excedente de agua<br>agregada para restaurar el<br>asentamiento a 240 mm ±<br>10 (%)   | 20                                  | 20                                  | 19                                  | 19                                  | 20                        |
| Poliacrilamida aniónica<br>(kg/m <sup>3</sup> )  | 0,2 <sup>b</sup>                    | 0,2 <sup>c</sup>                    | 0,2                                 | 0,2                                 | 0,2                       |
| Sulfato de aluminio (kg/m <sup>3</sup> )   | 2,7                                 | 2,7 <sup>c</sup>                    | -                                   | -                                   | -                         |
| Aluminato de sodio (kg/m <sup>3</sup> )  | -                                   | -                                   | 2,7                                 | -                                   | -                         |
| Cemento con alto contenido<br>de alúmina -85% aluminato<br>de calcio (kg/m <sup>3</sup> )  | -                                   | -                                   | -                                   | 15                                  | -                         |
| Yeso (kg/m <sup>3</sup> )  | -                                   | -                                   | -                                   | 1,5                                 | -                         |
| Formación de material<br>granular  | si                                  | si                                  | si                                  | si                                  | no                        |
| <sup>a</sup> bwc = en peso de cemento<br><sup>b</sup> Se agrega Poliacrilamida 2 minutos después del sulfato de aluminio<br><sup>c</sup> Se agregaron sulfato de aluminio y poliacrilamida juntos como un producto único |                                     |                                     |                                     |                                     |                           |

Después de 5 minutos de la adición de sulfato de aluminio y poliacrilamida, los ensayos de hormigón 5, 6, 7 y 8 se transformaron en materiales granulares directamente en el mezclador, produciendo un grupo de gránulos lisos de pequeñas dimensiones. Estos resultados indican claramente que el procedimiento de la presente invención es efectivo también en el caso de hormigón residual caracterizado por un excedente de agua. Por otro lado, el ensayo comparativo del hormigón 9, que contiene solo poliacrilamida aniónica, no pudo transformarse en material granular. Este hormigón se transfirió a la placa giratoria, donde se granuló dando lugar a gránulos caracterizados por un aspecto húmedo. Al continuar la laminación de la placa durante más de 20 minutos, el material granular se aglomeró en granos más grandes y, finalmente, en una masa plástica. Este ejemplo indica que la adición de compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio a los polímeros superabsorbentes fue necesaria para obtener material granular de un hormigón residual que contiene un excedente de agua.

### Ejemplo 3

El objetivo de este ejemplo es demostrar que las características de los materiales de cemento producidos de acuerdo con el procedimiento de la presente invención, al utilizar los compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio y los polímeros superabsorbentes, son sustancialmente diferentes de aquellas obtenidas por el procedimiento descrito en el modelo de utilidad japonesa 3147832, en el que solo se utilizan polímeros superabsorbentes.

Las tandas de hormigón caracterizadas por un asentamiento inicial de 220 ± 10 mm se prepararon en un mezclador al utilizar cemento Portland CEM II/A-LL 42,5 (dosificación de 300 kg/m<sup>3</sup>), superplastificante acrílico (Dynamon SX producido por Mapei) y agregados con un diámetro máximo de 30 mm.

Después de 30 minutos de mezcla, el valor de asentamiento de la mezcla de hormigón mencionada anteriormente fue de aproximadamente 80 mm y se agregaron los compuestos que forman hidratos de aluminato de calcio y el polímero superabsorbente como se define en la reivindicación 1 en el ensayo 10, mientras que solo se utilizó el polímero superabsorbente en el ensayo comparativo 11, como se muestra en la siguiente Tabla 5.

**Tabla 5 Composición y características del hormigón utilizado en el Ejemplo 3**

| Compuesto/Características  | Ensayo 10 (Presente invención) | Ensayo 11 (Comparativo) |
|--|--------------------------------|-------------------------|
| Dosificación de cemento (kg/m <sup>3</sup> )                                 | 300                            | 299                     |
| Superplastificante(% bwc <sup>a</sup> )                                      | 0,7                            | 0,7                     |
| W/C  | 0,60                           | 0,60                    |
| Asentamiento inicial (3 min)   | 215                            | 215                     |
| Asentamiento después de 30 minutos   | 85                             | 80                      |
| Poliacrilamida aniónica (kg/m <sup>3</sup> )                                 | 0,2 <sup>b</sup>               | 0,2                     |
| Sulfato de aluminio (kg/m <sup>3</sup> )                                     | 4,0                            | -                       |
| Asentamiento después de 5 minutos desde la adición de agentes de granulación | 0                              | 0                       |
| <sup>a</sup> bwc = en peso de cemento  |                                |                         |
| <sup>b</sup> Se agregó poliacrilamida con Sulfato de aluminio                |                                |                         |

Aunque tanto el hormigón residual del ensayo 10 de acuerdo con la presente invención como aquel del ensayo comparativo 11 se pueden transformar en materiales granulares al mezclar en la placa giratoria, sus características fueron completamente diferentes, como se demuestra el ensayo de consistencia de Vebé. De acuerdo con el procedimiento estándar EN 12350-3, este procedimiento de ensayo proporciona una medida de la consistencia del hormigón rígido que no tiene un asentamiento mensurable. En estos casos, la consistencia se expresa como el tiempo, en segundos, requerido para que una masa dada de hormigón fresco se consolide por vibración externa en un molde cilíndrico. Los resultados del ensayo de Vebé de los ensayos 10 y 11 se presentan en la siguiente Tabla 6.

**Tabla 6 Resultados de los ensayos de Vebé sobre hormigón residual tratado de acuerdo con el procedimiento de la presente invención (Ensayo 10) y solo con polímero superabsorbente (Ensayo comparativo 11)**

| Ensayo de muestra                                    | Ensayo de Vebé (segundos)        |                                   |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|
|  | Después de 5 minutos de mezclado | Después de 20 minutos de mezclado |
| Material Granular del ensayo 10 (Presente invención) | No medible                       | No medible                        |
| Material granular de las Prueba 11 (Comparativo)     | 7                                | 9                                 |

Los resultados de la Tabla 6 indican claramente que el comportamiento de acuerdo con el ensayo de Vebé de materiales granulares del ensayo 10 y el ensayo 11 fue completamente diferente. De hecho, mientras que el material granular del ensayo comparativo 11, bajo el efecto de la vibración externa, se compactó a sí mismo y llenó completamente el molde cilíndrico en pocos segundos, como un hormigón rígido típico, el material granular del ensayo 10, inmediatamente después de comenzar la vibración externa, se colapsó como un material incoherente. Este resultado indica que la presencia de tanto los compuestos formadores de hidratos de aluminio de calcio como los polímeros superabsorbentes como se define en la reivindicación 1 produce materiales granulares que son mucho más secos y sustancialmente diferentes de aquellos obtenidos al utilizar solo los polímeros superabsorbentes.

Las mezclas de hormigón del ensayo comparativo 11 y el ensayo 10 se transformaron en materiales granulares con la ayuda de una placa giratoria y se curaron durante 28 días en condiciones estándar (23°C y 95% r.h.). Después del curado, la fracción entre 10 a 20 mm de cada ensayo se recogió por separado y la absorción de agua se midió de acuerdo con el procedimiento UNI-EN 1097-6:2002 en cada fracción. Los resultados de la siguiente Tabla 7 indican que los materiales granulares del ensayo 10 producidos de acuerdo con la presente invención se caracterizan por una absorción de agua mucho menor en comparación con el material granular del ensayo comparativo 11 y, por lo tanto, se pueden utilizar como agregado en el hormigón.

**Tabla 7 Resultados de los ensayos de absorción de agua sobre materiales granulares obtenidos por el procedimiento de acuerdo con la presente invención (Ensayo 10) y solo con polímero superabsorbente (ensayo comparativo 11)**

| Ensayo de muestra                                    | Absorción de agua (%) |
|--|-----------------------|
| Material granular del ensayo 10 (presente invención) | 1,8                   |
| Material granular del ensayo 11 (Comparativo)        | 4,7                   |

#### 5 Ejemplo 4

En este ejemplo, los materiales granulares producidos de acuerdo con el procedimiento del ensayo 10, después de curar durante 28 días en condiciones estándar (23°C y 95% r.h.), se probaron como sustitutos de agregados naturales para producir hormigón nuevo. Se produjeron dos mezclas de hormigón, caracterizadas por la misma dosificación de cemento, relación agua a cemento y clasificación similar de agregados. El primer hormigón (Ensayo 12) se produjo utilizando una fracción del material granular del ensayo 10 como un sustituto parcial de los agregados naturales, mientras que el segundo hormigón (Ensayo comparativo 13) se preparó utilizando solo agregados naturales. Para la producción del hormigón del ensayo 12 no fue posible utilizar todos los materiales granulares del ensayo 10 porque el proceso de producción de la presente invención aumenta la clasificación de los agregados originales del hormigón residual. De hecho, debido a la cobertura de los agregados por la red de gel de polímero superabsorbente, cemento, arena y agregados más finos, a los materiales granulares resultantes les faltaban las fracciones finas de los agregados originales y tenían un exceso de fracciones más grandes. La composición de las diferentes tandas de hormigón se presenta en la siguiente Tabla 8.

**Tabla 8 Composición del hormigón hecho con agregados reciclados del ensayo 10 obtenido por el procedimiento de acuerdo con la presente invención y un hormigón de referencia hecho con agregados naturales con la misma granulometría**

| Composición/Característica                               | Ensayo 12 | Ensayo 13 |
|--|-----------|-----------|
| Dosificación de cemento (kg/m <sup>3</sup> )             | 300       | 302       |
| Dosificación de superplastificante (% bwc <sup>a</sup> ) | 0,50      | 0,50      |
| W/C  | 0,57      | 0,60      |
| AGREGADOS  |           |           |
| Agregados de Ensayo 10 (20-30 mm) (%)                    | 20        | -         |
| Agregados de Ensayo 10 (10-20 mm) (%)                    | 12        | -         |
| Agregados de Ensayo 10 (0-10 mm) (%)                     | 12        | -         |
| Agregados naturales (20-30 mm) (%)                       | -         | 23        |
| Agregados naturales (10-20 mm) (%)                       | -         | 15        |
| Agregados naturales (0-8 mm) (%)                         | 50        | 56        |
| Relleno de carbonato de calcio 0000 (%)                  | 6         | 6         |
| <sup>a</sup> bwc = en peso de cemento                    |           |           |

Los resultados de los ensayos de hormigón se presentan en la siguiente Tabla 9 e indican que los materiales granulares de la presente invención se pueden utilizar como sustitutos de agregados naturales para la producción de hormigón. De hecho, los rendimientos del hormigón preparado con los agregados reciclados del ensayo 10 fueron incluso mejores que los del hormigón preparado con agregados naturales con calificaciones similares.

**Tabla 9 Resultados del ensayo de hormigón hecha con agregados reciclados del ensayo 10 obtenido por el procedimiento de acuerdo con de la presente invención y un hormigón de referencia hecho con agregados naturales con la misma granulometría**

| Número de Ensayo | W/C  | Asentamiento (mm) |        |        | Contenido de aire (%) | Gravedad específica (kg/m <sup>3</sup> ) | Resistencia mecánica (MPa) 20°C 95% r.h. |        |         |
|------------------|------|-------------------|--------|--------|-----------------------|--|--|--------|---------|
|                  |      | 7 min             | 30 min | 60 min |                       |  | 3 días                                   | 7 días | 28 días |
| Ensayo 12        | 0,57 | 200               | 170    | 70     | 1,5                   | 2322                                     | 26,4                                     | 30,7   | 42,6    |
| Ensayo 13        | 0,60 | 200               | 130    | 80     | 1,5                   | 2368                                     | 24,3                                     | 32,5   | 40,2    |

5 Sorprendentemente, el hormigón con los agregados del ensayo 10 producido de acuerdo con la presente invención requirió menos agua de mezcla que el hormigón producido con agregados naturales y mantuvo la fluidez de la mezcla fresca durante más tiempo. Como consecuencia de la reducción de la relación agua a cemento W/C, el hormigón producido con los agregados de la presente invención tuvo una resistencia mecánica definitivamente mayor.

### Ejemplo 5

10 Las tandas de hormigón caracterizadas por valores de asentamiento inicial de 220 ± 10 mm se prepararon en un mezclador al utilizar cemento Portland CEM II/A-LL 42,5, superplastificante acrílico (Dynamon SX producido por Mapei) y agregados con un diámetro máximo de 30 mm. Una mezcla de compuestos formadores de hidratos de aluminato de calcio, polímero superabsorbente como se define en la reivindicación 1 y el pigmento rojo Bayferrox 110C en forma de polvo se agregaron como se muestra en la siguiente Tabla 10.

**Tabla 10 Composición y características del hormigón del Ejemplo 5**

| Composición/Características                                   | Ensayo 14 (Presente Invención) |
|---|--------------------------------|
| Dosificación de cemento (kg/m <sup>3</sup> )                  | 300                            |
| Superplastificante(% bwc <sup>a</sup> )                       | 0,7                            |
| W/C   | 0,60                           |
| Asentamiento inicial (3 min)                                  | 215                            |
| Poliacrilamida aniónica (kg/m <sup>3</sup> )                  | 0,2 <sup>b</sup>               |
| Sulfato de aluminio (kg/m <sup>3</sup> )                      | 4,0                            |
| Bayferrox 110C (kg/m <sup>3</sup> )                           | 10,0                           |
| <sup>a</sup> bwc = en peso de cemento                         |                                |
| <sup>b</sup> Se agregó poliacrilamida con Sulfato de aluminio |                                |

15 Después de 5 minutos de mezclar, se produjo un material granular rojo que, después del curado, se puede utilizar como mobiliario de calle y jardín.

### Ejemplo 6

Este ejemplo describe la producción de agregados ligeros con el procedimiento de la presente invención.

20 Se mezclaron completamente 6 kg de cemento Portland CEMI 52,5R, 18 kg de arena natural que tenía un diámetro máximo de 4 mm y 2,5 kg de plástico reciclado en forma de fibras con una longitud promedio de 0,3 cm en un mezclador de laboratorio. Se agregaron 2,76 kg de agua y 60 gramos de superplastificante Dynamon SP3 producido por Mapei y la composición de cemento resultante se mezcló durante 5 minutos. Posteriormente, se agregaron 10,5 gramos de polímero superabsorbente basado en poliacrilamida aniónica y 240 gramos de sulfato de aluminio, ambos en forma de polvo. Después de 5 minutos adicionales de mezcla, la composición de cemento compuesto se transformó en materiales granulares y todas las fibras plásticas se incluyeron y se unieron dentro de los granos, como se muestra en las imágenes de microscopio electrónico de la Figura. La densidad de los materiales granulares endurecidos, medida después de 7 días de curado a 23°C y 95% r.h., fue de 1,960 kg/m<sup>3</sup>, lo que confirma que estos materiales se pueden utilizar para la producción de agregados livianos.

**Ejemplo 7**

Este ejemplo describe la aplicación del procedimiento de la presente invención a una mezcla de hormigón residual nueva directamente en el camión mezclador.

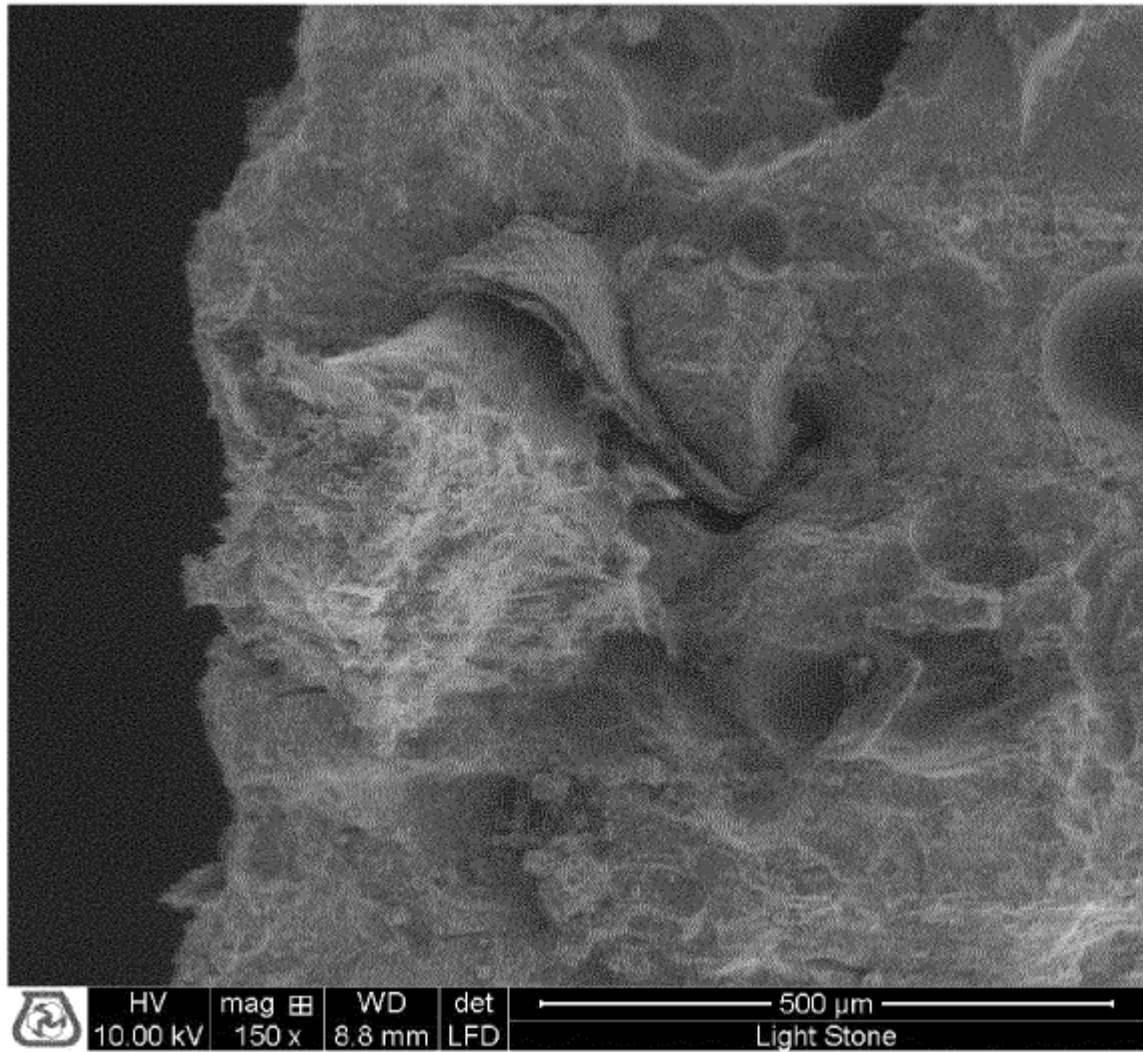
5 Se cargaron 2 metros cúbicos de hormigón residual caracterizados por una dosificación de cemento de  $330 \text{ kg/m}^3$  de cemento (CEMI 42,5 A-LL),  $W/C = 0,48$  y un valor de asentamiento de 210 mm en el tambor de un camión mezclador. Se agregaron 1 kg ( $0,5 \text{ kg/m}^3$  de hormigón residual) de poliacrilamida aniónica en polvo y 12 kg de sulfato de aluminio ( $6 \text{ kg/m}^3$  de hormigón residual) al hormigón residual a través de la abertura superior del tambor. Después de 7 minutos de mezcla, se invirtió el sentido de rotación del tambor y se descargó el material granular formado a partir del hormigón residual de acuerdo con el procedimiento de la presente invención y se dejó endurecer a granel.

10 Después de descargar el material granular formado de acuerdo con la presente invención, se encontró sorprendentemente que el interior del tambor del camión mezclador estaba excepcionalmente limpio.

15 Este ejemplo demuestra que, mediante el procedimiento de la presente invención, es posible no solo evitar la producción de residuos sólidos, al transformar el hormigón residual en materiales granulares que se pueden reutilizar como agregados para la producción de hormigón, sino también reducir la producción de aguas residuales en la planta mezcladora y el consumo de agua

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de producción de agregados a partir de composiciones de cemento fresco, incluido el hormigón y el hormigón residual **que contiene un excedente de agua**, que comprende la adición de a) aceleradores de fraguado instantáneo **seleccionados de silicato de sodio o sustancias que forman hidratos de aluminato de calcio seleccionados de aluminato de calcio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cemento de alúmina o mezclas de los mismos** y b) polímeros superabsorbentes para composiciones de cemento no fraguado fresco y mezclar esta mezcla hasta que se forman materiales granulares.
2. Procedimiento de acuerdo con la **Reivindicación 1**, en el que la dosificación de el acelerador de fraguado instantáneo está en el intervalo desde 0,3 hasta 50 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, preferiblemente desde 0,6 hasta 20 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente desde 0,8 hasta 15 kg/m<sup>3</sup>.
3. Procedimiento de acuerdo con las Reivindicaciones 1 o 2, en el que la dosificación del polímero superabsorbente está en el intervalo desde 0,05 hasta 10 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, preferiblemente desde 0,1 hasta 5 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente desde 0,15 hasta 2 kg/m<sup>3</sup>.
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 3, en el que los aceleradores de fraguado instantáneo y los polímeros superabsorbentes se agregan de forma separada o se mezclan como un producto único.
5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, en el que los ingredientes suplementarios se agregan, de forma separada o en combinación con las sustancias de la Reivindicación 1, incluyendo agentes de aceleración de cemento y hormigón, agentes de activación para la formación de hidratos de aluminato, agentes retardantes, agentes impermeabilizantes y repelentes de agua, inhibidores de eflorescencia, escorias, puzolanas naturales, humo de sílice, cenizas volantes, arena de sílice, carbonato de calcio, pigmentos y agentes colorantes, arcillas, vidrio hueco poroso, herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, materiales plásticos y de caucho.
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 5 en el que el material granular se trata adicionalmente en una placa giratoria.



Figura