

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 610**

51 Int. Cl.:

**C04B 40/00** (2006.01)

**B28C 7/00** (2006.01)

**B28C 7/02** (2006.01)

**C04B 14/10** (2006.01)

**C04B 20/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2016 PCT/US2016/035221**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16196599**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2016 E 16804311 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3303260**

54 Título: **Método para dosificar hormigón**

30 Prioridad:

**04.06.2015 US 201562170951 P**

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

**20.04.2020**

73 Titular/es:

**VERIFI LLC (100.0%)  
62 Whittemore Avenue  
Cambridge, MA 02140, US**

72 Inventor/es:

**TREGGER, NATHAN, A.;  
ROBERTS, MARK, F. y  
HAZRATI, KATI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 754 610 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**

Método para dosificar hormigón

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método para dosificar hormigón.

**10 Antecedentes de la invención**

10 En las Patentes US N<sup>os</sup>. 6.352.952 y 6.670.415 (propiedad de WR Grace y Co.-Conn.), Jardine *et al.* desvelaron que la eficacia de dosificación de los dispersantes usados en el hormigón puede verse disminuida por la presencia de arcilla. Se descubrió que los polímeros de oxialquileno, usados para dispersar partículas de cemento dentro del hormigón, tendían a ser absorbidos por las partículas de arcilla que surgían o eran transportadas por la arena y/u otros agregados usados en la fabricación de hormigón.

15 El documento US 2011/0088599 se refiere a un aditivo de retención de consistencia para modificar la actividad de la arcilla en el hormigón.

20 Jardine *et al.* propusieron solucionar este problema de arcilla usando ciertos compuestos, que, en forma de agentes sacrificiales, fueron absorbidos por las partículas de arcilla que de otro modo habrían absorbido las moléculas dispersantes de cemento de oxialquileno y no estarían disponibles para funcionar como dispersantes de partículas de cemento dentro de la mezcla de hormigón.

25 Los presentes inventores se refieren en el presente documento a agentes modificadores de la actividad de la arcilla, también llamados agentes de mitigación de arcilla, usando el acrónimo "CMA(s)".

Jardine *et al.* enseñaron que el orden de adición de un CMA dependía de la naturaleza química del CMA. Así, si el CMA contenía moléculas catiónicas u orgánicas polares, el CMA se añadía preferentemente a la arcilla antes de que se introdujera agua en la arcilla (véase el documento US 6.670.415, Resumen, líneas 14-16).

30 Para los CMA que tienen una afinidad muy alta por la arcilla, tales como aminos cuaternarios (por ejemplo, aminos poli-cuaternarios), Jardine *et al.* describieron que tales CMA debían añadirse al agregado que contiene arcilla antes, durante o después de la introducción del agua (véase US 6670415 en Resumen, líneas 16-20), y/o podrían añadirse simultáneamente con o antes de agregar el dispersante de cemento (véase el documento US 6670415 en la columna 6, líneas 48-58).

40 En la Patente US 8.257.490 B2 (propiedad de Lafarge S.A.), Jacquet *et al.* enseñaron el uso de agentes inertes que se añadirían preferentemente a la arena que contiene arcilla en la cantera o en la planta de premezclado, preferentemente a la arena primero para evitar el uso excesivo de un superplastificante.

El concepto de tratar agregados en canteras usando CMA se enfatizó aún más en los N.<sup>os</sup> de serie 14/395.603 (Publ. US N.º 2015/0065614) y 14/378.158 (Publ. US N.º 2015/0065614), copropiedad de WR Grace y Co.-Conn.

45 Hasta la presente invención, generalmente se creía que el modo más eficaz para añadir CMA era directamente sobre los agregados que contenían arcilla, ya sea en la cantera o en la planta de mezcla preparada antes de mezclar el agregado con agua y/o dispersante de cemento. Esta adición separada y previa evitaría cualquier competencia entre los CMA, por un lado, y agua y/o el dispersante de cemento por otro lado.

50 Incluso si el dispersante de cemento tuviera una afinidad hacia arcilla mucho menor en comparación con los CMA, se prefirió esta adición separada y previa de CMA porque el objetivo primordial era maximizar el rendimiento reológico y la resistencia del hormigón.

55 También fundamental para el pensamiento convencional fue la suposición de que la adsorción por la arcilla de lcomos CMA es irreversible. Tiene sentido, entonces, para acelerar el proceso de suministro de hormigón, introducir el CMA primero en el agregado de arcilla un hormigón antes de introducir el dispersante de cemento en la mezcla de hormigón.

Sin embargo, la presente invención cambia este pensamiento convencional de maneras fundamentalmente inesperadas.

**60 Sumario de la invención**

65 Al superar las desventajas de los enfoques de la técnica anterior, la presente invención proporciona un proceso y un sistema de monitorización de suministro de hormigón automatizado para lograr la dosificación posterior a la preparación de lotes, durante el tránsito desde la planta de mezcla donde el hormigón se agrupa inicialmente, al sitio de construcción, de una mezcla de hormigón con arcilla transmitida por agregados, de al menos un agente de

mitigación de arcilla (CMA), por lo que se logra una trabajabilidad deseada y una eficiencia de dosificación de la mezcla o mezclas químicas (y/o agua) durante el tránsito.

5 Los presentes inventores se sorprendieron al descubrir que la eficiencia de dosificación de las adiciones controladas de agua, dispersante de cemento, mezcla de arrastre de aire, mezcla de aditivo de eliminación de aire u otros productos químicos en la mezcla de hormigón durante el tránsito puede verse disminuida o afectada de manera perjudicial por la presencia de arcilla en la mezcla de hormigón, incluso si la arcilla se trata inicialmente con CMA antes de que el camión con la mezcla lista salga de la planta de mezcla para embarcarse en la fase de transporte de suministro al sitio de trabajo.

10 Los presentes inventores se sorprendieron aún más al descubrir que la adición de CMA posterior al procesamiento por lotes (durante el transporte) puede ser comparativamente más eficaz en términos del volumen total dosificado en comparación con la administración de CMA en una dosis inicial de una vez, en la planta de mezcla por lotes antes de la fase de tránsito. La eficiencia se mide con una visualización a las dosis totales de CMA, agua, dispersante, mezcla de arrastre de aire, aditivo de eliminación de aire u otros aditivos químicos que se deben administrar para mantener ciertas propiedades del hormigón o parámetros de rendimiento (por ejemplo, asentamiento u otro valor reológico, contenido de aire, etc.) durante la operación de fabricación y suministro de hormigón.

15 El método de la invención para dosificar hormigón, comprende: monitorizar el asentamiento, de forma automatizada usando una unidad procesadora, de una suspensión de hormigón mientras está en un tambor mezclador giratorio durante el tránsito desde una planta de mezcla a un sitio de construcción al que se suministra la suspensión de hormigón, comprendiendo la suspensión de hormigón un aglutinante de cemento, agua, agregado, y arcilla que, en ausencia de un agente de mitigación de arcilla, absorbe la mezcla química, y que está presente en la suspensión de hormigón en una cantidad suficiente para disminuir la eficiencia de dosificación de un dispersante de cemento u otra mezcla química agregada a la suspensión de hormigón; en donde la unidad procesadora de monitorización de asentamiento automatizado (i) mide la pérdida de asentamiento (dS) de la suspensión de hormigón en el tambor mezclador giratorio durante un periodo de tiempo (t) durante el tránsito para obtener un valor medido dS/dt, (ii) compara el valor medido dS/dt con un valor umbral dS/dt almacenado en una ubicación de memoria a la que accede la unidad procesadora, y (iii) detecta cuando el valor medido dS/dt alcanza o excede el umbral almacenado dS/valor dt; y con lo que la unidad procesadora, una vez que el valor medido dS/dt alcanza o excede el valor umbral de dS/dt almacenado, inicia la administración de una dosificación controlada de agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón dentro del tambor mezclador giratorio durante el tránsito, siendo el CMA administrado eficaz para disminuir el valor dS/dt medido por la unidad procesadora de asentamiento automatizado.

20 El usuario puede seleccionar el valor umbral dS/dt almacenado en la memoria y que usa la unidad procesadora para iniciar la adición de CMA durante el tránsito, como se basa en evidencias empíricas o experiencia personal con la cantidad estimada de CMA necesario para tratar un cierto tipo de agregado que contiene arcilla como se usa para un lote de hormigón dado. Por ejemplo, la dosificación de CMA puede determinarse manualmente en función de la medición del valor de azul de metileno (MBV) como se conoce en la industria (véase, por ejemplo, ASTM C1777-14), o usando la medición automática de MBV en el agregado que se transporta mediante una correa u otro método continuo en un contenedor o camión (véase por ejemplo, Patente US 8.561.488). El contenido de arcilla puede cambiar drásticamente y al azar dentro de una fuente agregada dada con el tiempo. Además, las plantas de hormigón a menudo usan varias fuentes de agregados, una práctica que tiende a socavar cualquier capacidad de realizar un seguimiento del contenido de arcilla camión por camión. Dado que la cantidad de arcilla generalmente no se conoce, la capacidad de dosificar CMA(s) durante el proceso por lotes con precisión se ve severamente obstaculizada.

25 Alternativamente, el valor de dS/dt puede calcularse y/o ajustarse mediante la unidad procesadora del sistema de monitorización de asentamiento automatizado durante el tránsito en función de los datos históricos de asentamiento monitorizados por el sistema. Por ejemplo, sistemas automatizados de monitorización de asentamiento, como los disponibles en VERIFI LLC, se pueden programar para considerar cualquier cantidad de variables, como la naturaleza de la arcilla surgida en el material agregado, naturaleza y reactividad del cemento, temperatura ambiente, temperatura del hormigón y otros factores.

30 El asentamiento de la suspensión de hormigón también puede monitorizarse y ajustar teniendo en cuenta el contenido de aire, así como el dispersante y/o el agente de control de aire administrado en la mezcla de hormigón (véase por ejemplo, Patentes de US 8.491.717 y 8.764.273 de Koehler y Roberts (propiedad de WR Grace y Co.-Conn.)).

35 En otros ejemplos de métodos de la invención, la unidad del procesador de monitorización de asentamiento repite las etapas (i), (ii) y (iii) por la cual el agente de mitigación de arcilla se administra en el hormigón en al menos dos casos diferentes durante el tránsito.

40 En otros métodos ejemplares más, el procesador informático de monitorización de asentamiento inicia la administración del agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón, por lo que al menos 21 % y hasta 100 %, más preferentemente al menos 51 % y hasta 100 %, y lo más preferentemente al menos 81 % y hasta 100 %, del volumen total de CMA dosificado en la suspensión de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde el hormigón se colocó en el tambor de mezcla giratorio.

En realizaciones ilustrativas adicionales, la adición posterior al lote o las adiciones de CMA en la suspensión de hormigón durante el tránsito pueden ir acompañadas de la adición de una mezcla química (por ejemplo, dispersante de cemento, en particular un superplastificante) en la suspensión de hormigón. Tal modo de adición simultánea se puede hacer cuando la afinidad por la arcilla (o tasa de adsorción en la arcilla) del CMA es mucho mayor en comparación con la mezcla química. En otra realización ejemplar, las adiciones de CMA posteriores al procesamiento por lotes pueden separarse y preceder a la adición de agua y/o mezcla química posteriores (por ejemplo, dispersante de cemento, mezcla de control de aire, o una mezcla de estos) en el hormigón. Cuando se repiten la(s) adición(es) separada(s) de CMA y mezcla química o agua, se prefiere permitir que el tambor mezclador gire lo suficiente como para permitir que la dosis de CMA (o cualquier otra mezcla química dosificada previamente) se mezcle completamente en el hormigón y se absorba en las partículas de arcilla dentro de la mezcla de hormigón (en adelante denominado adición "escalonada").

La presente divulgación también proporciona un sistema automatizado de monitorización de hormigón para lograr el proceso de adición de CMA posterior al procesamiento por lotes descrito anteriormente. Por ejemplo, el método anterior se puede programar en sistemas de control de asentamiento que están disponibles comercialmente en Verifi, LLC, una sucursal de WR Grace y Co.-Conn., Cambridge, Massachusetts, USA.

Los presentes inventores contemplan que la(s) adición(es) posterior(es) de CMA (en este caso durante la mezcla de hormigón o mortero posterior al lote) se puede aplicar también a mezcladores estacionarios, tal como mezcladoras de bandeja usadas en las industrias de hormigón prefabricado o pretensado, para prolongar el asentamiento u otro parámetro de rendimiento. Por lo tanto, los métodos y sistemas ejemplares de la presente divulgación comprenden tener al menos un caso de adición de CMA después del procesamiento por lotes en un mezclador (tal como un mezclador estacionario en una planta de hormigón prefabricado o planta de hormigón pretensado), por lo que al menos 21 % y hasta 100 %, más preferentemente al menos 51 % y hasta 100 %, y lo más preferentemente al menos 81 % y hasta 100 %, del volumen total de CMA(s) dosificados en el hormigón se añade al hormigón después de la dosificación inicial de agua, aglutinante de cemento y agregados que contienen arcilla para formar la suspensión de hormigón.

Otras ventajas y beneficios de la invención se describen con más detalle a continuación.

### Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características adicionales de la presente invención pueden comprenderse más fácilmente cuando la siguiente descripción detallada de realizaciones ejemplares se toma junto con los dibujos adjuntos, donde

la Fig. 1 es una ilustración gráfica de asentamiento (pulgadas) a lo largo del tiempo (minutos) de tres mezclas de hormigón, dos de las cuales (mostradas en líneas punteadas) fueron tratadas mediante adiciones posteriores a la mezcla durante la mezcla de CMA(s) y dispersante "PC" de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención (el periodo de mezcla se aproxima al tiempo de tránsito de suministro), pero una de las cuales (mostrada en línea continua) se trató de acuerdo con el enfoque de la técnica anterior en donde se añade dispersante solo durante la mezcla;

la Fig. 2 es una ilustración gráfica del asentamiento a lo largo del tiempo de las mezclas de hormigón dosificadas por adelantado (antes del periodo de mezcla que se aproxima a un tiempo de tránsito de suministro) con CMA seguido de adiciones de dispersante solo (ilustrado por las dos curvas inclinadas hacia abajo) en comparación con el asentamiento/tiempo comportamiento del hormigón dosificado de acuerdo con la enseñanza de la invención mediante el cual la CMA y el dispersante se dosifican en puntos escalonados durante la mezcla para mantener un comportamiento de asentamiento/tiempo relativamente constante;

la Fig. 3 es una ilustración gráfica de dos métodos ejemplares de la presente invención (Protocolos 1 y 3) en donde las adiciones escalonadas de CMA dieron como resultado una cantidad de dosis acumulativa relativamente más baja en comparación con un método de la técnica anterior ilustrado por la curva de línea de puntos más alta en donde una dosis de CMA relativamente grande se administró solo por adelantado y el dispersante solo se dosificó durante la mezcla; y

la Fig. 4 es una ilustración gráfica de un método ejemplar de la invención en donde se demostró que la adición de CMA durante la mezcla de hormigón que contiene un dispersante detiene y revierte la pérdida de asentamiento.

### Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

La presente divulgación proporciona un método y sistema de monitorización de hormigón automatizado para mitigar o evitar los efectos nocivos de la arcilla sobre la eficiencia de dosificación de aditivos químicos, tales como dispersantes de cemento (también conocidos como reductores de agua o superplastificantes), agentes de control de aire (incluidos aditivos que incorporan aire, aditivos que eliminan el aire), agua y sus mezclas, que se administran en una mezcla de hormigón que se transporta desde una planta de mezcla preparada (donde los componentes de hormigón se agrupan en el tambor mezclador giratorio del camión de suministro) a un sitio de construcción en donde se suministra la mezcla

de hormigón (se vierte). La arcilla presente en el hormigón surge o es transportada por los agregados de arena u otro agregado, como piedra triturada, roca y/o grava, usada para hacer el hormigón.

5 Los términos "tránsito" y "transporte" se usan para referirse a la fase de la operación de suministro después de agrupar los componentes para formar la suspensión de hormigón en el camión de suministro de mezcla preparada (que tiene un tambor mezclador giratorio) y hasta el lugar del vertido cuando la mezcla de hormigón por lotes se descarga desde el tambor mezclador en el sitio de construcción al que se suministra la mezcla de hormigón.

10 Aunque el método de la presente divulgación que implica la dosificación de CMA posterior al procesamiento por lotes también se puede practicar usando mezcladores estacionarios como se emplearía en las industrias de hormigón prefabricado y pretensado, se cree que el impacto más significativo de la presente invención se sentiría en la industria del hormigón premezclado, porque la energía de cizallamiento acumulativa que se impone sobre las partículas de arcilla contenidas en el hormigón que gira en el tambor de mezcla durante el tránsito es la mayor causa de preocupación con respecto al logro de la eficiencia de dosificación de los reductores de agua caros de alto rango (HRWR) conocidos como superplastificantes.

15 La presente divulgación se refiere al tratamiento de todo tipo de arcillas. Las arcillas pueden incluir, entre otras, arcillas hinchables del tipo 2:1 (como arcillas de tipo esmectita) o también del tipo 1:1 (como caolinita) o del tipo 2:1:1 (como clorita). El término "arcillas" se refiere a silicatos de aluminio y/o magnesio, incluyendo filosilicatos que tienen una estructura laminar; pero el término "arcilla" como se usa en el presente documento también puede referirse a arcillas que no tienen tales estructuras, como arcillas amorfas.

20 La presente divulgación tampoco se limita a arcillas que absorben superplastificantes de polioxialquileño (tales como los que contienen grupos de óxido de etileno ("EO") y/u óxido de propileno ("PO")), pero también incluye arcillas que influyen directamente en las propiedades de los materiales de construcción, ya sea en estado húmedo o endurecido. Las arcillas que se encuentran comúnmente en las arenas incluyen, por ejemplo, montmorillonita, illita, caolinita, moscovita, y clorita. Estas también se incluyen en los métodos y composiciones de la presente divulgación.

25 Las arenas que contienen arcilla y/o roca o grava triturada tratadas por el método de la presente invención pueden usarse en materiales cementosos, ya sea hidratables o no, y tales materiales cementosos incluyen mortero, hormigón, y asfalto, que pueden usarse en edificios estructurales y aplicaciones de construcción, carreteras, cimientos, aplicaciones de ingeniería civil, así como en aplicaciones de prefundidos y prefabricados.

30 El término "arena", como se usa en el presente documento, significará y se referirá a las partículas de agregado que generalmente se usan para materiales de construcción como hormigón, mortero y asfalto, y esto típicamente involucra partículas granulares de tamaño promedio entre 0 y 8 mm, preferentemente entre 2 y 6 mm. Los agregados de arena pueden comprender minerales calcíferos, silíceos o silíceos calizos. Dichas arenas pueden ser arena natural (por ejemplo, derivadas de glacial, depósitos aluviales o marinos que generalmente se degradan de tal manera que las partículas tienen superficies lisas) o pueden ser del tipo "fabricado", que se hacen usando trituradoras mecánicas o dispositivos de molienda.

35 El término "cemento" como se usa en el presente documento, incluye cemento hidratable y cemento Portland que se produce pulverizando clínker que consiste en silicatos de calcio hidráulicos y una o más formas de sulfato de calcio (por ejemplo, yeso) como un aditivo intercalado. Generalmente, el cemento Portland se combina con uno o más materiales cementosos suplementarios, como cemento Portland, ceniza voladora, escoria granulada de alto horno, piedra caliza, puzolanas naturales, o mezclas de las mismas, y se proporcionan como una mezcla. El término "cementoso" se refiere a materiales que comprenden cemento Portland o que de otro modo funcionan como aglutinantes para mantener unidos los agregados finos (por ejemplo, arena), agregados gruesos (por ejemplo, grava, roca, grava) o mezclas de los mismos.

40 El término "hidratable" se refiere a cemento o materiales cementosos que se endurecen por la interacción química con el agua. El clínker de cemento Portland es una masa parcialmente fusionada compuesta principalmente de silicatos de calcio hidratables. Los silicatos de calcio son esencialmente una mezcla de silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , "C<sub>3</sub>S" en notación química de cemento) y silicato dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , "C<sub>2</sub>S") en donde la primera es la forma dominante, con cantidades menores de aluminato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ , "C<sub>3</sub>A") y aluminoferrita tetracálcica ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , "C<sub>4</sub>AF"). Véase, por ejemplo, Dodson, Vance H, Concrete Admixtures (Van Nostrand Reinhold, Nueva York NY 1990), página 1.

45 El término "hormigón" se usará en el presente documento en general para referirse a una mezcla cementosa hidratable que comprende agua, cemento, arena, generalmente un agregado grueso como piedra triturada, roca, o grava, y aditivos químicos opcionales.

50 Se contempla que se puedan usar una o más mezclas químicas convencionales en los métodos y composiciones de la presente divulgación. Estas incluyen, sin limitación, agentes reductores de agua (tales como sulfonato de lignina, condensado de formaldehído de sulfonato de naftaleno (NSFC), condensado de melamina sulfonato formaldehído (MSFC), polímeros de peine de policarboxilato (que contienen grupos de óxido de alquileño tales como grupos "EO"

y/o "PO"), gluconato, y similares); retardadores de sedimentación; aceleradores de sedimentación; agentes de arrastre de aire; agentes de detración de aire (también conocidos como antiespumantes); agentes tensioactivos; y mezclas de los mismos.

- 5 De las mezclas, los polímeros tipo EO-PO, que tienen grupos de óxido de etileno ("EO") y/u óxido de propileno ("PO") y grupos de policarboxilato, son los preferidos. Los dispersantes de cemento contemplados para su uso en métodos y composiciones de la presente divulgación incluyen polímeros EO-PO y polímeros de peine EO-PO, como se describe, por ejemplo, en las Patentes US 6.352.952 B1 y 6.670.415 B2 de Jardine *et al.*, que menciona los polímeros enseñados en la Patente US 5.393.343 (asignada a WR Grace y Co.-Conn.). Estos polímeros están disponibles en WR Grace y  
 10 Co.-Conn., Massachusetts, USA, con el nombre comercial ADVA®. Otro ejemplo de polímero dispersante de cemento, que también contiene grupos EO/PO, se obtiene por polimerización de anhídrido maleico y un polialqueno polimerizable etilénicamente, como se enseña en la Patente US 4.471.100. Además, los polímeros dispersantes de cemento que contienen grupos EO/PO se enseñan en la Patente US 5.661.206 y la Patente US 6.569.234. Estos se denominan convencionalmente dispersantes de cemento de tipo policarboxilato ("PC"). Las cantidades de tales dispersantes de PC usados dentro del hormigón pueden estar de acuerdo con el uso convencional (por ejemplo, 0,05  
 15 % a 0,25 % basado en el peso del polímero activo al peso del material cementoso).

La expresión "agentes mitigadores de arcilla" o CMA se usará en el presente documento en general para referirse a productos químicos que (1) tienen afinidad por las partículas de arcilla dentro de un entorno acuoso (por ejemplo, el  
 20 CMA se une física y/o químicamente a la partícula de arcilla); (2) tienen la capacidad de mitigar (por ejemplo, hacer inerte, menguar, atenuar, evitar) los efectos negativos de la arcilla sobre la eficacia de dosificación y/o el rendimiento de la composición cementosa hidratable; y (3) tienen una capacidad de reducción de agua mínima o nula dentro de un ambiente de pasta o pasta cementosa hidratable por sí solo (en ausencia de arcilla que de otra forma absorbería agua o dispersante químico). Los presentes inventores, al emplear el concepto de "capacidad mínima o nula de  
 25 reducción de agua", están definiendo los CMA en contraste y en contradistinción con los reductores de agua convencionales, particularmente reductores de agua de rango medio (MRWR) y reductores de agua de alto rango (HRWR), incluyendo los llamados superplastificantes (que generalmente se definen como eficaces para reemplazar el 12 % o más de agua mientras se logra el mismo asentamiento).

30 Cuantitativamente, los CMA pueden definirse para los fines de la presente divulgación como con una capacidad *mínima* o *nula* de reducción de agua y que tienen una capacidad de 0-10 % y más preferentemente de 0-5 % para reducir los requerimientos de agua de composiciones cementosas hidratables tales como hormigón. En otras palabras, los CMA contemplados en la presente invención no encajarían en la especificación estándar para HRWR como se define en ASTM C494-13 (y preferentemente estarían muy por debajo de la capacidad mínima de reducción de agua  
 35 del 12 % como se entiende convencionalmente en la industria del hormigón).

Aunque generalmente se describe en las patentes US 6.352.952 y 6.670.415, los CMA contemplados como adecuados para su uso en la presente divulgación pueden incluir cationes inorgánicos, cationes orgánicos, moléculas orgánicas polares capaces de ser absorbidas por la arcilla, dispersantes de arcilla (como un polifosfato), o mezclas de los  
 40 mismos. Como otro ejemplo, en la Patente US 8.257.490), en la Solicitud de Patente US N.º de Serie 11/575.607 (Publ. N.º 2008/0060556 A1) y en la Solicitud de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Publ. N.º 2010/112784 A1) (propiedad de Lafarge S.A.), Jacquet *et al.*, desvelaron composiciones para arcillas "inertes" en agregados que incluyen grupos funcionales de amina cuaternaria tal como dialildialquil amonio, (met)acrilatos cuaternizados de dialquilaminoalquilo y (met)acrilamidas N-sustituidas por un dialquilaminoalquilo cuaternizado.  
 45 También se incluyeron polímeros catiónicos obtenidos por policondensación de dimetilamina y epiclohidrina. Todavía otros ejemplos incluyen (poli) aminas funcionalizadas, tales como los descritos en la Solicitud de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Publ. N.º 2009/127893 A1) (propiedad de S.P.C.M. SA), polímeros de injerto de carboxilato con un peso molecular promedio en peso de 70-250.000 y una relación molar de ácido carboxílico a grupos de polioxilqueno de menos de 2 (Véase por ejemplo, Publ. de Patente US N.º 2015/0133584, copropiedad de WR  
 50 Grace y Co.-Conn. y L'Beste GAT, Ltd.), copolímeros catiónicos hechos de dos o más monómeros, como los descritos en la Patente US 8.461.245 (propiedad de W.R. Grace y Co.-Conn.) y la Solicitud de Patente US N.º de Serie 13.076.944 (Publ. N.º 2012/0252953 A1), un compuesto químico formado por un compuesto hidrófobo con al menos un grupo reactivo con isocianatos, un compuesto hidrófilo con al menos un grupo reactivo con isocianatos y un último compuesto con al menos dos grupos reactivos de isocianato como se describe en la Solicitud de la Organización  
 55 Mundial de la Propiedad Intelectual (Publ. N.º 2010/040796 A1) (propiedad de Construction Research & Technology GMBH).

Los sistemas automatizados de monitorización de asentamiento para monitorizar y ajustar el asentamiento de  
 60 hormigón que se consideran adecuados para su uso en la presente invención están disponibles comercialmente en Verifi LLC, una sucursal de WR Grace y Co.-Conn., 62 Whittemore Avenue, Cambridge, Massachusetts USA.

Los sistemas de monitorización de asentamiento se divulgan de diversas maneras en la bibliografía de patentes creada por Verifi LLC. Estos incluyen la Patente de US 8.118.473 de Compton *et al.*; Patente US 8.020.431 de Cooley *et al.*; Patente US 8.491.717 de Koehler *et al.*; Solicitud de Patente US N.º de Serie 10/599.130 de Cooley *et al.* (Publ. N.º US 2007/70185636 A1); Solicitud de Patente US N.º de Serie 11/834.002 de Sostaric *et al.* (Publ. N.º US 2009/0037026 A1); y Solicitud de Patente US N.º de Serie 258.103 de Koehler *et al.* (Publ. N.º 2012/0016523 A1). Los sistemas de

5 monitorización de asentamiento operan correlacionando la energía requerida para rotar la mezcla de hormigón en el tambor (usando sensores en los valores de carga y descarga de presión en el también de suministro de mezcla preparada, así como el sensor de rotación del tambor) y comparando los valores monitorizados con información y/o datos almacenados en la memoria. Los sistemas permiten la adición controlada de agua y/o mezcla química al hormigón en el tambor mezclador giratorio.

10 Aunque los presentes inventores contemplan que puede ser posible emplear otros dispositivos de monitorización de asentamiento, tales como sensores de sonda de esfuerzo/deformación como se describe en WO 2011/042.880 y US 2012/0204625A1 propiedad de I.B.B. Rheologie Inc. o US 2011/0077778A1 de Sensocrete, para lograr adiciones controladas de CMA después del procesamiento por lotes durante el tránsito (mezcla) basándose en las enseñanzas desveladas en el presente documento, los inventores prefieren la medición de la presión hidráulica.

15 Los sistemas ejemplares de la presente divulgación pueden obtenerse programando sistemas automatizados de monitorización de asentamiento como los disponibles comercialmente de Verifi LLC para realizar los métodos enseñados aquí por los presentes inventores.

20 El método de la invención para dosificar hormigón, comprende: monitorizar el asentamiento, de forma automatizada usando una unidad procesadora, de una suspensión de hormigón mientras está en un tambor mezclador giratorio durante el tránsito desde una planta de mezcla a un sitio de construcción al que se suministra la suspensión de hormigón, comprendiendo la suspensión de hormigón un aglutinante de cemento, agua, agregado, y arcilla que, en ausencia de un agente de mitigación de arcilla, absorbe la mezcla química, y que está presente en la suspensión de hormigón en una cantidad suficiente para disminuir la eficiencia de dosificación de un dispersante de cemento u otra mezcla química agregada a la suspensión de hormigón; en donde la unidad procesadora de monitorización automático de asentamiento (i) mide la pérdida de asentamiento (dS) en la suspensión de hormigón en el tambor mezclador giratorio durante un periodo de tiempo (t) durante el tránsito para obtener un valor medido de dS/dt, (ii) compara el valor medido dS/dt con un valor umbral dS/dt almacenado en una ubicación de memoria a la que accede la unidad procesadora, y (iii) detecta cuando el valor medido dS/dt alcanza o excede el umbral almacenado dS/valor dt; y con lo que la unidad procesadora, una vez que el valor medido dS/dt alcanza o excede el valor umbral de dS/dt almacenado, inicia la administración de una dosificación controlada de agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón dentro del tambor mezclador giratorio durante el tránsito, siendo el CMA administrado eficaz para disminuir el valor dS/dt medido por la unidad procesadora de asentamiento automatizado.

35 Durante distancias más largas desde la planta de mezcla por lotes hasta el sitio de suministro (vertido), podría ser más preferente que la unidad procesadora de monitorización de asentamiento repita las etapas (i), (ii) y (iii) mediante lo cual el agente de mitigación de arcilla (CMA) se administra en el hormigón en al menos dos o más instancias diferentes escalonadas durante el tránsito (del hormigón transportado desde la planta de mezcla al sitio de construcción/suministro).

40 El término "escalonado" como se usa en el presente documento significa y se refiere a al menos dos adiciones de CMA separadas por tiempo. Dependiendo de la naturaleza de los componentes de la mezcla o productos químicos, el tiempo entre adiciones podría requerir una o varias rotaciones completas del tambor antes de lograr una mezcla completa del CMA antes de que el hormigón pueda ser monitorizado de manera eficaz y posteriormente dosificado.

45 Aunque se contempla que una porción de la CMA (junto con cualquier otra mezcla química y agua) se puede administrar en la mezcla por lotes que se introduce en el tambor mezclador giratorio del camión de hormigón en la planta de mezcla, los inventores actuales prefieren añadir al menos la mayoría, si no la mayoría o todo, el CMA a la carga de hormigón durante el tránsito (durante el periodo en que el camión de suministro abandona la planta de mezcla y se dirige al sitio de construcción al que se suministra el hormigón).

50 Así, en realizaciones ejemplares, el procesador informático de monitorización de asentamiento inicia la administración del agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón, por lo que al menos 21 % y hasta 100 %, más preferentemente al menos 51 % y hasta 100 %, y lo más preferentemente al menos 81 % y hasta 100 %, del volumen total de CMA dosificado en la suspensión de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde el hormigón se colocó en el tambor de mezcla giratorio (por ejemplo, como una o más adiciones "posteriores al lote").

60 En otras realizaciones ilustrativas, una parte de la cantidad total acumulativa de CMA añadida en una carga de hormigón dada contenida en el tambor mezclador se añade en la planta de mezcla, la porción que se añade en la planta discontinua comprende preferentemente no más del 79 %, más preferentemente no más del 49 %, y lo más preferentemente no más del 19 % (o incluso ninguno) de la cantidad total acumulativa de CMA administrada en la mezcla hormigón por lotes partícula que se suministra.

65 Como se mostrará en los siguientes ejemplos, fue inesperado y sorprendente para los presentes inventores descubrir que la cantidad acumulativa total de CMA administrada en una mezcla de hormigón por lotes dada podría reducirse a través de las dosificaciones posteriores a la carga administradas a intervalos escalonados durante (tránsito).

- En otras realizaciones, los presentes inventores prefieren tener en cuenta el estado de hidratación del hormigón, para que el sistema pueda monitorizar con mayor precisión la pérdida de asentamiento (dS) con el tiempo (t) debido al efecto arcilla. Una forma de rastrear el estado de hidratación del hormigón es medir la temperatura de la mezcla de hormigón dentro del tambor mezclador giratorio, ya que el comportamiento de hidratación del hormigón se refleja en su comportamiento exotérmico, y para ajustar el dS/dt umbral que se almacena en una ubicación de memoria accesible del procesador. Así, en otros métodos y sistemas ejemplares de la invención, el método de dosificación de hormigón comprende además medir la temperatura de la suspensión de hormigón durante el tránsito y obtener datos de temperatura, y ajustar el valor umbral de dS/dt almacenado en base a los datos de temperatura obtenidos.
- Otros métodos y sistemas ejemplares de la presente descripción comprenden además medir el contenido de aire de la suspensión de hormigón durante el tránsito y obtener datos de contenido de aire, y ajustar el valor umbral dS/dt almacenado en base a los datos de contenido de aire obtenidos. Por ejemplo, el contenido de aire arrastrado de las suspensiones de hormigón puede medirse usando productos de medición de aire basados en sónar disponibles comercialmente en CiDRA, Wallingford, Connecticut, con el nombre del producto AIRtrac™.
- El término "asentamiento" se usa en el presente documento para referirse a la medición del asentamiento vertical de hormigón en pulgadas usando un cono de asentamiento estándar de 12 pulgadas, como se conoce en la técnica del hormigón, pero sería evidente para el experto promedio del hormigón que este término podría referirse a otros parámetros reológicos del hormigón, de modo que este término podría referirse a "flujo de asentamiento" que se refiere a la dispersión horizontal de hormigón altamente fluido liberado en una planta de acero cuando se libera de un cono invertido. Véase, por ejemplo, Patente US N.º 8818561 de Koehler *et al.*, propiedad de VERIFI LLC, una subsidiaria de WR Grace y Co.-Conn.
- Los tambores mezcladores rotativos de hormigón empleados en los métodos y sistemas de monitorización automatizado de la presente descripción preferentemente deben tener una pared interna sobre la cual se montan en espiral al menos dos palas mezcladoras para agitar la suspensión de hormigón durante la rotación del tambor mezclador, y por lo tanto eficaz para mezcla de agua y/o aditivos químicos en la carga de hormigón. Las adiciones de CMA posteriores al procesamiento por lotes enseñadas por la presente divulgación pueden administrarse simultáneamente con al menos otra mezcla química (por ejemplo, dispersante de cemento, preferentemente con un aditivo superplastificante, como un tipo de policarboxilato), y tales administraciones simultáneas de los productos químicos deben estar separadas en el tiempo correspondiente a una duración que sea al menos el tiempo que le lleva al tambor mezclador mezclar completamente los productos químicos de manera uniforme en todo el hormigón mezclado.
- Aunque quizás es más conveniente administrar el CMA y otra mezcla química como un dispersante de cemento simultáneamente a través de adiciones posteriores al procesamiento por lotes, es posible, cuando se usan tanques separados y sistema de distribución, inyectar CMA por separado de otras mezclas de otras sustancias químicas. Así, en otras realizaciones ejemplares, después de una o más adiciones de CMA posteriores al procesamiento por lotes en la suspensión de hormigón, la unidad procesadora automatizada de monitorización de asentamiento inicia una o más adiciones controladas de agua, al menos un aditivo químico, o una mezcla de los mismos en la suspensión de hormigón.
- En realizaciones ilustrativas adicionales, el método y el sistema de dosificación de hormigón emplean la unidad procesadora de monitorización de asentamiento automatizado para iniciar adiciones separadas de una cantidad controlada de al menos otra mezcla química (además del CMA) en la suspensión de hormigón, seleccionando al menos una mezcla química del grupo que consiste en dispersante de cemento (más preferentemente un superplastificante), un aditivo que incorpora aire, un aditivo de eliminación de aire, o una mezcla de los mismos.
- En métodos y sistemas ejemplares de la presente divulgación, el CMA usado para la dosificación posterior a la dosificación durante el tránsito de la suspensión de hormigón se selecciona preferentemente del grupo que consiste en aminas cuaternarias y aminas policuaternarias y derivados de las mismas; policondensados de dimetilamina y epiclorhidrina; polímeros de injerto de carboxilato; (poli)aminas funcionalizadas, o una mezcla de las mismas. Los ejemplos de químicas de CMA adecuadas incluyen los compuestos de amina cuaternaria descritos en las Patentes US 6.352.952 y 6.670.415 (propiedad de WR Grace y Co.-Conn.), y en la Patente US 8.257.490, N.º de Serie 11/575.612 (Publ. N.º 2007/0287794 A1), Solicitud de Patente US N.º de Serie 11/575.607 (Publ. N.º 2008/0060556 A1) y Solicitud de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Publ. N.º WO2010/112784 A1) (propiedad de Lafarge S.A.). Los CMA adecuados basados en policondensados de dimetilamina y epiclorhidrina y (poli)aminas funcionalizadas se describen en el documento WO2009/127893 A1 (propiedad de SNF SAS y SPCM SA). Otra química de CMA adecuada incluye polímeros de injerto de carboxilato como se describe en la Patente US 8.461.245 (propiedad de W.R. Grace y Co.-Conn.) y la Solicitud de Patente US N.º Serie 13/076.944 (Publ. N.º 2012/0252953 A1). Otro CMA adecuado es un polímero de injerto de carboxilato como se describe en la Publ. de Patente N.º US 2015/0133584 (propiedad de WR Grace y Co.-Conn. y L'Beste GAT LTD.). Otro CMA es una poliamina funcionalizada formada haciendo reaccionar un compuesto de amina con un compuesto epoxídico como describe Kuo *et al.* en US 2015/0065614 (copropiedad de WR Grace y Co.-Conn.). Otro CMA adecuado está formado por un compuesto hidrófobo con al menos un grupo reactivo con isocianatos como se describe en el documento WO 2010/040796 A1 (propiedad de Construction Research & Technology GMBH).

En otros métodos y sistemas de dosificación de hormigón de la presente divulgación, los valores de asentamiento a lo largo del tiempo (por ejemplo, el historial de tránsito) de la suspensión de hormigón (i) antes y después de al menos dos adiciones de CMA en la suspensión de hormigón; (ii) antes y después de al menos dos adiciones de al menos una mezcla química en la suspensión de hormigón, y (iii) los historiales de tránsito de (i) y (ii), pueden almacenarse en ubicaciones de memoria a las que puede acceder la unidad procesadora. Las historias de tránsito de (i) y (ii), por ejemplo, pueden ilustrarse gráficamente en la pantalla o el monitor de un ordenador portátil o dispositivo de mano, como un teléfono inteligente, de la manera ilustrada en las Figs. 1-3. El comportamiento del hormigón después de la adición de un CMA se puede ver como se muestra en la Fig. 4.

En otros ejemplos de métodos y sistemas de monitorización de la presente divulgación, la unidad procesadora que monitoriza el hormigón puede ser programada para incorporar varios otros procesos adicionales para asegurar lecturas precisas del asentamiento a lo largo del tiempo para que se puedan detectar y actuar sobre gradaciones sutiles en el cambio del asentamiento a lo largo del tiempo.

Por ejemplo, se pueden tener en cuenta etapas del proceso para verificar factores de hidratación, como temperatura, que afectan al asentamiento del hormigón para aumentar la precisión de la detección de pérdidas en el asentamiento del hormigón a lo largo del tiempo (valor  $dS/dt$ ).

Como otro ejemplo, las etapas del proceso para monitorizar el contenido de aire de la suspensión de hormigón también se pueden en el encuentro, ya que una disminución del asentamiento puede corresponder con una disminución en el contenido de aire en el hormigón, aunque la práctica general en la industria del hormigón sugiere que encontrar una correspondencia confiable entre el asentamiento y el contenido de aire no siempre es el caso. Sin embargo, en las Patentes US 8.491.717 y 8.764.273 (propiedad de WR Grace y Co.-Conn.), Koehler y Roberts desvelaron un sistema para rastrear simultáneamente la dosificación de aditivos modificadores de la reología (por ejemplo, dispersante de cemento de polímero de policarboxilato) y agentes de control de aire (por ejemplo, agentes de arrastre de aire). Por lo tanto, Otros procesos y sistemas ejemplares de la presente divulgación comprenden la monitorización de la dosificación tanto del dispersante como del agente de control de aire en relación con la administración de CMA en la carga de hormigón.

Un procedimiento ejemplar para tener en cuenta la temperatura, factores de contenido de aire, o ambos, al monitorizar una carga de suspensión de hormigón y administrar CMA en el hormigón se describe en las siguientes etapas. El sistema está programado para medir el asentamiento de la carga de hormigón, comparar esto con un asentamiento "objetivo" que el usuario ha introducido en el sistema automatizado de monitorización de asentamiento, y la diferencia entre el asentamiento medida y el asentamiento "objetivo" se compara para que el sistema pueda comenzar automáticamente una sucesión de etapas del proceso dependiendo de si la diferencia excede un valor de "tolerancia de asentamiento" predeterminado por el usuario o programador del sistema, la sucesión posterior de etapas se activa cuando la tasa de pérdida de asentamiento excede un umbral predeterminado:

- a. Medir el asentamiento de la suspensión de hormigón.
- b. Si  $\text{Asentamiento objetivo} - \text{Asentamiento medida} > \text{Tolerancia de asentamiento}$  (por ejemplo, 0,5"), continuar con la Etapa (c), de lo contrario regresar a la Etapa (a).
- c. Medir la tasa de pérdida de asentamiento.
- d. Si  $\text{Tasa de pérdida de asentamiento} - \text{Tasa de pérdida de asentamiento objetivo} > \text{Tolerancia de tasa de pérdida de asentamiento}$  (por ejemplo, umbral de 1"/h), continuar con la Etapa (e), de otro modo, saltar a la Etapa (n).
- e. Medir la temperatura del hormigón y la tasa de cambio de temperatura.
- f. Si la temperatura y la tasa de cambio no indican pérdida de asentamiento causada por la hidratación, continuar con la etapa (g).
- g. Medir el aire hormigón y la tasa de cambio de aire.
- h. Si el aire y la tasa de cambio no indican pérdida de asentamiento causada por el aire, continuar con la etapa (i).
- i. Si el recuento de dosis de CMA en la etapa actual excede el máximo permitido (por ejemplo, 3 veces), saltar a la Etapa (n), de lo contrario, continuar con la etapa (j).
- j. Añadir la dosis de CMA (por ejemplo, basándose en el contenido de arcilla medido por MBV o basándose en el ajuste de la dosis anterior). Aumentar el recuento de dosis de CMA en uno.
- k. Esperar X número de revoluciones de tambor, basándose en el tiempo requerido para mezclar CMA completamente en hormigón.

I. Medir la tasa de pérdida de asentamiento.

5 m. Si la tasa de pérdida de asentamiento no disminuye, aumentar la dosis de CMA *que se administrará* y regresar a la etapa (j).

n. Añadir un reductor de agua de alto rango para colocar el asentamiento dentro del objetivo de asentamiento y continuar con la etapa (o).

10 o. Esperar Y número de revoluciones, basándose en el tiempo requerido para mezclar el dispersante en la carga de hormigón del camión y regresar a la Etapa (a).

15 En otra realización adicional de la presente divulgación, el sistema automatizado de asentamiento está programado para monitorizar la ganancia de asentamiento en la suspensión de hormigón después de que se haya administrado un aditivo reductor de agua de alto rango de policarboxilato en la suspensión de hormigón contenida en el tambor mezclador, de modo que cuando la unidad procesadora detecta que el asentamiento monitorizado no aumenta como se esperaría de otra manera para la cantidad de HRWR administrada, la unidad del procesador se puede programar para ajustar el valor umbral (dS/dt) o para ajustar (por ejemplo, para aumentar) la cantidad de CMA que se administrará en el tambor mezclador, o ambos. Así, un proceso ejemplar adicional de la presente divulgación además comprende:

20 añadir una mezcla de policarboxilato reductor de agua de alto rango (HRWR) en la suspensión de hormigón durante el tránsito; monitorizar un aumento en el asentamiento de la suspensión de hormigón (dS) durante un periodo de tiempo inmediatamente después de la adición del aditivo reductor de agua de alto rango de policarboxilato para obtener un valor de dS para el periodo posterior a dicha adición de HRWR; y comparar el valor de dS obtenido con un segundo valor de dS de umbral almacenado en una ubicación de memoria a la que accede la unidad procesadora; detectar

25 cuando el valor de dS obtenido no alcanza o excede el segundo valor de dS de umbral almacenado en la ubicación de memoria; y, al detectar que el segundo valor umbral dS no se cumple, ajustar el valor umbral de dS/dt almacenado descrito en (ii) de la reivindicación 1, ajustando la dosis controlada de agente de mitigación de arcilla (CMA) que se administrará en la suspensión de hormigón, o en ambas.

30 Se puede programar un sistema automatizado de monitorización de asentamiento de la manera descrita anteriormente para ajustar el umbral de detección de CMA y/o la cantidad de dosis de CMA que se administrará en el tambor mezclador, para evitar una mayor adsorción a la arcilla del dispersante de PC. Preferentemente, el procesador automatizado de monitorización de asentamiento iniciaría una indicación o alarma para el operador, una oficina de control central (para el camión mezclador de hormigón o el sistema de monitorización de asentamiento), alertando a

35 alguien sobre el hecho de que la carga de lote de hormigón dada había requerido esta corrección.

Aunque la invención se describe en el presente documento usando un número limitado de realizaciones, estas realizaciones específicas no pretenden limitar el alcance de la invención tal como se ha reivindicado y descrito de otra manera en el presente documento. Existen modificaciones y variaciones de las realizaciones descritas. Más

40 específicamente, los siguientes ejemplos se dan como una ilustración específica de realizaciones de la invención reivindicada. Debería entenderse que la invención no se limita a los detalles específicos establecidos en los ejemplos.

Todas las partes y porcentajes en los ejemplos, como puede establecerse en el presente documento y en adelante, son en porcentaje de peso seco a menos que se especifique lo contrario.

45

### Ejemplo 1

50 En este ejemplo, se usó un diseño de mezcla de hormigón reductor de agua de alto rango que contenía 371 kg/m<sup>3</sup> de cemento, 860 kg/m<sup>3</sup> de arena, 1009 kg/m<sup>3</sup> de piedra, 0,2 % de sólidos/arena de una arcilla de montmorillonita sódica, 178 kg/m<sup>3</sup> de agua, 0,14 % de sólidos/cemento de un reductor de agua de alto rango (HRWR), y 8 % de sólidos/arcilla de un agente mitigante de arcilla (CMA). El HRWR está disponible comercialmente en Grace Construction Products, Cambridge Massachusetts, USA, bajo la marca ADVACAST® 575.

55 El protocolo de mezcla se realizó en una mezcladora de bandeja a escala de laboratorio utilizando 0,0396 m<sup>3</sup> de hormigón. Primero, piedra, arena y agua se mezclaron durante 1 minuto a alta velocidad; luego se añadió cemento y se mezcló durante 1 minuto a alta velocidad; luego se añadió HRWR+CMA y se mezcló durante 2 minutos a alta velocidad. Después del ciclo de mezcla inicial, el hormigón fue probado para el asentamiento. Después del ensayo, el hormigón se mezcló durante 5 minutos adicionales a alta velocidad y se realizó una adición de producto químico. El hormigón se mezcló durante otros 2 minutos a alta velocidad y se probó el asentamiento. Este proceso se repitió dos

60 veces más para un total de cuatro adiciones químicas y las mediciones de asentamiento correspondientes.

65 En el primer ejemplo, la cantidad de cada adición de producto químico para el primer caso fue 0,026 % de sólidos/cemento de HRWR solo con 50 gramos de agua de aclarado. En el segundo y tercer casos, la cantidad de cada adición fue la misma cantidad de HRWR pero con una cantidad adicional del 1,5 % de sólidos/arcilla de CMA. Para el segundo y el tercer caso se usaron dos CMA diferentes. El primer CMA fue un polímero de injerto de carboxilato con un peso molecular promedio en peso de 70-250.000 y una relación molar de ácido carboxílico a grupos de

polioxialquileno de menos de 2 (véase, por ejemplo, Publ. de Patente US N.º 2015/0133584 (copropiedad de WR Grace y Co.-Conn. y L'Beste GAT, Ltd.); mientras que el segundo CMA fue (poli)amina funcionalizada, tales como los descritos en la Solicitud de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Publ. N.º WO 2009/127893 A1) (propiedad de SPCM S.P.C.M. SA).

5 Los resultados se trazan como asentamiento (pulgadas) frente a tiempo (minutos) y se muestran en la Fig. 1.

10 El tiempo de las adiciones de productos químicos fue a los 14 minutos, 24 minutos y 34 minutos. Como se muestra en la Fig. 1, complementar cada adición de PC con CMA después de la mezcla inicial mejora sorprendentemente el asentamiento y, por lo tanto, la eficiencia del HRWR. Sin quedar ligado a la teoría, los presentes inventores creen que esto sugiere que durante el proceso de mezcla de hormigón, se forman más superficies de arcilla debido a las altas fuerzas de cizallamiento que ocurren dentro de la suspensión de hormigón agitado, especialmente porque se cree que CMA 1 y CMA 2 no tienen capacidades de dispersión de cemento por sí mismas. Además, ambos tipos de químicas de CMA demuestran el comportamiento similar, más señalando a un fenómeno de arcilla; no uno que sea específico de la química.

### 15 Ejemplo 2

20 En este ejemplo, se usó el mismo diseño de mezcla y protocolo de mezcla. Sin embargo el CMA inicial usado fue diferente según el caso. Caso 1 - 0,13 % de sólidos/cemento de HRWR y 8 % de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0,026 % de sólidos/cemento de HRWR durante las adiciones posteriores (sin CMA con adiciones durante la mezcla). Caso 2 - 0,13 % de sólidos/cemento de HRWR y 8 % de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0,026 % de sólidos/cemento de HRWR y 1,5 % de sólidos/arcilla de CMA 2 durante adiciones posteriores. Caso 3 - 0,13 % de sólidos/cemento de HRWR y 12,5 % de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0,026 % de sólidos/cemento de HRWR durante las adiciones posteriores (sin CMA con adiciones durante la mezcla). El caso 3 representa la cantidad total de CMA 2 añadido en el caso 2, pero añadido por adelantado y no con adiciones durante la mezcla.

Los resultados se trazan como asentamiento (pulgadas) frente a tiempo (minutos) y se muestran en la Fig. 2.

30 El tiempo de las adiciones de productos químicos fue a los 14 minutos, 24 minutos y 34 minutos, respectivamente. Como se vio anteriormente, la adición de CMA después de la mezcla inicial mejora sorprendentemente el asentamiento y, por lo tanto, la eficiencia de la HRWR. Adicionalmente, se prefiere que la adición de CMA se realice después del procesamiento por lotes inicial (y, por lo tanto, no como una adición inicial) (comparando los Casos 2 y 3).

### 35 Ejemplo 3

40 En este ejemplo, se usó el mismo diseño de mezcla pero con un protocolo de mezcla diferente. Una alternativa a la dosificación de químicos cada diez minutos, el torque requerido para rotar el mezclador de laboratorio se controló con el tiempo. A medida que disminuye el asentamiento, se requiere más torque. Las dosis se administraron si el nivel de torque excedía un límite dado correspondiente a un asentamiento dado. Por lo tanto, el asentamiento se mantiene después de cierto tiempo, siendo la dosificación variable para diferentes métodos.

45 Se compararon tres protocolos de dosificación diferentes. Para los tres protocolos, se usó por adelantado una dosis de HRWR del 0,12 % de sólidos/cemento. El primer protocolo implicó una dosis inicial de CMA 1 del 10 % de sólidos/arcilla. Las dosis posteriores se mantuvieron constantes, pero se suministraron en diferentes momentos dependiendo de cuándo el nivel de torque excedió el 53 % (% del torque nominal del motor). Estas adiciones consistieron en una dosis de HRWR del 0,01 % de sólidos/cemento y una dosis de CMA 1 del 0,8 % de sólidos/arcilla. El segundo protocolo implicó una dosis inicial de CMA 1 del 16 % de sólidos/arcilla. Esto correspondía a la cantidad total de CMA 1 usada en el primer protocolo. Las dosis posteriores implicaron solo una dosis de HRWR del 0,01 % de sólidos/cemento (sin CMA con adiciones durante la mezcla). El último protocolo no implicaba una dosis inicial de CMA 1. En adiciones posteriores, se usó una dosis de HRWR del 0,01 % de sólidos/cemento y una dosis de CMA 1 del 0,8 % de sólidos/arcilla, similar al primer protocolo.

55 Las cantidades de dosificación acumulativas (convertidas en sólidos/cemento) de la mezcla química que se introduce en el hormigón a lo largo del tiempo se representan gráficamente y se muestran en la Fig. 3.

60 Al final de los 54 minutos, se midió el asentamiento. Los tres protocolos tuvieron el mismo asentamiento. Como puede verse, aunque los tres protocolos mantienen el mismo asentamiento final, el último protocolo, donde se añade todo el CMA solo durante el periodo de mezcla proporciona el uso más eficiente de la cantidad total del producto químico añadido. En este caso, hay una reducción del 11 % en términos del total de producto químico añadido usando el protocolo de adición escalonado de la presente divulgación en comparación con el método de la técnica anterior de añadir CMA solo por adelantado (es decir, no durante el transporte del hormigón).

### 65 Ejemplo 4

Como ejemplo final, se realizó un ensayo de campo con un camión de hormigón premezclado de 7,65 metros cúbicos

equipado con el sistema de monitorización de asentamiento Verifi® que se adquiere comercialmente en Verifi LLC (una división de Grace Construction Products, 62 Whittemore Avenue, Cambridge, Massachusetts USA).

5 El objetivo del ensayo fue demostrar que añadir el CMA después del procesamiento por lotes puede influir en la tasa de pérdida de asentamiento. Se usó un diseño de mezcla de hormigón reductor de agua de alto rango que contenía 357 kg/m<sup>3</sup> de cemento, 89 kg/m<sup>3</sup> de cenizas volantes, 1053 kg/m<sup>3</sup> de arena, 696 kg/m<sup>3</sup> de piedra, 153 kg/m<sup>3</sup> de agua y 0,15 % de sólidos/cemento de un dispersante de cemento en forma de un reductor de agua de alto rango (HRWR).  
10 La arena se probó de acuerdo con ASTM C1777, que determina el contenido de arcilla equivalente de Na-montmorillonita basándose en a la absorción de azul de metileno. La arena contenía aproximadamente un 1,0 % de contenido de arcilla equivalente de Na-montmorillonita. No se dosificó por adelantado agente mitigador de arcilla durante el proceso de procesamiento por lotes.

15 El camión llevaba la mezcla con la mayoría del agua, seguido de piedra y arena, seguido por el cemento y las cenizas volantes y finalmente el HRWR con el agua restante. Después del lote, la velocidad del tambor se ajustó a 3 rpm. Mediante el sistema de monitorización VERIFI®, se monitorizaron tanto la presión normalizada (que es la diferencia entre la presión de carga hidráulica y la presión de descarga hidráulica) como la velocidad del tambor.

20 Como se muestra en la Fig. 4, después de aproximadamente 25 minutos después de agrupar el hormigón (tiempo UTC = 19:38), la presión hidráulica normalizada requerida para rotar la mezcla de hormigón comenzó a aumentar, lo que significa un aumento en la pérdida de asentamiento. A la hora UTC = 19:41, se añadieron 1,89 litros de CMA 1 al tambor. Esto sería aproximadamente 1,3 % de sólidos/arcilla (contenido inicial de arcilla). Como resultado, la tasa de aumento de presión (es decir, pérdida de asentamiento) disminuyó y la presión real comenzó a disminuir. El CMA 1 pudo influir en la tasa de pérdida de asentamiento. Según el método inventado, a UTC = 19:45, se añadió un dispersante de cemento (por ejemplo, el HRWR) para llevar el asentamiento al objetivo adecuado. El sistema está  
25 programado para monitorizar el asentamiento de hormigón y detectar cuándo no se alcanza el objetivo de asentamiento deseado.

30 A partir de la Fig. 4 está claro que añadir un CMA durante la mezcla puede ralentizar e incluso revertir la pérdida de asentamiento.

Los ejemplos y realizaciones anteriores se presentaron solo con fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para dosificar hormigón, que comprende:

- 5 monitorizar el asentamiento, de forma automatizada usando una unidad procesadora, de una suspensión de hormigón mientras está en un tambor mezclador giratorio durante el tránsito desde una planta de mezcla a un sitio de construcción al que se suministra la suspensión de hormigón, comprendiendo la suspensión de hormigón un aglutinante de cemento, agua, agregado, y arcilla que, en ausencia de un agente de mitigación de arcilla, absorbe la mezcla química, y que está presente en la suspensión de hormigón en una cantidad suficiente para disminuir la eficiencia de dosificación de un dispersante de cemento u otra mezcla química agregada a la suspensión de hormigón;
- 10 de donde la unidad procesadora automatizada de monitorización de asentamiento
- (i) mide la pérdida de asentamiento (dS) de la suspensión de hormigón en el tambor mezclador giratorio durante un periodo de tiempo (t) durante el tránsito para obtener un valor medido dS/dt,
- 15 (ii) compara el valor medido dS/dt con un valor umbral dS/dt almacenado en una ubicación de memoria a la que accede la unidad procesadora, y
- (iii) detecta cuándo el valor medido dS/dt alcanza o excede el valor umbral dS/dt; y
- 20 con lo cual la unidad procesadora, una vez que el valor medido dS/dt alcanza o excede el valor umbral de dS/dt almacenado, inicia la administración de una dosificación controlada de agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón dentro del tambor mezclador giratorio durante el tránsito, siendo el CMA administrado eficaz para disminuir el valor dS/dt medido por la unidad procesadora de asentamiento automatizado.
- 25 2. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 en donde la unidad procesadora de monitorización de asentamiento repite las etapas (i), (ii) y (iii) por lo cual el agente de mitigación de arcilla se administra en el hormigón en al menos dos casos escalonados durante el tránsito.
- 30 3. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 2 en donde el procesador informático de monitorización de asentamiento inicia la administración del agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón, por lo que al menos el 51 % y hasta el 100 % del volumen total de CMA dosificado en la suspensión de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde el hormigón se colocó en el tambor de mezcla giratorio.
- 35 4. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 2 en donde el procesador informático de monitorización de asentamiento inicia la administración del agente de mitigación de arcilla (CMA) en el hormigón, por lo que al menos el 81 % y hasta el 100 % del volumen total de CMA dosificado en la suspensión de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde el hormigón se colocó en el tambor de mezcla giratorio.
- 40 5. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 que además comprende administrar en el hormigón durante el tránsito al menos otra mezcla química, además de CMA, en al menos dos casos diferentes durante el tránsito.
- 45 6. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 5 en donde la al menos otra mezcla química es un dispersante de cemento y en donde el dispersante de cemento se dosifica simultáneamente con CMA en al menos dos casos escalonados durante el tránsito.
- 50 7. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 que además comprende medir la temperatura de la suspensión de hormigón durante el tránsito y obtener datos de temperatura, y ajustar el valor umbral dS/dt basándose en los datos de temperatura obtenidos.
- 55 8. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 2 en donde, después de cada una de las al menos dos dosis de CMA posteriores al procesamiento por lotes en la suspensión de hormigón, la unidad procesadora automatizada de monitorización de asentamiento inicia adiciones de una cantidad controlada de agua o al menos una mezcla química distinta de un CMA en la suspensión de hormigón.
- 60 9. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 8 en donde la unidad procesadora automatizada de monitorización de asentamiento inicia adiciones separadas de una cantidad controlada de al menos una mezcla química en la suspensión de hormigón, siendo la al menos una mezcla química seleccionada del grupo que consiste en dispersante de cemento, mezcla de arrastre de aire, mezcla de eliminación de aire, y una mezcla de los mismos.
- 65 10. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 9 que además comprende almacenar en la memoria accesible al procesador el historial de tránsito de la suspensión de hormigón (i) antes y después de al menos dos adiciones de CMA en la suspensión de hormigón; (ii) antes y después de al menos dos adiciones de al menos una mezcla química en la suspensión de hormigón, y (iii) las historias de tránsito de (i) y (ii).
11. El método de dosificación hormigón de la reivindicación 10 que además comprende ilustrar gráficamente las

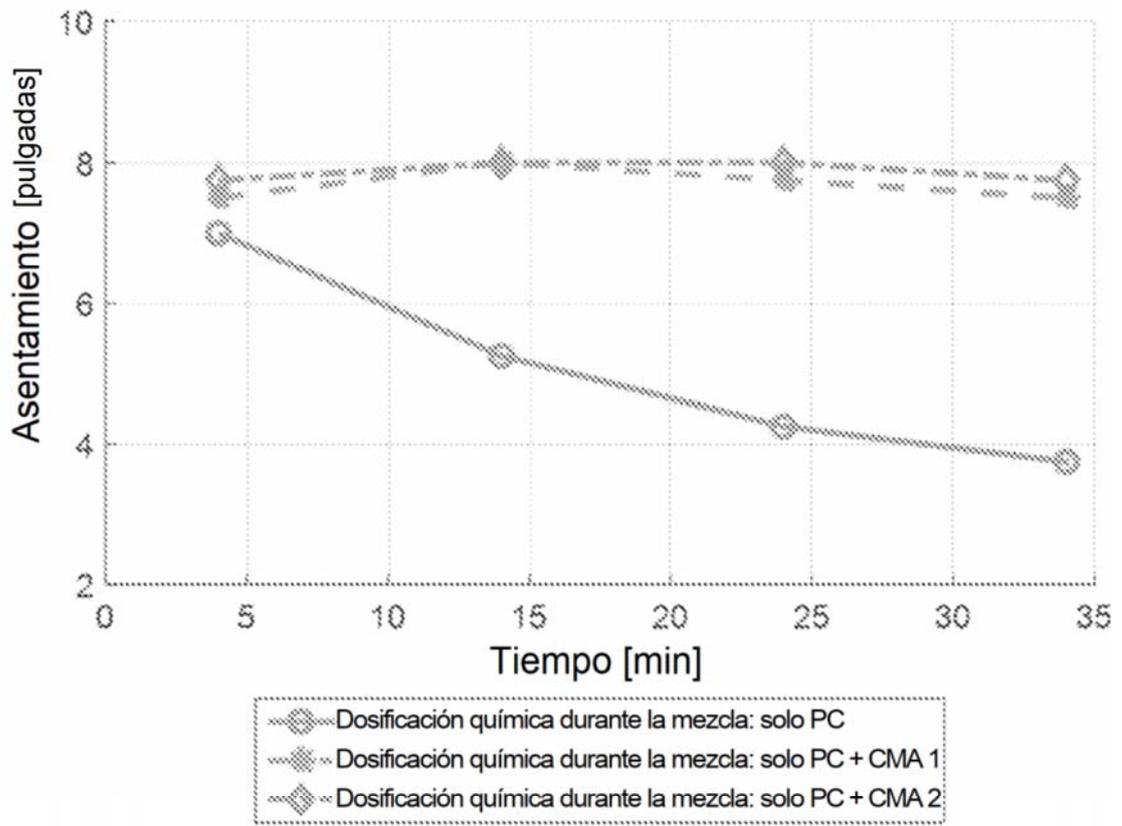
historias de tránsito de (i) y (ii).

5 12. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 en donde el CMA se selecciona del grupo que consiste en una amina cuaternaria, amina policuaternaria, policondensado de dimetilamina y epicorohidrina, amina funcionalizada, polímeros de injerto de carboxilato, copolímeros catiónicos, y mezclas y derivados de los mismos.

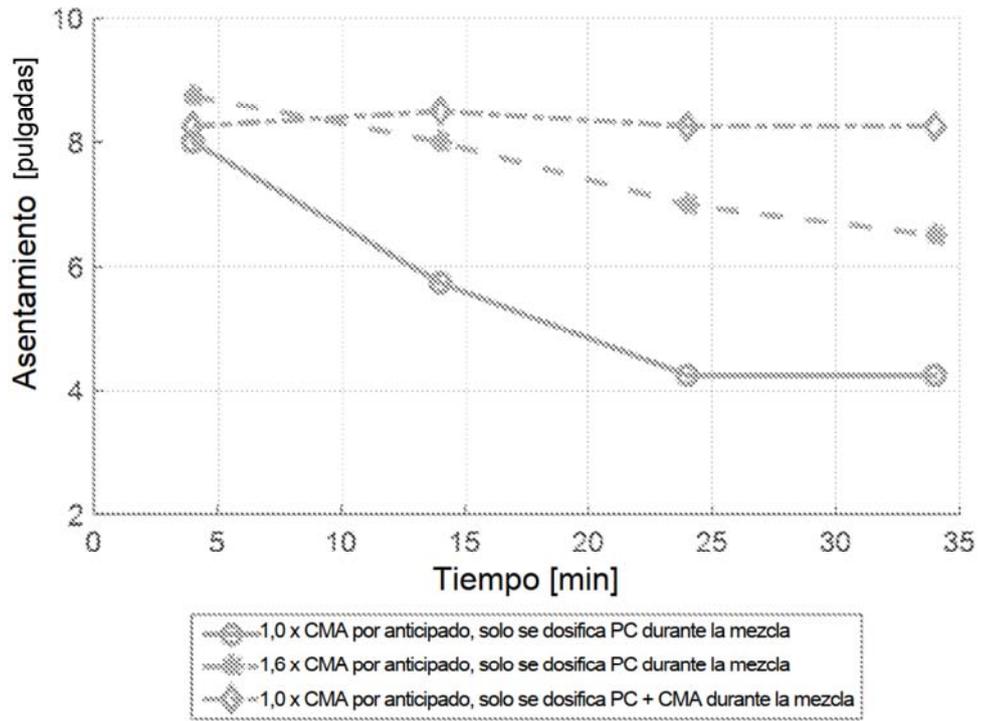
10 13. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 en donde una parte de la cantidad total acumulativa de CMA añadido a una carga de hormigón dada contenida en el tambor mezclador se añade en la planta de mezcla, siendo la parte añadida en la planta de lotes comprende no más del 49 por ciento de la cantidad total acumulada de CMA.

15 14. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1 en donde el CMA tiene una capacidad mínima o nula de reducción de agua por sí mismo en ausencia de arcilla cuando se administra solo en un hormigón fresco (de acuerdo con la especificación estándar para reductores de agua en ASTM C494-13).

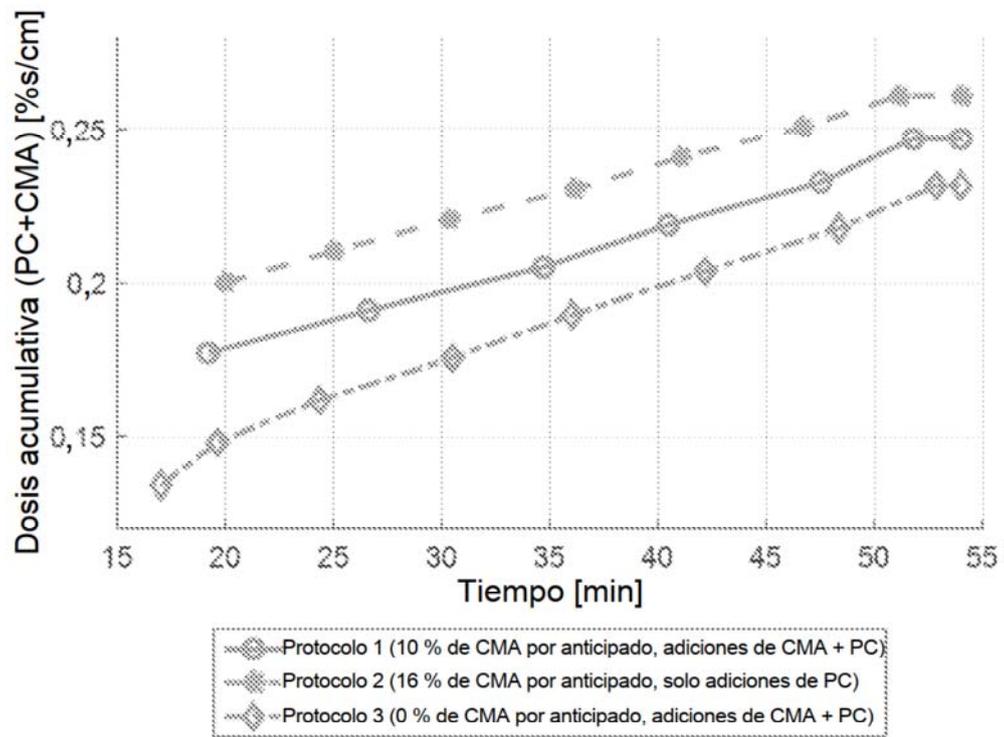
20 15. El método de dosificación de hormigón de la reivindicación 1, que además comprende añadir una mezcla de polycarboxilato reductor de agua de alto rango (HRWR) en la suspensión de hormigón durante el tránsito;  
monitorizar un aumento en el asentamiento de la suspensión de hormigón (dS) durante un periodo de tiempo inmediatamente después de la adición del aditivo reductor de agua de alto rango de polycarboxilato para obtener un valor de dS para el periodo posterior a dicha adición de HRWR; y  
comparar el valor de dS obtenido con un segundo valor de dS de umbral almacenado en una ubicación de memoria a la que accede la unidad procesadora;  
25 detectar cuando el valor de dS obtenido no alcanza o excede el segundo valor de dS de umbral almacenado en la ubicación de memoria; y, al detectar que el segundo valor umbral dS no se cumple, ajustar el valor umbral de dS/dt almacenado descrito en (ii) de la reivindicación 1, ajustando la dosis controlada de agente de mitigación de arcilla (CMA) que se administrará en la suspensión de hormigón, o en ambas.



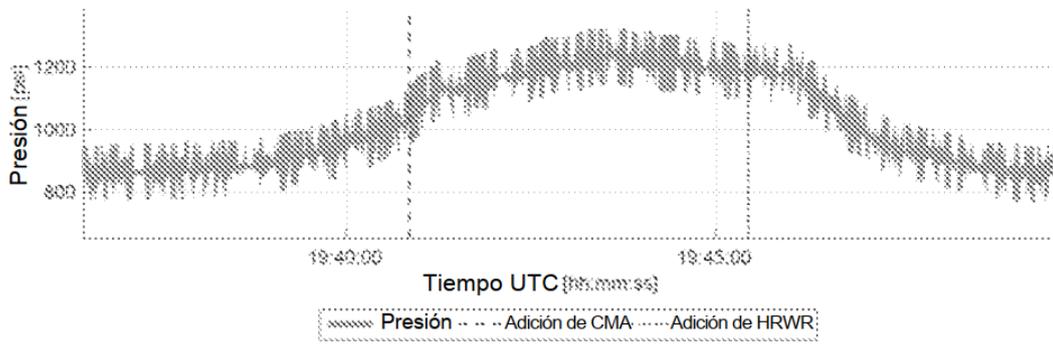
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**