



No. 13-004228- -00017-0000

Fecha: 2016-03-15 16:13:01 Dep. 2020 DIR NUEVASCR
Tra 11 PATENTEIYII Eve 378 FASENACIONALI
Act 523 RESPUESTA Folios 52

As. 123.272

Señor

**DIRECTOR DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

E. S. D.

REF: Expediente No. **13 004.228**- solicitud de patente de invención a favor de **LAFARGE**. Título: **COMPOSICIONES CEMENTICIAS DE BAJA DENSIDAD QUE UTILIZAN PIEDRA CALIZA**.

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO, portador de la tarjeta profesional No. 57.492 del C.S.J., obrando como apoderado de la sociedad solicitante me permito dar respuesta al Oficio No. 13061 relacionado con la patentabilidad de la presente invención y notificado por fijación en lista el 10 de Noviembre de 2015.

De manera atenta nos permitimos remitir a su Despacho un nuevo pliego reivindicatorio conformado por veinticinco (25) reivindicaciones, las cuales se encuentran plenamente sustentadas en el capítulo descriptivo y no exceden de ninguna manera el alcance de la invención previamente reclamada.

Por el contrario, solicitamos sea tenido en cuenta que el alcance de este nuevo pliego reivindicatorio fue restringido de acuerdo a las siguientes modificaciones:

- La nueva reivindicación 1 indica los grupos de ingredientes o materiales relacionados con las expresiones "*un aglomerante hidráulico*" y "*un acelerador cementicio*", limitando su alcance de acuerdo a los ejemplos desarrollados en el capítulo descriptivo de la presente solicitud.

- Los rangos de contenido de humo de sílice y acelerador cementicio fueron corregido incluyendo los respectivos límites superior o inferior.
- La nueva reivindicación incluye ahora la expresión “en donde la cantidad de piedra caliza es mayor que la cantidad de relleno(s) y/o material(es) adicional(es), aparte del aglomerante hidráulico, metacaolín y humo de sílice, presentes en la composición” en referencia a la **proporción y contenido de piedra caliza con respecto al resto de ingredientes adicionales**.
- La expresión *“opcionalmente”* fue completamente eliminada.
- Los valores expresados en unidades de densidad, fuerza y temperatura distintas al Sistema Internacional de Medidas fueron debidamente corregidas.

Con base en lo anterior, solicitamos sean retiradas las objeciones que cuestionan la claridad del lenguaje presentado a lo largo de este nuevo pliego reivindicatorio, el cual concluimos se ajusta a los requerimientos del señor Examinador.

Adicional a esto, consideramos oportuno mencionar que en nuestro concepto, las expresiones *“al menos”* y *“menor a”* no derivan en ninguna imprecisión sino que teniendo en cuenta el contexto en el que se reivindican, los mismos permiten entender **rangos concretos** de características técnicas de la presente invención.

Un ejemplo de ello puede ser la frase *“en donde para una densidad menor a 1560 kg/m³ y de al menos 1318 kg/m³ obtenida sin aditivos livianos (...)”*, la cual a pesar de incluir dichas dos expresiones objetadas, permite comprender con toda precisión que la composición cementicia fraguable de la presente invención tiene una **densidad comprendida entre 1318 kg/m³ y 1560 kg/m³**.

De manera similar, la expresión *“al menos”* presente en la frase *“dicha composición cementicia fraguable exhibe una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece”* busca establecer un **valor mínimo de resistencia a la compresión** logrado por la presente invención, sin dar lugar a ninguna imprecisión o falta de claridad.

En cuanto a la expresión “microesferas”, nos permitimos señalar que la persona normalmente versada en la materia se encuentra en plena capacidad de comprender el alcance y sentido de la misma teniendo en cuenta sus conocimientos en el arte, los adelantos ya disponibles a la fecha y más aún, las enseñanzas del capítulo descriptivo:

“Para obtener lechadas de cemento con propiedades mecánicas y reológicas adecuadas y una densidad igual o menor que aproximadamente 13 lb/gal, en el arte se conoce el uso de aditivos livianos como, por ejemplo, microesferas (por ejemplo, perlas de vidrio) y agentes espumantes, como sustituyente parcial del agua.”

Adaptado del capítulo descriptivo de la presente solicitud, párrafo [0005]

En este sentido, afirmamos que no hay lugar a restringir o limitar de algún modo el alcance de dicha expresión pues el mismo permite establecer una generalización justa y razonable de las modalidades de la presente invención, las cuales pueden ser fácilmente diferenciadas de cualquier anterioridad perteneciente al arte previo.

Con respecto a los supuestos “resultados a alcanzar”, nos permitimos aclarar al señor Examinador que en lugar de ello, cada una de las expresiones objetadas caracteriza la invención en términos de **densidad** y **resistencia a la compresión**, los cuales representan **parámetros** de la misma y por tanto, establecen una estrategia de caracterización completamente válida.

Como muestra de ello, nos permitimos citar a continuación un fragmento del Instructivo Examen de Solicitudes de Patentes de Invención y Modelo de Utilidad en donde se define y avala por completo la utilización de **parámetros** como estrategia para caracterizar una invención:

“Una reivindicación de producto, por ejemplo un compuesto químico, se puede caracterizar por su estructura y elementos, por su fórmula química, como un producto de un proceso, o excepcionalmente por sus parámetros.

Los parámetros son valores característicos de propiedades mensurables (por ejemplo el punto de fusión), o definidos como combinaciones matemáticas de varias variables.

El examinador no permitirá la caracterización de un compuesto químico solamente por sus parámetros, a menos que la invención no se pueda definir de otra manera. En cualquier caso, el parámetro tiene que poder ser determinado y medido sin ambigüedad por métodos estándar conocidos en el campo en cuestión, o descritos claramente en la solicitud.”

Adaptado del Instructivo de Patentabilidad
Numeral 2.6.5.9 – Definición por parámetros

De acuerdo con esto, solicitamos sea reconocido que (i) la invención no se encuentra definida únicamente en función de su densidad y resistencia a la compresión, sino que se reclaman también **todos y cada uno de los componentes y proporciones** que dan lugar a las composiciones en mención, y (ii) dichos parámetros hacen parte de una caracterización integral y completamente válida.

Más aún, destacamos que dichos parámetros de **densidad y resistencia a la compresión** pueden ser determinados de manera inequívoca por cualquier versado en la materia empleando metodologías e instrumentos ya conocidos, razón por la que insistimos en que los mismos no corresponden a ningún resultado a alcanzar sino que definen de modo apropiado el objeto de la presente invención.

En lo que respecta a las reivindicaciones 6, 9, 15 y 24, nos permitimos aclarar que como bien reconoce el señor Examinador, estas hacen referencia a **modalidades específicas** de la presente invención, fundamentadas en la inclusión de microesferas como componente adicional a la caracterización expuesta en las respectivas reivindicaciones independientes.

Teniendo en cuenta que dichas microesferas constituyen un **componente adicional o específico de algunas modalidades**, y no un componente esencial de la invención en general, solicitamos sea reconocido que las reivindicaciones 6, 9, 15 y 24 no recaen en ninguna falta de claridad.

Por su parte, afirmamos que aun cuando la reivindicación 12 no indica proporciones específicas de agua y aglomerante cementicio, la comprensión de su objeto y alcance no se ve perjudicada de ninguna manera puesto que el versado en la materia se encuentra en la capacidad de definir proporciones adecuadas a la luz de sus conocimientos y prácticas en este campo técnico.

Debido a esto, consideramos que no hay lugar a restringir de ninguna manera adicional la materia presentada en dicha reivindicación 12 toda vez que (i) la misma proporciona toda la información relacionada con las **características técnicas esenciales** de la invención, y (ii) el versado en la materia no enfrentaría ningún inconveniente al momento de reproducirla o ejecutarla.

Del mismo modo ocurre con la objetada reivindicación 21, la cual proporciona justamente la información relativa a las **etapas técnicas esenciales** del método de la presente invención, en torno a las cuales gira el concepto técnico inventivo y el aporte que la misma ofrece.

Aclarado lo anterior, solicitamos sean retiradas todas y cada una de las objeciones que cuestionan la claridad y concisión de este nuevo pliego reivindicatorio, el cual insistimos constituye una divulgación suficiente y apropiada del objeto de la presente solicitud.

Dejando de lado el estudio del pliego reivindicatorio, y teniendo en cuenta que las unidades de longitud, presión y temperatura expuestas a lo largo del capítulo descriptivo no cumplen con las disposiciones de su Despacho, adjuntamos al presente memorial una nueva versión de dicho documento en donde se han llevado a cabo los ajustes requeridos.

Sin embargo, nos permitimos señalar que la interpretación del señor Examinador de los datos consignados a lo largo de las Tablas 1 y 2 no ha sido correcta pues contrario a su apreciación, dicha información es absolutamente coherente.

Partiendo de la Tabla 1, es de notar que la información allí consignada pretende exponer la favorabilidad del uso de carbonato de calcio como parte de composiciones cementicias de baja densidad en reemplazo de aditivos livianos como bien expone el siguiente fragmento:

“La Tabla 1 presenta diversas composiciones cementicias de baja densidad que se prepararon sin aditivos livianos (sin burbujas, agentes espumantes o similares) según una forma de realización de la invención. Se preparó una serie de muestras a temperatura ambiente y se la sometió a pruebas de resistencia a la compresión a las 24 horas a 38 °C, según la especificación API 10.”

Adaptado del capítulo descriptivo de la presente solicitud, párrafo [00047]

Así pues, dicha Tabla 1 demuestra que el desarrollo de la presente solicitud permite obtener composiciones cementicias de baja densidad que **no contienen aditivos livianos sino carbonato de calcio en su lugar**, siendo justamente este el “efecto” alcanzado mediante la selección de dicho ingrediente como parte de las composiciones desarrolladas.

Considerando entonces que la información en mención no pretende en ningún momento relacionar las posibles variaciones en la resistencia con las cantidades incorporadas de carbonato de calcio como presume el señor Examinador, solicitamos de manera respetuosa sea retirada tal objeción.

Con respecto a la Tabla 2, nos permitimos aclarar que si bien la **composición seca** de las muestras 22 y 29, por ejemplo, es equivalente; estas presentan diferencias a nivel del contenido de agua y por ende, su densidad y resistencia son igualmente distintas.

En este sentido, es evidente que la **cantidad de agua** adicionada a cada una de dichas muestras –ajustada en función de la densidad deseada– altera de manera directa la **resistencia a la compresión** demostrada por las respectivas muestras. Por esta razón, resulta completamente coherente que la muestra 22 manifieste una menor resistencia a la compresión dada su densidad igualmente menos.

Dicho esto, reiteramos que el objeto de la información presentada a lo largo de dichas Tablas no es en ningún momento demostrar “el efecto técnico que aporta la fuente de carbonato de calcio, en la densidad o en la resistencia” sino demostrar que tanto los componentes específicos de la composición como su contenido de agua o densidad constituyen factores que deben ser controlados a fin de alcanzar una composición cementicia de las características deseadas, razón por la que insistimos en que la objeción del señor Examinador se deriva de una interpretación errónea de la misma y solicitamos sea reconsiderada en consecuencia.

Considerando entonces el conjunto de modificaciones y argumentos presentados hasta el momento, concluimos que la materia contenida en dichos nuevos pliego reivindicatorio y capítulo descriptivo constituye una divulgación clara, concisa, suficiente y por consiguiente válida del objeto de la presente invención, hecho que solicitamos sea reconocido en esta instancia mediante el retiro de las objeciones manifestadas en su contra.

Nivel inventivo

Fundamentando su análisis en las enseñanzas de los documentos D2 (“*Low density cements for use in cementing operations*”, US 2008/0066655) y D3 (“*RC-08 Instrucción para la recepción de cementos*”), afirma el señor Examinador que la invención descrita en las reivindicaciones 1, 12 y 21 podría haber sido alcanzada de manera obvia por parte de cualquier versado en la materia y que por tanto, esta no cuenta con el debido nivel inventivo.

Con el fin de establecer una comparación más precisa del objeto de la presente solicitud y el citado arte previo, solicitamos sea tenido en cuenta que la invención corresponde, en términos generales, a una **composición** que según las enseñanzas del nuevo pliego reivindicatorio, comprende los siguientes elementos:

- (a) un aglomerante hidráulico seleccionado entre **cemento Portland de tipo de I, II, III, IV o V**, en una cantidad **de 40 a 75% en peso**;
- (b) **metacaolín** en una cantidad **de 1 a 30% en peso**;
- (c) **humo de sílice** en una cantidad **de 0 a 15% en peso**;

- (d) **piedra caliza** en una cantidad **de 5 a 30% en peso** que contiene al menos **60% en peso de CaCO_3** ;
- (e) un acelerador cementicio seleccionado entre **cloruros, trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio, sales de álcali o cualquier combinación de los mismos**, en una cantidad **de 0.5 a 4% en peso**;
- (f) en donde la cantidad de piedra caliza es mayor que la cantidad de relleno(s) y/o material(es) adicional(es), aparte de los ingredientes (a) a (e); y
- (g) ajustándose a los siguientes parámetros:
- **Densidad entre 1318 kg/m^3 y 1560 kg/m^3** ; y
 - **Resistencia a la compresión de mínimo 3447 kPa** a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

En vista de esta caracterización, y teniendo en cuenta que el alcance de la misma fue pertinentemente delimitado con la intención de establecer una diferenciación clara de la invención frente al estado de la técnica, afirmamos que las enseñanzas de los documentos D2 y D3 no logran perjudicar la patentabilidad de la presente invención, tal y como procedemos a demostrar.

Tomando como punto de partida lo divulgado en el documento D2, encontramos que esta referencia no constituye ninguna aproximación factible al objeto de la presente invención y que, muy por el contrario, esta **alejaria** al versado en la materia de las composiciones aquí reivindicadas, situación que procedemos a exponer a continuación.

En primer lugar, solicitamos sea reconocido que la presente invención cuenta con una composición **distinta** a las composiciones descritas a lo largo de los ejemplos de dicho documento, las cuales presentan la siguiente caracterización general:

- de 10 a 70% en peso, preferiblemente 35 a 65% en peso, de cemento Portland, opcionalmente combinado con ceniza volátil, escoria, humo de sílice, yeso, bentonita o piedra caliza;
- de 10 a 60% en peso de un material pozolánico que incluye metacaolín;
- una sal inorgánica; y
- tierra de diatomeas.

Comparando dicha caracterización frente a la materia contenida en este nuevo pliego reivindicatorio, es evidente que a pesar de que existan algunos componentes o ingredientes comunes entre las composiciones del arte previo y la presente invención (cemento Portland, humo de sílice, piedra caliza y metacaolín), dicho documento D2 no hubiera podido motivar o sugerir de manera precisa **cada uno de los componentes y proporciones** de la presente invención.

Más en detalle, es evidente que el versado en la materia no contaba con ninguna instrucción proveniente del documento D2 que promoviera la **selección de los componentes específicos reivindicados** e inclusive, sus **respectivas cantidades**, razón por la que insistimos en que las enseñanzas de dicha anterioridad resultan completamente irrelevantes en el desarrollo de la presente invención.

Ahora bien, centrándonos en las modalidades expuestas a lo largo de los ejemplos presentados por el documento D2, consideramos pertinente señalar lo siguiente:

- Todos los ejemplos incluyen como ingrediente esencial la **tierra de diatomeas**, ingrediente que se encuentra excluido completamente del alcance de la presente invención, contrastando entonces la materia reivindicada con el arte previo.
- Las densidades de los ejemplos 1 y 22 (1300 y 1400 kg/m³) son ligeramente inferiores a las definidas para la presente invención, sin embargo la resistencia a la compresión alcanzada por las mismas es indiscutiblemente menor (3 a 4 MPa).

Este hecho demuestra que la composición precisa que da lugar a la presente invención logra alcanzar una **resistencia a la compresión superior** pese a las supuestas similitudes existentes entre esta y el arte previo citado por el señor Examinador.

- Los ejemplos 23 a 38 incluyen **microesferas** como componente esencial de las respectivas composiciones, lo cual se **aleja** en todo caso del objetivo técnico de la presente invención y de la necesidad de reemplazar de manera eficaz tales ingredientes.

Debido a esto, consideramos que el versado en la materia se vería inclinado a **incluir dichas microesferas** como parte esencial de las composiciones a desarrollar, alejándose por tanto de las composiciones aquí descritas.

- Los ejemplos 39 a 44 constituyen composiciones que **carecen de metacaolín o piedra caliza**, componentes que resultan esenciales para el desarrollo exitoso de la presente invención.

A partir de ello, es claro que el versado en la materia no comprendería la necesidad e importancia de incluir dichos ingredientes como **componentes esenciales** de la presente invención y fallaría en todo caso en alcanzar la caracterización aquí reivindicada.

Con base en lo anterior, concluimos que en lugar de aproximarse al desarrollo de la presente invención, el documento D2 **aleja** al versado en la materia de la caracterización expuesta en el nuevo pliego reivindicatorio, la cual insistimos se diferencia en muchos aspectos de las divulgaciones del arte previo y por tanto no habría podido ser motivada de la manera que asegura el señor Examinador.

Así las cosas, solicitamos sea reconocido que el citado documento D2 falla por completo en proporcionar el debido soporte documental a la objeción del señor Examinador, razón por la cual concluimos que esta carece de total fundamento y solicitamos, en consecuencia, su retiro.

Considerando ahora las enseñanzas del documento D3, el cual supuestamente complementa las falencias del ya analizado documento D2 y sugiere de manera evidente y definitiva el desarrollo de la presente invención, nos permitimos señalar que no hay ninguna razón por la cual sea posible atribuirle obviedad a la presente invención en vista de las mismas, toda vez que fallan en instruir al versado en la manera sobre la manera precisa en la que el mismo podría dar lugar a la composición descrita en el nuevo pliego reivindicatorio.

Concretamente, llamamos la atención sobre el hecho de que el documento D3 constituye un documento de consulta general que referencia información y parámetros que se emplean habitualmente en el campo técnico, y que en ningún momento se relacionan de manera específica con el objeto de la presente invención.

De la mano con lo anterior, es pertinente aclarar que aun cuando los componentes y rangos reivindicados se encuentren comprendidos dentro del alcance de dicho documento –el cual reiteramos, constituye un documento perteneciente a la **bibliografía general** del arte en cuestión–, este carece de instrucciones que inciten al versado en la materia a (i) **seleccionar componentes y cantidades puntuales**, e incluso a (ii) **modificar las enseñanzas del documento D2** con la certeza de alcanzar la invención objeto de la presente solicitud.

Por otro lado, es de notar que ninguna de las referencias citadas por el señor Examinador, particularmente el documento D3, sugiere de manera concreta al versado en la materia que la combinación de **piedra caliza y metacaolín** en **cantidades que oscilan entre el 5 y 30% en peso y el 1 a 30% en peso**, respectivamente, permite obtener composiciones cementicias de baja densidad que **exhiben propiedades mecánicas mejoradas**.

Teniendo en cuenta que ninguno de los documentos D2 o D3 advierte al señor Examinador sobre la relación existente entre el **contenido de piedra caliza y metacaolín** y las **mejoras a nivel de resistencia a la compresión** logradas por la presente invención gracias a ello, solicitamos sea reconocida la falta de fundamentos que rodea la objeción del señor Examinador.

Asimismo, es oportuno mencionar que en nuestro concepto, no existe ninguna razón por la cual el versado en la materia hubiera optado por combinar o modificar las enseñanzas proporcionadas por dichos documentos D2 y D3, pues los mismos carecen de instrucciones o información que sustenten tal posibilidad.

En este sentido, es evidente que la invención aquí descrita enfrenta un objeción derivada de un análisis en retrospectiva que estudia de manera superficial las divulgaciones del estado de la técnica y presume sin ningún fundamento concreto que la misma podría haber sido derivada de manera obvia, cuando en realidad ninguno de los documentos D2 o D3 anticipa o sugiere la selección y combinación de cada uno de los elementos característicos de la invención reivindicada, desconociendo además las ventajas y efectos técnicos logrados por la misma.

De esta manera, concluimos que el examen conducido por el señor Examinador se encuentra guiado por un enfoque altamente subjetivo según el cual el simple hecho de identificar, de manera aislada e inconexa, los diferentes componentes que definen la composición de la presente invención en dos documentos del estado de la técnica sirve como punto de partida para asumir que esta carece de nivel inventivo.

Considerando entonces que, como bien ha sido expuesto en este memorial, ninguna de las referencias citadas, documentos D2 y D3, brindan instrucciones concretas respecto a **cómo** conseguiría el versado en la materia desarrollar una invención como la reivindicada sin la necesidad de aplicar su capacidad inventiva, solicitamos respetuosamente sea retirada dicha objeción.

Como comentario final, consideramos oportuno mencionar que más allá de cumplir de manera satisfactoria con los requisitos de patentabilidad, la invención aquí descrita manifiesta un ***efecto técnico sorprendente*** ligado al desarrollo de composiciones cementicias que a pesar de su baja densidad, logran alcanzar una **alta resistencia a la compresión** gracias al balance de componentes y proporciones dispuesta a lo largo del pliego reivindicatorio.

Más aún, destacamos que las composiciones de la presente invención exhiben un mejor desempeño mecánico a bajas densidades y sin usar aditivos ligeros, lo cual evidencia la incidencia de un claro *efecto sinérgico* atribuido en gran medida a la inclusión de proporciones de piedra caliza superiores al 5% en peso.

A este respecto, es de notar que el desarrollo de la presente invención ha permitido conocer que la piedra caliza presenta una mejor uniformidad y consistencia química que los rellenos utilizados convencionalmente para elaborar composiciones cementicias de baja densidad, entre ellos polvo de horno de cemento (CKD), tierra diatomácea, arcilla expandida molida, piedra pómez molida y ceniza fina; siendo esta una muestra contundente del **aporte técnico** que implica la presente divulgación al campo técnico.

Consecuentemente, la presente solicitud alcanza **ventajas adicionales** al permitir excluir el uso de los materiales de relleno convencionales (como polvo de horno de cemento (CKD), ceniza fina, tierra diatomácea, arcilla expandida molida y piedra pómez molida), los cuales pueden implicar gastos adicionales o riesgos para la estabilidad y comportamiento mecánico de las composiciones cementicias finales.

En complemento de lo anterior, vale la pena señalar que **ninguna de las anterioridades descritas en los documentos D2 y/o D3 logra alcanzar una resistencia a la compración de mínimo 3447 kPa** como es el caso de la presente invención, hecho que solicitamos sea reconocido como muestra de que esta divulgación representa un **desarrollo valioso y muy superior** a las divulgaciones del arte previo.

Dicho esto, solicitamos sea reconocido de manera definitiva que la presente invención exhibe indicios adicionales de nivel inventivo que como tal, respaldan y ratifican de manera definitiva el total cumplimiento de los requisitos de novedad y nivel inventivo por parte de la presente invención.

En vista de lo anteriormente expuesto, respetuosamente solicitamos el retiro de las objeciones de la presente solicitud, ya que en opinión del solicitante cumple con todos los requisitos establecidos en la Decisión 486.

Atentamente,



JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

T.P. No. 57.492 del C.S.J.

C.C. 80.410.337 de Usaquén

Calle 70 A No. 4 - 41

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

123272

15



RECIBO DE CAJA

No. 16 - 000672

Bogotá D.C., Enero 05 de 2016 - 17:07:55

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
RECIBO DE CA	SIC ** RECIBO **	999999999	344	05/01/2016	79.138.500.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
15 50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	40.000.00	600.000.00
			\$600.000.00
		=====	=====

SON: **SEISCIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-004228- -00017-0000

Fecha: 2016-03-15 16:13:01 Dep: 2020 DIR NUEVASCR
 Tra: 11 PATENTE IYI Eve: 378 FASE NACIONAL I
 Act: 523 RESPUESTA Folios: 52-53

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C. - Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Enero 5 de 2016 - 17:08:14

REIVINDICACIONES

1. Un aglomerante cementicio fabricado que consta de:

un aglomerante hidráulico, seleccionado entre cemento Portland que incluye los tipos de cemento Portland I, II, III, IV y V, en una cantidad incluida en el rango de 40 a 75% por el peso del aglomerante cementicio;

metacaolín en una cantidad incluida en el rango de 1 a 30% por el peso del aglomerante cementicio;

humo de sílice en una cantidad de 0 a 15% por el peso del aglomerante cementicio;

piedra caliza en una cantidad de 5 a 30% por el peso del aglomerante cementicio, y

un acelerador cementicio, seleccionado entre cloruros, trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio, sales de álcali o cualquier combinación de los mismos, en una cantidad controlada de desde 0.5% a 4% por el peso del aglomerante cementicio,

en donde el contenido de carbonato de calcio CaCO_3 en la piedra caliza es de al menos 60% por el peso de la piedra caliza,

en donde la cantidad de piedra caliza es mayor que la cantidad de relleno(s) y/o material(es) adicional(es), aparte del aglomerante hidráulico, metacaolín y humo de sílice, presentes en la composición;

el aglomerante cementicio proporcionando una composición cementicia fraguable al momento en que se lo agrega con agua, en donde para una densidad menor a 1560 kg/m^3 y de al menos 1318 kg/m^3 obtenida sin aditivos livianos, dicha composición cementicia fraguable exhibe una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

2. El aglomerante de la reivindicación 1, en donde la composición cementicia fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 4826 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

3. El aglomerante de la reivindicación 1, en donde la composición cementicia fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 5516 kPa a las 24 horas a 37.7 °C (38°C), cuando se endurece.
4. El aglomerante de la reivindicación 1, en donde el acelerador cementicio se presenta en una cantidad de 0.6% a 3% por el peso del aglomerante cementicio.
5. El aglomerante de la reivindicación 4, en donde el acelerador cementicio se presenta en una cantidad de 0.8% a 2.5% por el peso del aglomerante cementicio.
6. El aglomerante de la reivindicación 1, que consta de microesferas en una cantidad menor a 15% por el peso del aglomerante cementicio, en donde el aglomerante cementicio proporciona una composición cementicia fraguable, al momento en que se lo agrega con agua, que posee una densidad menor a 1318 kg/m³ y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece
7. El aglomerante de la reivindicación 6, en donde la composición cementicia fraguable presenta una densidad de aproximadamente 1198 kg/m³.
8. El aglomerante de la reivindicación 6, en donde la composición cementicia fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 4826 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece.
9. El aglomerante de la reivindicación 1, que consta de microesferas en una cantidad menor a 35% por el peso del aglomerante cementicio, en donde el aglomerante cementicio proporciona una composición cementicia fraguable, al momento en que se lo agrega con agua, que posee una densidad de aproximadamente 959 kg/m³ y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece.
10. El aglomerante de la reivindicación 1, en donde el metacaolín se encuentra presente en el aglomerante cementicio en una cantidad incluida en el rango de 8 a 25% por el peso del aglomerante cementicio.

11. El aglomerante de la reivindicación 1, en donde la piedra caliza se presenta en una cantidad de 10 a 25% por el peso del aglomerante cementicio.

12. Una composición cementicia fraguable que consta de:

agua; y

un aglomerante cementicio que incluye

un aglomerante hidráulico, seleccionado entre cemento Portland que incluye los tipos de cemento Portland I, II, III, IV y V, en una cantidad incluida en el rango de 40 a 75% por el peso del aglomerante cementicio;

metacaolín en una cantidad incluida en el rango de 1 a 30% por el peso del aglomerante cementicio;

humo de sílice en una cantidad de 0% hasta 15% por el peso del aglomerante cementicio;

piedra caliza en una cantidad de 5 a 30% por el peso del aglomerante cementicio, y

un acelerador cementicio, seleccionado entre cloruros, trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio, sales de álcali o cualquier combinación de los mismos, en una cantidad controlada de desde 0.5% a 4% por el peso del aglomerante cementicio;

en donde el contenido de carbonato de calcio CaCO_3 en la piedra caliza es de al menos 60% por el peso de la piedra caliza,

en donde, sin un aditivo liviano, la composición cementicia fraguable presenta una densidad menor a 1560 kg/m^3 y de al menos 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

13. La composición de la reivindicación 12, en donde la composición fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 4826 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

14. La composición de la reivindicación 13, en donde la composición fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 5516 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece.

15. La composición de la reivindicación 14, en donde el aglomerante cementicio consta de microesferas en una cantidad menor a 15% por el peso del aglomerante cementicio, en donde la composición cementicia fraguable presenta una densidad menor a 1318 kg/m³ y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece.

16. La composición de la reivindicación 15, en donde la composición fraguable presenta una densidad de aproximadamente 1198 kg/m³.

17. La composición de la reivindicación 16, en donde la composición fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 4826 kPa a las 24 horas a 38°C, cuando se endurece.

18. La composición de la reivindicación 16, en donde el metacaolín se encuentra presente en el aglomerante cementicio en una cantidad incluida en el rango de 8 a 25% por el peso del aglomerante cementicio.

19. La composición de la reivindicación 18, en donde el metacaolín se encuentra presente en el aglomerante cementicio en una cantidad incluida en el rango de 8 a 18% por el peso del aglomerante cementicio.

20. La composición de la reivindicación 12, en donde la piedra caliza se encuentra presente en una cantidad de aproximadamente 10 a 25% por el peso del aglomerante cementicio.

21. Un método de cementación que consta de:

proveer una composición cementicia fraguable que, a su vez, consta de:

agua; y

un aglomerante cementicio que incluye

un aglomerante hidráulico, seleccionado entre cemento Portland que incluye los tipos de cemento Portland I, II, III, IV y V, en una cantidad incluida en el rango de 40 a 75% por el peso del aglomerante cementicio;

metacaolín en una cantidad incluida en el rango de 1 a 30% por el peso del aglomerante cementicio;

humo de sílice en una cantidad de 0% hasta 15% por el peso del aglomerante cementicio;

piedra caliza en una cantidad de 5 a 30% por el peso del aglomerante cementicio, y

un acelerador cementicio, seleccionado entre cloruros, trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio, sales de álcali o cualquier combinación de los mismos, en una cantidad controlada de desde 0.5% a 4% por el peso del aglomerante cementicio,

en donde el contenido de carbonato de calcio CaCO_3 en la piedra caliza es de al menos 60% por el peso de la piedra caliza,

donde, sin un aditivo liviano, la composición cementicia fraguable presenta una densidad menor a 1560 kg/m^3 y de al menos 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece; y

se introduce la composición cementicia fraguable en una formación subterránea.

22. El método de la reivindicación 21, en donde la composición fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 4826 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

23. El método de la reivindicación 21, en donde la composición fraguable presenta una resistencia a la compresión de al menos 5516 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

24. El método de la reivindicación 21, en donde el aglomerante cementicio consta de microesferas en una cantidad menor a 15% por el peso del aglomerante cementicio, en donde el aglomerante cementicio proporciona una composición cementicia fraguable, al momento en que se lo agrega con agua, que posee una densidad de aproximadamente 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

25. El método de la reivindicación 21, en donde la formación subterránea es un pozo.

COMPOSICIONES CEMENTICIAS DE BAJA DENSIDAD QUE UTILIZAN PIEDRA CALIZA

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad conforme al Título 35 del Código de los Estados Unidos (U.S.C.) §119(e) para la Solicitud de Patente Provisoria de los Estados Unidos N° 61/364,736, titulada "Composiciones cementicias de baja densidad que utilizan piedra caliza" ("*Low Density Cementitious Compositions Using Limestone*"), presentada el 15 de julio de 2010. El contenido de dicha solicitud se incorpora a la presente en su totalidad a modo de referencia.

CAMPO DE LA INVENCION

[0002] La presente invención se refiere a composiciones de cemento, hormigón y mortero y, más particularmente, a composiciones cementicias de baja densidad.

ANTECEDENTES

[0003] Las composiciones cementicias fraguables se utilizan para el tratamiento y la perforación de pozos que se extienden desde la superficie terrestre hasta formaciones subterráneas. En general, la perforación de un pozo para la recuperación de petróleo, gas o agua desde una formación subterránea incluye la instalación y fijación de una tubería de revestimiento en el pozo mediante cementación. En esta operación, el cemento se bombea hacia abajo desde la superficie terrestre hasta el fondo del pozo. Una vez que el cemento (es decir, la composición cementicia fraguable) se haya bombeado entre la tubería de revestimiento y el pozo, el bombeo se interrumpe y se deja que el cemento fragüe en su lugar.

[0004] En los procedimientos de cementación en pozos, en algunas ocasiones se considera conveniente que la lechada de cemento presente una baja densidad. Además de ser costosas debido a una alta relación entre cemento y agua, las lechadas de cemento de alta densidad requieren mayores presiones de bombeo para poder posicionarse en los lugares deseados dentro del pozo. Asimismo, las lechadas de cemento de alta densidad ejercen altas presiones estáticas y dinámicas no sólo sobre la formación que debe tratarse, sino también sobre las

demás formaciones. En los lugares donde las demás formaciones son porosas, las altas presiones ejercidas en el pozo pueden tener como resultado la pérdida de la lechada de cemento en el interior de las formaciones o la pérdida del agua de la lechada de cemento en el interior de las formaciones. Como resultado, el cemento puede fraguar en una ubicación no deseada dentro del pozo. Así, al diseñar composiciones cementicias fraguables para aplicaciones subterráneas, los ingenieros de diseño deben asegurarse de que las composiciones presenten una resistencia a la compresión y un aislamiento zonal adecuados. Además de proveer resistencia y aislamiento zonal, se debería asegurar que las composiciones seleccionadas cumplan con todos los lineamientos normativos respecto de aislamiento zonal del área respectiva. Otro tema de preocupación es garantizar que la composición cementicia seleccionada para proveer el aislamiento zonal presente la capacidad de ser observada mediante métodos de interpretación aplicados en el fondo del pozo (perfiles de adherencia). Incluso otro tema de preocupación, desde el punto de vista de la fabricación, es asegurar que la composición cementicia permanezca uniforme y que los materiales utilizados como relleno no ejerzan un impacto sobre el desarrollo pretendido de las resistencias mecánicas y las propiedades reológicas de la composición cementicia.

[0005] Para obtener lechadas de cemento con propiedades mecánicas y reológicas adecuadas y una densidad igual o menor que aproximadamente 1560 kg/m^3 , en el arte se conoce el uso de aditivos livianos como, por ejemplo, microesferas (por ejemplo, perlas de vidrio) y agentes espumantes, como sustituyente parcial del agua. No obstante, el uso de aditivos livianos agrega significativamente costos no deseados como así también desafíos industriales a la preparación de lechadas. En general, los aditivos livianos son los materiales más costosos en las composiciones cementicias de baja densidad. Además, el uso de agentes espumantes u otros químicos similares para la reducción de la densidad de las lechadas de cemento puede provocar peligros y plantear preocupaciones de índole ambiental.

RESUMEN

[0006] Por lo tanto, se considera conveniente proveer lechadas de cemento o composiciones cementicias fraguables livianas que presenten rendimientos de compresión mejorados y que cuenten, a su vez, con el mayor contenido de agua

posible. El alto contenido de agua permite obtener el menor peso de lechada, que luego requiere la menor cantidad de aditivos livianos para obtener la densidad deseada. Un aditivo liviano se define a continuación como cualquier material que se diferencie del agua y que se utilice para proveer una lechada de cemento de baja densidad con las propiedades mecánicas y reológicas deseadas. Los ejemplos de aditivos livianos incluyen microesferas, agentes espumantes y aditivos similares.

[0007] Asimismo, se considera conveniente proveer lechadas de cemento o composiciones cementicias fraguables livianas donde los materiales utilizados como relleno no comprometan el desarrollo de las resistencias mecánicas y las propiedades reológicas de las composiciones. Se cree que el impacto de los materiales de relleno puede volverse más importante en las composiciones cementicias fraguables livianas debido al alto contenido de agua.

[0008] En particular, se considera conveniente proveer composiciones cementicias fraguables livianas que presenten rendimientos de compresión mejorados a densidades menores que 1560 kg/m^3 que no utilicen aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares, o que incluyan una mínima cantidad de ellos. Asimismo, se considera conveniente proveer composiciones cementicias fraguables que presenten rendimientos de compresión mejorados a densidades iguales o menores que aproximadamente 1437 kg/m^3 que no utilicen aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares, o que incluyan una mínima cantidad de ellos. Asimismo, se considera conveniente proveer composiciones cementicias fraguables que presenten rendimientos de compresión mejorados a densidades menores que aproximadamente 1318 kg/m^3 que incluyan una cantidad reducida de aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. En forma adicional, se considera conveniente proveer composiciones cementicias fraguables que presenten rendimientos de compresión mejorados a densidades iguales o menores que aproximadamente 1198 kg/m^3 , preferentemente iguales o menores que aproximadamente 1078 kg/m^3 , más preferentemente iguales o menores que aproximadamente 958 kg/m^3 , que incluyan una mínima cantidad de aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes y aditivos similares.

[0009] En un aspecto de la invención, se provee un aglomerante cementicio elaborado que incluye un aglomerante hidráulico y uno o más materiales con propiedades puzolánicas o no puzolánicas y que presenta una resistencia mínima a la compresión de 3447 kPa a las 24 horas (24h) al curarse a 38°C . El

aglomerante cementicio elaborado produce una lechada o composición cementicia fraguable de baja densidad con excelentes propiedades de lechada de cemento de pozo, como por ejemplo, muy baja pérdida de fluidos, muy baja segregación, buen tiempo de fraguado, buena respuesta del ingrediente, buena resistencia a la tracción y que supera las normas de seguridad establecidas por los organismos gubernamentales de la industria y que no utiliza aditivos livianos, o que incluye pequeñas cantidades de ellos.

[00010] En un aspecto de la invención, el aglomerante cementicio produce una composición cementicia fraguable con una densidad de aproximadamente 1437 kg/m^3 y una resistencia a la compresión en el rango de aproximadamente 6205 kPa a 6894 kPa, a las 24h, al curarse a 38°C , que no utiliza aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares y que mantiene las propiedades de lechada mencionadas anteriormente.

[00011] En un aspecto de la invención, se provee un aglomerante cementicio elaborado que incluye una cantidad de aglomerante hidráulico en el rango del 40% al 75% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de metacaolín en el rango del 1% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de humo de sílice de hasta el 15% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de piedra caliza del 5% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente y una cantidad controlada de acelerador cementicio de al menos el 0.5% en peso del aglomerante cementicio, donde el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable, al combinarse con agua y sin un aditivo liviano, que presenta una densidad menor que 1560 kg/m^3 y mayor que aproximadamente 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas 38°C , cuando se endurece.

[00012] En un aspecto de la invención, se provee una composición cementicia fraguable que incluye: agua; y un aglomerante cementicio elaborado que incluye una cantidad de aglomerante hidráulico en el rango del 40% al 75% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de metacaolín en el rango del 1% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de humo de sílice de hasta el 15% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de piedra caliza del 5% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente y una cantidad controlada de acelerador cementicio de al menos el 0.5% en peso del aglomerante cementicio, donde, sin ningún aditivo liviano, la composición cementicia fraguable presenta

una densidad menor que 1560 kg/m^3 y mayor que aproximadamente 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.

[00013] En otro aspecto de la invención, se provee un método de cementación que incluye la provisión de una composición cementicia fraguable que incluye agua; y un aglomerante cementicio que incluye una cantidad de aglomerante hidráulico en el rango del 40% al 75% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de metacaolín en el rango del 1% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de humo de sílice de hasta el 15% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de piedra caliza del 5% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente y una cantidad controlada de acelerador cementicio de al menos el 0.5% en peso del aglomerante cementicio, donde, sin ningún aditivo liviano, la composición cementicia fraguable presenta una densidad menor que 1560 kg/m^3 y mayor que aproximadamente 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece; y la introducción de la composición cementicia fraguable en una formación subterránea.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[00014] Varios aspectos de la presente invención se refieren a un aglomerante cementicio elaborado, un método de fabricación del aglomerante cementicio, una composición cementicia fraguable (lechada) y un método de cementación. De acuerdo con una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio y/o la composición cementicia fraguable pueden utilizarse en diversas aplicaciones que incluyen, por ejemplo, aplicaciones subterráneas, aplicaciones en la superficie y aplicaciones en la construcción. Las aplicaciones subterráneas pueden incluir, por ejemplo, cementación primaria, cementación forzada y operaciones de perforación. En la cementación primaria, por ejemplo, columnas de tubos como tuberías de revestimiento y forros se cementan en pozos. Los pozos pueden incluir pozos petroleros, pozos gasíferos, pozos de agua, pozos geotérmicos y similares. Al realizar la cementación primaria, las composiciones de cemento se bombean dentro del espacio entre las paredes del pozo y la superficie externa de la columna de tubos ubicada en su interior. Se permite que la composición de cemento fragüe en el espacio, para así formar una vaina anular de cemento endurecido sustancialmente impermeable en su interior.

que sujeta y posiciona considerablemente la columna de tubos dentro del pozo y adhiere la superficie externa de la columna de tubos a las paredes del pozo. Las composiciones de cemento se utilizan, además, para operaciones de taponamiento y abandono de pozos como así también para operaciones de cementación forzada, como taponamiento de zonas o fracturas permeables en pozos, taponamiento de grietas y orificios en columnas de tubos y operaciones similares.

[00015] En un aspecto de la invención, el aglomerante cementicio elaborado está configurado para proveer una composición cementicia fraguable liviana con una rápida y alta resistencia a la compresión que no utiliza aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares, o que incluye una cantidad reducida de ellos. Estas características cementicias son particularmente convenientes en operaciones de cementación para aplicaciones subterráneas. En realidad, cuando una composición cementicia fraguable se inyecta en el pozo y se ubica en la zona que debe cementarse, es conveniente que la composición presente una viscosidad relativamente baja y propiedades reológicas efectivamente constantes. Una vez ubicada en su lugar, una composición cementicia ideal debería desarrollar con rapidez una alta resistencia a la compresión y mantener una integridad zonal adecuada.

[00016] Asimismo, tal como lo apreciarán los expertos en el arte, un aglomerante cementicio como este provee una gran cantidad de beneficios. Por ejemplo, además de la significativa reducción de costos de fabricación del aglomerante y elaboración de las composiciones cementicias fraguables, las preocupaciones o peligros ambientales asociados con la elaboración de la composición cementicia fraguable serán mínimos o inexistentes ya que puede prepararse mediante la simple mezcla del aglomerante cementicio con agua sin utilizar aditivos livianos, o con una pequeña cantidad de ellos.

[00017] En una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable, que al combinarse con agua, presenta una densidad menor que 1560 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en otra forma de realización y más preferentemente de al menos 6205 kPa incluso en otra forma de realización, sin utilizar aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Incluso en otra forma de realización de la invención, el aglomerante

cementicio provee una composición cementicia fraguable que presenta una densidad menor que aproximadamente 1437 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización y más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, sin utilizar aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Incluso en otra forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable que presenta una densidad menor que aproximadamente 1318 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización e incluso más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, con una cantidad reducida de aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Incluso en otra forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable que presenta una densidad menor que aproximadamente 1198 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 2413 kPa en una forma de realización, a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, preferentemente de al menos 3447 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización e incluso más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, con una cantidad reducida de aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Incluso en otra forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable que presenta una densidad menor que aproximadamente 1078 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 2413 kPa en una forma de realización, a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, preferentemente de al menos 3447 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización e incluso más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, con una cantidad reducida de aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Incluso en otra forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable que presenta una densidad menor que aproximadamente 958 kg/m^3 y

una resistencia a la compresión de al menos 2413 kPa en una forma de realización, a las 24 horas a 38 °C, cuando se endurece, preferentemente de al menos 3447 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización e incluso más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, con una cantidad reducida de aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares.

[00018] Los inventores han proyectado que dichas composiciones cementicias fraguables livianas, que rápidamente adquieren una alta resistencia a la compresión, por ejemplo, una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa en una forma de realización, a las 24 horas a 38 °C, cuando se endurece, preferentemente de al menos 4826 kPa en una forma de realización, más preferentemente de al menos 5515 kPa en una forma de realización y más preferentemente de al menos 6205 kPa en otra forma de realización, sin utilizar aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares, o con una cantidad reducida de ellos, puedan obtenerse asombrosamente con un aglomerante cementicio que incluya un cemento hidráulico, metacaolín, opcionalmente humo de sílice, piedra caliza y un acelerador cementicio.

[00019] En particular, en una forma de realización, el aglomerante cementicio incluye una cantidad de aglomerante hidráulico en el rango del 40% al 75% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de metacaolín en el rango del 1% al 30% en peso del aglomerante cementicio; una cantidad de humo de sílice de hasta el 15% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente; una cantidad de piedra caliza del 5% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente y una cantidad controlada de acelerador cementicio de al menos el 0.1% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente. En esta forma de realización, el aglomerante cementicio provee una composición cementicia fraguable, que al combinarse con agua y sin ningún aditivo liviano, presenta una densidad menor a 1560 kg/m³ y de al menos 1318 kg/m³ y una resistencia a la tensión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38 °C, cuando se endurece.

[00020] En las siguientes formas de realización analizadas a continuación, se realizan mediciones de resistencia a la compresión (a las 24 horas, a 38 °C y a las 72 horas a 60 °C) de acuerdo con el estándar definido por la especificación 10A, Sección 7, 9 del Instituto Americano del Petróleo API).

[00021] Se ha demostrado que las composiciones de aglomerante cementicio que incluyen una cantidad de piedra caliza de al menos el 5% en peso del aglomerante cementicio, mejoran significativamente los rendimientos de las composiciones cementicias fraguables de baja densidad. Los inventores han proyectado que mediante la incorporación de una cantidad predefinida de piedra caliza al aglomerante cementicio, es posible mejorar significativamente los rendimientos de las composiciones cementicias fraguables de baja densidad sin utilizar aditivos livianos, o mediante la utilización de cantidades reducidas de ellos. En forma adicional, los inventores han proyectado que el uso de piedra caliza en combinación con materiales adicionales, incluidos metacaolín, un aglomerante hidráulico, opcionalmente humo de sílice y un acelerador cementicio en cantidades predefinidas en peso del aglomerante cementicio también mejora significativamente los rendimientos de las composiciones cementicias fraguables de baja densidad. Los rendimientos de las composiciones cementicias fraguables de baja densidad, tal como se define en la presente, incluyen, por ejemplo, rápida y alta resistencia a la compresión a las 24h (es decir, al menos 3447 kPa a 38 °C) para una composición cementicia fraguable con una densidad menor que 1560 kg/m³ sin utilizar aditivos livianos, como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares, o con una mínima cantidad de ellos. En una forma de realización, la piedra caliza se encuentra presente en aproximadamente el 10% al 30% en peso del aglomerante cementicio. Incluso en otra forma de realización de la invención, la piedra caliza se encuentra presente en una cantidad mayor que el 15% y menor que aproximadamente el 25% en peso del aglomerante cementicio.

[00022] Los expertos en el arte apreciarán que la aceleración del desarrollo de la resistencia y la retracción reducida de la composición cementicia fraguable resultan particularmente beneficiosas para las composiciones cementicias fraguables de baja densidad utilizadas en aplicaciones subterráneas. Por ejemplo, se considera conveniente que las composiciones cementicias fraguables de baja densidad utilizadas en aplicaciones de pozos desarrollen una resistencia a la compresión anticipada para obtener un buen aislamiento del pozo y/o mantener la integridad mecánica del pozo. Asimismo, la retracción normal del cemento puede plantear problemas durante la cementación en pozos petroleros y gasíferos. La retracción pueden desempeñar un papel clave en el aislamiento anular cementado a largo plazo. El sellado a largo plazo del espacio anular se pone en riesgo si el cemento fraguado se despega del tubo, la tubería de revestimiento o del pozo. Así, se considera conveniente controlar cuidadosamente la retracción.

[00023] La piedra caliza es una roca sedimentaria que está principalmente constituida por carbonato de calcio (CaCO_3). De acuerdo con varias formas de realización de la invención, la piedra caliza se utiliza como relleno para preparar composiciones cementicias de baja densidad. No obstante, dado que la piedra caliza presenta una mejor uniformidad/consistencia química que los rellenos actuales utilizados convencionalmente para elaborar composiciones cementicias, como, por ejemplo, polvo de horno de cemento (CKD), tierra diatomácea, arcilla expandida molida, piedra pómez molida y ceniza fina, se ha descubierto, inesperadamente, que la piedra caliza puede utilizarse para elaborar composiciones cementicias de baja densidad, por ejemplo, con una densidad menor que 1560 kg/m^3 , y de aproximadamente 1437 kg/m^3 a 958 kg/m^3 , que presentan propiedades mecánicas y reológicas significativamente mejoradas.

[00024] Por ejemplo, en comparación con el polvo de horno de cemento (CKD), la ceniza fina u otros subproductos, como así también otros productos naturales, incluidas la tierra diatomácea, la arcilla expandida molida y la piedra pómez molida, la piedra caliza es un material más inerte e incluye, en una cantidad mucho menor, fases minerales o productos químicos que pueden interactuar con otros materiales/fases de la composición cementicia (por ejemplo, cemento Portland) y/o con ingrediente(s) (por ejemplo, acelerador(es)) que pueden agregarse durante la preparación de la lechada. Por ejemplo, a diferencia de la piedra caliza, el polvo de horno de cemento puede incluir cantidades significativas de cloruros y/o álcalis y fases minerales que pueden interactuar con varias fases del cemento Portland y mezclas y ejercer un impacto sobre las características de fraguado, la reología y el desarrollo de la resistencia. Se sabe que el contenido de estas fases en el polvo de horno de cemento varía significativamente durante la producción de *clinker*, ya que reciben una gran influencia de los ingredientes crudos alimentados al horno, el tipo de combustibles y materias primas utilizados en el quemador del horno de cemento y la operación del filtro de polvo que recolecta el polvo de horno de cemento. La falta de uniformidad y/o consistencia del polvo de horno de cemento, la ceniza fina u otros subproductos, como así también otros productos naturales, incluidas la tierra diatomácea, la arcilla expandida molida y la piedra pómez molida, en comparación con la piedra caliza, puede ejercer un impacto sobre la consistencia del rendimiento del aglomerante cementicio (características de fraguado, reología, desarrollo de resistencia), propiedades que cuentan con una significativa importancia, especialmente en

aplicaciones de alta gama como cementación de pozos, tal como lo apreciarán los expertos en el arte.

[00025] Asimismo, a diferencia del polvo de horno de cemento, la ceniza fina u otros subproductos, como así también otros productos naturales, incluidas la tierra diatomácea, la arcilla expandida molida y la piedra pómez molida, también es posible mejorar el control de la granulometría y, por ende, la uniformidad de las partículas de piedra caliza durante la molienda. Cabe destacar que, a diferencia de la arena (cuarzo), que también es un material muy inerte, la piedra caliza puede molerse con mucha mayor facilidad para lograr la granulometría deseada. Esto tiene como resultados mejoras significativas en las propiedades mecánicas y reológicas de las composiciones cementicias, incluida la piedra caliza, en comparación con las obtenidas, por ejemplo, con el polvo de horno de cemento. El polvo de horno de cemento es un subproducto que generalmente presenta tamaños de partículas muy finos. La granulometría del polvo de horno de cemento no puede modificarse fácilmente luego de su recolección. En una forma de realización, las partículas de piedra caliza utilizadas para la preparación de composiciones cementicias de baja densidad tienen un tamaño en el rango de aproximadamente $1\mu\text{m}$ a aproximadamente $10\mu\text{m}$ y en una forma de realización, de aproximadamente $2\mu\text{m}$ a aproximadamente $8\mu\text{m}$; en otra forma de realización de aproximadamente $3\mu\text{m}$ a aproximadamente $6\mu\text{m}$.

[00026] En una forma de realización, se considera conveniente que el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) en la piedra caliza sea de al menos el 60% en peso de la piedra caliza. En otra forma de realización, el contenido de carbonato de calcio de la piedra caliza es de al menos el 70% en peso de la piedra caliza. En otra forma de realización, el contenido de carbonato de calcio en la fuente de carbonato de calcio es de al menos el 90% en peso de la piedra caliza. El uso de piedra caliza con alto contenido de carbonato de calcio, por ejemplo, mayor que al menos el 60%, se considera conveniente para preservar las propiedades mecánicas y reológicas deseadas de las composiciones cementicias y para limitar la presencia de otras fases minerales o productos químicos que puedan interactuar con otros materiales/fases de la composición cementicia (por ejemplo, cemento Portland) y/o ingrediente(s) (por ejemplo, acelerador(es)) que pueden agregarse durante la preparación de la lechada.

[00027] Si bien el uso de piedra caliza se considera conveniente para la elaboración de composiciones cementicias de baja densidad, por ejemplo, a densidades menores que 1560 kg/m^3 , se vislumbra, además, agregar

parcialmente rellenos adicionales a la composición, incluidos, por ejemplo, polvo de horno de cemento, ceniza fina u otros subproductos, como así también otros productos naturales, incluidas la tierra diatomácea, la arcilla expandida molida y la piedra pómez, en otras formas de realización de la invención. En una forma de realización, la cantidad de estos rellenos adicionales se selecciona para no comprometer el rendimiento de las composiciones cementicias a bajas densidades, o ejemplo, menores que 1560 kg/m^3 y en particular de aproximadamente 1437 kg/m^3 a 958 kg/m^3 . Por ejemplo, en una forma de realización, la cantidad de piedra caliza en la composición cementicia es mayor que la cantidad de relleno(s) adicional(es) y/o material(es) que pueden agregarse a la composición además de un aglomerante hidráulico, metacaolín y humo de sílice.

[00028] En una forma de realización, como alternativa a la piedra caliza, se vislumbra, además, proveer una fuente de carbonato de calcio (CaCO_3) con un contenido de carbonato de calcio de al menos el 60% en peso de la fuente de carbonato de calcio. La fuente de carbonato de calcio puede incluir cualquier material que pueda proveer CaCO_3 en una forma soluble o no soluble. En diversas formas de realización, una fuente de carbonato de calcio puede derivarse de la piedra caliza, la piedra caliza dolomítica, la aragonita, la calcita, la tiza, la marga y similares, y cualquier combinación de ellas. Las fuentes adecuadas de carbonato de calcio incluyen, pero sin limitarse a ello, cemento de piedra caliza, cemento de albañilería, mezcla cruda de cemento, piedra caliza elaborada de primera calidad como el producto comercializado por *Omya*, *Betocarb®*, y cualquier combinación de ellos. En otra forma de realización, el contenido de carbonato de calcio en la fuente de carbonato de calcio es de al menos el 70% en peso de la fuente de carbonato de calcio. En otra forma de realización, el contenido de carbonato de calcio en la fuente de carbonato de calcio es de al menos el 80% en peso de la fuente de carbonato de calcio. En otra forma de realización, el contenido de carbonato de calcio en la fuente de carbonato de calcio es de al menos el 90% en peso de la fuente de carbonato de calcio.

[00029] De acuerdo con una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio incluye una fuente de carbonato de calcio cuya cantidad está en el rango del 5% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente, que al combinarse con agua, presenta una densidad menor que aproximadamente 1437 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa , a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece, sin utilizar aditivos livianos

como microesferas, agentes espumantes o aditivos similares. Preferentemente, en una forma de realización, la cantidad de la fuente de carbonato de calcio está presente en aproximadamente el 10% al 30% en peso del aglomerante cementicio. Incluso en otra forma de realización de la invención, la fuente de carbonato de calcio se encuentra presente en una cantidad mayor que el 15% y menor que aproximadamente el 25% en peso del aglomerante cementicio.

[00030] En una forma de realización, la cantidad de la fuente de carbonato de calcio en la composición cementicia es mayor que la cantidad de relleno(s) adicional(es) y/o material(es) que pueden agregarse a la composición además de un aglomerante hidráulico, metacaolín y humo de sílice.

[00031] De acuerdo con una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio incluye, además, un aglomerante hidráulico. Ejemplos de aglomerantes hidráulicos que podrían utilizarse en las formas de realización de la invención son, pero sin limitarse a ello, cementos Portland, cementos mezclados, cementos de albañilería que se ajusten a las especificaciones de ASTM y/o AASHTO (incluidos los tipos I, II, III, IV, V de cementos Portland), como así también cementos que se ajusten a las especificaciones de API. Los inventores han proyectado que al alta fineza de algunos cementos mejora la retención de agua y el desarrollo de la resistencia de la composición cementicia fraguable. En una forma de realización, el aglomerante hidráulico incluye cemento Portland tipo III. Se considera conveniente controlar la cantidad de aglomerante hidráulico en el aglomerante cementicio para lograr una alta resistencia a la compresión anticipada para composiciones cementicias fraguables de baja densidad. El aglomerante cementicio incluye una cantidad de cemento hidráulico en el rango de aproximadamente el 40% al 75%.

[00032] Preferentemente, en una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio incluye, además, una cantidad de metacaolín en el rango del 1% al 30% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente. Preferentemente, en una forma de realización de la invención, el metacaolín está presente en el aglomerante cementicio en una cantidad en el rango del 8% al 25% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente. Más preferentemente, en una forma de realización de la invención, el metacaolín está presente en el aglomerante cementicio en una cantidad en el rango del 8% al 18% en peso del aglomerante cementicio aproximadamente.

[00033] El metacaolín actúa como un material puzolánico en el aglomerante cementicio y debe presentar, preferentemente un tamaño de partícula promedio

menor que aproximadamente $3\mu\text{m}$, preferentemente menor que aproximadamente $1.7\mu\text{m}$ en una forma de realización. Un material puzolánico es un material silíceo o alúmino-silíceo que posee un valor cementicio reducido o nulo, pero que, en presencia de agua y en forma finamente fraccionada, reaccione químicamente con el hidróxido de calcio producido durante la hidratación del **cemento** Portland para formar materiales con propiedades cementicias. Se ha descubierto que los aglomerantes cementicios que incluyen metacaolín, cuyo tamaño de partícula es pequeño, mejoran significativamente la resistencia a la compresión anticipada de las composiciones cementicias fraguables con una densidad menor que 1560 kg/m^3 , por ejemplo, menor que 1437 kg/m^3 , o menor que 1318 kg/m^3 o menor que 1198 kg/m^3 .

[00034] En otras formas de realización de la invención, se vislumbra que podrían utilizarse otros tipos de materiales puzolánicos en forma adicional o en lugar del metacaolín.

[00035] Por ejemplo, en una forma de realización de la invención, el aglomerante cementicio puede incluir, además, una cantidad de humo de sílice de hasta aproximadamente el 15% en peso del aglomerante cementicio. El humo de sílice es un subproducto formado en la producción de aleaciones de silicio o silicio ferroso y se recolecta mediante filtración de gases que se expelen por el horno de arco eléctrico. Típicamente, contiene al menos el 75% en peso de dióxido de silicio y consiste en partículas esféricas muy finas cuyo tamaño es menor que aproximadamente $0.1\mu\text{m}$. Se ha determinado que, debido a su gran superficie, una pequeña cantidad de humo de sílice resultó beneficiosa para obtener composiciones cementicias fraguables con bajo fluido libre y segregación. Además, se ha determinado que los materiales de gran superficie como el humo de sílice y la tierra diatomácea producen efectos sinérgicos con otros materiales ultra finos que mejoran las resistencias a la compresión anticipadas (por ejemplo, a las 24h) de las composiciones cementicias fraguables de baja densidad.

[00036] La composición cementicia asimismo incluye un acelerador cementicio para acelerar el proceso de hidratación. Un acelerador cementicio se define, en este documento, como cualquier aditivo(s) que se agrega(n) al aglomerante y se adapta(n) con el fin de acelerar el proceso de hidratación de la composición cementicia de una manera controlada. Como cualquier experto en la materia puede apreciar, se aconseja controlar la hidratación de la composición cementicia para obtener las propiedades mecánicas y reológicas deseadas. Por consiguiente, según diversas formas de realización de la invención, el acelerador

cementicio se selecciona y se agrega a la composición cementicia en una cantidad controlada para acelerar el proceso de hidratación. El acelerador cementicio definido en la presente e incluido en diversas formas de realización de la invención parte de químico(s) y/o componente(s) presente(s) en otros productos (por ejemplo, subproductos); dicho(s) químico(s) y/o componente(s) puede(n) exhibir propiedades de aceleración en algunas circunstancias pero no se suministran en una cantidad controlada a la composición. Por ejemplo, el acelerador cementicio definido en este documento parte de cloruros y /o álcalis que pueden estar presentes en el polvo de horno de cemento, que, a su vez, se puede agregar a la composición cementicia en una de las formas de realización. Como cualquier experto en la materia puede apreciar, los cloruros y/o álcalis presentes en el polvo de horno de cemento pueden variar considerablemente según, por ejemplo, los ingredientes sin procesar suministrados en la estructura del horno, el tipo de combustible y materia prima utilizados en el quemador perteneciente al horno de cemento y la operación del filtro de polvo que recoge el polvo de horno de cemento. Por consiguiente, como cualquier experto en la materia puede apreciar, cualquier composición, incluso el polvo de horno de cemento, no incluiría una cantidad controlada de cloruros y /o álcalis y, por esa razón, un acelerador cementicio en una cantidad controlada de al menos 0.5% por el peso de la composición cementicia.

[00037] El acelerador cementicio se puede agregar en forma separada durante o después de las tareas de co-rectificación y/o mezcla de los diversos elementos pertenecientes al aglomerante cementicio. Por ejemplo, el acelerador cementicio se puede agregar en forma separada al momento de preparar la lechada.

[00038] Algunos ejemplos de aceleradores cementicios adecuados incluyen, pero no se limitan a, una fuente de cloruros en donde los cloruros se suministran en una cantidad controlada, trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio, sales de álcali, aceleradores que no están realizados a base de cloruros, como Grace Construction Products Polaset® o cualquier combinación del mismo. Dicha lista no es excluyente. Se pueden utilizar aceleradores cementicios adicionales en otras formas de realización de la invención. El aglomerante cementicio incluye un acelerador en una cantidad de al menos 0.5%. Por ejemplo, en una de las formas de realización, el acelerador se suministra en una cantidad de aproximadamente 0.5% a 4% por el peso del aglomerante cementicio. En otra forma de realización, el acelerador se suministra

preferentemente en una cantidad de 0.6% a 3%. Y en otra forma de realización, el acelerador se suministra preferentemente en una cantidad de 0.8% a 2.5%.

[00039] Las composiciones cementicias fraguables livianas correspondientes a las formas de realización de la invención exhiben rendimientos de compresión mejorados a densidades menores de 1560 kg/m^3 sin utilizar, o al incluir una cantidad mínima de aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o similares. En especial, el aglomerante cementicio proporciona una composición cementicia fraguable, cuando solamente se agrega agua, con una densidad menor a aproximadamente 1437 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece. El agua utilizada en las composiciones cementicias fraguables pertenecientes a las formas de realización de la presente invención pueden incluir agua dulce, agua salada (por ejemplo, agua con una o más sales disueltas), salmuera (por ejemplo, agua salada saturada producida a partir de formaciones subterráneas), agua de mar, o combinaciones de la misma. Generalmente, el agua puede provenir de cualquier fuente, siempre y cuando no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar en forma adversa a otros componentes en la composición cementicia fraguable. En algunas formas de realización, el agua se puede incluir en una cantidad suficiente para formar una lechada bombeable. En algunas formas de realización, el agua se puede incluir en las composiciones cementicias fraguables pertenecientes a las formas de realización de la presente invención en una cantidad perteneciente al rango que va desde un valor aproximado de 40% a un valor aproximado de 200% por el peso. Tal y como se expresa, el término "por el peso", al utilizarse en el presente documento para referirse al porcentaje de un componente en la composición cementicia fraguable, significa por el peso incluido en las composiciones cementicias fraguables de la presente invención en relación al peso de los componentes secos en la composición cementicia fraguable. En algunas formas de realización, el agua se puede incluir en una cantidad perteneciente al rango que va desde un valor aproximado de 40% a un valor aproximado de 150% por el peso.

[00040] Las composiciones cementicias fraguables correspondientes a las formas de realización de la invención que presentan una densidad menor a aproximadamente 1198 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de al menos 10342 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece se pueden obtener por medio del uso de una cantidad reducida de aditivos livianos, como microesferas. La mayor resistencia y las buenas propiedades de la lechada obtenidas a partir de

la composición cementicia fraguable correspondiente a esta forma de realización a 1437 kg/m^3 y a una densidad menor a 1560 kg/m^3 permite que la densidad de la lechada descienda por medio del incremento del contenido de agua (al tiempo que mantiene propiedades aceptables de lechada). Una formulación de composición cementicia fraguable ultraliviana (por ejemplo, 1198 kg/m^3 , 1078 kg/m^3 y 958 kg/m^3) se lleva a cabo por medio de la determinación del contenido de agua necesario para alcanzar la resistencia a la compresión deseada en una composición cementicia fraguable sin aditivos ultralivianos como microesferas. Por eso, la cantidad necesaria de aditivos ultralivianos (por ejemplo, microesferas) se calcula con la finalidad de alcanzar el peso objetivo de la composición cementicia fraguable. Hasta un cierto contenido, los aditivos livianos, como las microesferas, se consideran como rellenos que tienen un impacto mínimo en el contenido del agua y la reología, que por ende mantendrán cualquier resistencia objetivo designada.

[00041] Se puede utilizar una variedad de microesferas de acuerdo con diferentes formas de realización de la presente invención, entre las cuales se incluyen microesferas huecas, sólidas y/o porosas. Entre las microesferas adecuadas se encuentra una variedad de materiales, que incluyen, pero no se limitan a, microesferas que contienen vidrio, vidrio de borosilicato de cal sodada, ceniza volante, cerámica, poliestireno, otros materiales poliméricos y mezclas del mismo. En algunas formas de realización de las composiciones cementicias fraguables livianas de la presente invención, las microesferas son microesferas huecas y de vidrio. En algunas formas de realización, las microesferas pueden contener un material polimérico reticulado, como poliestireno reticulado con divinil benceno (por ejemplo, perlas de plástico). Las microesferas se pueden obtener a partir de cualquier fuente adecuada. Ejemplos de microesferas adecuadas de ceniza volante se encuentran disponibles a la venta en Halliburton Energy Services, Inc., Duncan, Okla., bajo la marca comercial microesferas SPHERELITE™. Las microesferas adecuadas huecas fabricadas a partir de vidrio de borosilicato de cal sodada incluyen las burbujas de vidrio 3M™ SCOTCHLITE™. En una forma de realización ideal, las microesferas de vidrio de borosilicato (perlas 3M™) producidas por la empresa 3M™ se pueden utilizar en forma beneficiosa para elaborar composiciones cementicias fraguables livianas capaz de producir resistencias a la compresión mejoradas de 24 horas.

[00042] En una forma de realización de la invención, las microesferas se pueden agregar en el laminador de acabado de cemento, en el separador de cemento, en el enfriador de cemento o por medio del uso de un mezclador independiente de la operación de rectificación del cemento. En estas formas de realización, la pre-mezcla obtenida incluirá microesferas antes de que se entregue al cliente. Como alternativa, en otra forma de realización, el usuario puede mezclar las microesferas con el aglomerante/pre-mezcla cementicio(a) para disminuir la densidad de la composición cementicia fraguable, por ejemplo, para obtener una densidad menos a un valor aproximado de 1198 kg/m^3 , o menor a un valor aproximado de 1078 kg/m^3 (por ejemplo aproximadamente 958 kg/m^3).

[00043] En una forma de realización de la invención, se prevé generar espuma en la composición cementicia fraguable con gas para reducir aún más su densidad. El gas utilizado en las composiciones fraguables con espuma, según diferentes formas de realización de la presente invención, puede ser cualquier gas adecuado para la formación de espuma en una composición fraguable, incluyendo, pero no limitándose a, aire, nitrógeno o combinaciones de los mismos. Por lo general, el gas debe estar presente en las composiciones cementicias fraguables con espuma, según diferentes formas de realización de la presente invención, en una cantidad suficiente como para formar la espuma deseada. Las composiciones cementicias fraguables pertenecientes a las formas de realización de la presente invención además incluyen un surfactante. En algunas formas de realización, el surfactante incluye una composición de surfactante espumante y estabilizadora para facilitar la formación de espuma de una composición cementicia fraguable y para estabilizar la composición cementicia fraguable resultante, formada con los mismos. Se puede utilizar cualquier composición de surfactante espumante y estabilizadora en las composiciones cementicias fraguables, según diferentes formas de realización de la presente invención.

[00044] En una forma de realización, las composiciones cementicias de baja densidad se preparan por medio de la co-rectificación del aglomerado hidráulico (por ejemplo, cemento Portland), piedra caliza, metacaolín y humo de sílice opcional. En una forma de realización, todos los productos se agregan al laminado de acabado. En otra forma de realización, el aglomerado hidráulico, la piedra caliza y el humo de sílice se someten al proceso de co-rectificación y luego se mezclan con el metacaolín. En otra forma de realización de la invención, el aglomerado hidráulico y la piedra caliza se someten al proceso de co-rectificación y luego se mezclan con el humo de sílice y con el metacaolín. Incluso en otra

forma de realización de la invención, el aglomerado hidráulico se mezcla con todos los demás componentes, incluida la piedra caliza, el metacaolín y el humo de sílice. El acelerador y/o otros adyuvantes se pueden agregar por medio de un proceso de mezclado posterior al laminado de acabado y previo a su paso por el silo o simplemente se pueden mezclar con un mezclador o agregarse al preparar la lechada.

[00045] Se ilustrarán más formas de realización de la presente invención de manera más detallada por medio del uso de los siguientes ejemplos, no excluyentes. Se preparó una serie de composiciones cementicias fraguables de muestra a temperatura ambiente y se la sometió a pruebas de resistencia a la compresión a las 24 horas a 38 °C (o 38°C). Los resultados se suministran para densidades en lb/gal (1 libra/galón [EE.UU] = 119.826 426 81 kilogramo/metro cúbico). Las presiones se suministran en psi (1 libra/pulgada cuadrada = 6 894.757 28 pascal).

[00046] Ejemplo 1:

[00047] La Tabla 1 presenta diversas composiciones cementicias de baja densidad que se prepararon sin aditivos livianos (sin burbujas, agentes espumantes o similares) según una forma de realización de la invención. Se preparó una serie de muestras a temperatura ambiente y se la sometió a pruebas de resistencia a la compresión a las 24 horas a 38 °C, según la especificación API 10.

[00048] En la Tabla 1, el acelerador a base de cloruro es CaCl_2 y el acelerador a base de álcali es K_2SO_4 . La piedra caliza 1 y la piedra caliza 2 poseen respectivamente una granulometría de partículas de piedra caliza promedio de aproximadamente 3 μm y 6 μm . OPC es un aglomerante hidráulico correspondiente al cemento Portland Tipo III.

[00049] Como se puede observar en la Tabla 1, el uso de carbonato de calcio puede producir composiciones cementicias livianas con una densidad menor a 1560 kg/m³ y una resistencia a la compresión mayor a 3447 kPa a las 24 horas/a 38 °C. Las muestras 5 y 10 son ejemplos comparativos, que muestran que la ausencia de un acelerador no proporciona una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa.

Muestra	Densidad, kg/m ³	OPC (% por peso)	Piedra caliza 1 (% por peso)	Piedra caliza 2 (% por peso)	Metacaolín (% por peso)	Humo de sílice (% por peso)	Acelerador 1 a base de cloruro (% por peso)	Acelerador 2 A base de álcali (% por peso)	Resistencia de 24h 38 °C (kPa)
1	13780	61	22.8		12	3	0.9	0	3881
2	13780	61	22.7		12	3	1.2	0	4081
3	13899	61	22.6		12	3	1.7	0	4129
4	14139	61	22.6		12	3	0.9	0.7	5191
5	14259	62	23		12	3	0	0	2130
6	14139	62	22.1		12	3	0.9	0	4061
7	14019	62	21.4		12	3	0.9	0.7	4743
8	13899	62	2	18.7	12	3	1.3	1	5543
9	14019	62	4	16.7	12	3	1.3	1	5901

10	13899	62		23	12	3	0	0	1978
11	14259	62		22.4	12	3	0.6	0	4481
12	13780	62		22.1	12	3	0.9	0	3750
13	13899	62		21.4	12	3	0.9	0.7	4336
14	14139	62		21	12	3	1	1	6412
15	13899	62		21	12	3	1.3	0.7	4550
16	13899	62		20.7	12	3	1.3	1	5240
17	14019	62		20.7	12	3	1.3	1	7556
18	13899	64		18.7	12	3	1.3	1	5791
19	13899	66		16.7	12	3	1.3	1	6288
20	15337	55		28	12	3	1	1	13375
21	15457	62		21	12	3	1	1	17167

Tabla 1

[00050] Ejemplo 2:

[00051] En referencia a la Tabla 2, esta Tabla muestra el impacto correspondiente a la cantidad de la fuente de carbonato de calcio en la resistencia a la compresión a las 24 horas de diversas composiciones cementicias fraguables curadas a 38 °C, incluido el cemento Portland, el metacaolín y el humo de sílice. Las composiciones se prepararon sin utilizar aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o similares. En la Tabla 2, la relación del aglomerante hidráulico / fuente de carbonato de calcio varía para una cantidad fija de metacaolín y humo de sílice. Como se puede observar en la Tabla 2, el uso de una fuente de carbonato de piedra caliza suministra composiciones cementicias fraguables de baja densidad, con una densidad entre 1318 y 1437 kg/m³, que muestran una resistencia a la compresión a las 24 horas mayor a 3447 kPa al estar curadas a 38 °C. Todas las pruebas se llevaron a cabo según la Especificación API 10.

[00052] Las muestras 25-28 son composiciones de muestras comparativas, cada una de las cuales provee una resistencia a la compresión menor a 3447 kPa, incluso cuando el contenido del acelerador se encuentra en el orden del 2% por el peso del aglomerado cementicio.

Muestra	Densidad, kg/m ³	OPC (% por peso)	Piedra caliza 2 (% por peso)	Metacaolín (% por peso)	Humo de sílice (% por peso)	Acelerador 1 a base de cloruro (% por peso)	Acelerador 2 A base de álcali (% por peso)	Resistencia de 24h 38 °C (kPa)
22	12581	55	28	12	3	1	1	170
23	12461	62	21	12	3	1	1	200
24	12342	75	8	12	3	1	1	170
25	13420	35	45	9	9	1	1	185
26	13420	40	45	8	5	1	1	175
27	1318	40	30	8	20	1	1	295
28	14019	40	43	12	3	1	1	480
29	14019	55	28	12	3	1	1	730
30	14139	62	21	12	3	1	1	930
31	14259	75	8	12	3	1	1	1190
32	13780	55	28	12	3	1	1	540
33	13899	62	21	12	3	1	1	660

34	13540	75	8	12	3	1	1	620
35	13899	45	28	18	7	1	1	900
36	14259	55	18	18	7	1	1	1210
37	14139	62	11	18	7	1	1	1330

Tabla 2

[00053] Ejemplo 3:

[00054] La Tabla 3 muestra el impacto correspondiente a la cantidad de metacaolín en la resistencia a la compresión a las 24 horas de diversas composiciones cementicias fraguables de baja densidad curadas a 38 °C, incluido el cemento Portland (OPC), la piedra caliza y opcionalmente el humo de sílice. En la Tabla 3, la cantidad de metacaolín varía para una cantidad fija correspondiente a la fuente de carbonato de piedra caliza. Las composiciones se prepararon sin utilizar aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o similares.

[00055] Ejemplo 4:

[00056] La Tabla 4 muestra el impacto correspondiente a la cantidad de humo de sílice en la resistencia a la compresión a las 24 horas de diversas composiciones cementicias fraguables de baja densidad (entre 1318 y 1437 kg/m³) curadas a 38 °C, incluido el cemento Portland (OPC), el metacaolín y la piedra caliza. En la Tabla 4, la cantidad relativa de metacaolín y humo de sílice varía para una cantidad fija correspondiente a la fuente de carbonato de piedra caliza. Las composiciones se prepararon sin utilizar aditivos livianos como microesferas, agentes espumantes o similares. Todas las pruebas se llevaron a cabo según la Especificación API 10.

[00057] Ejemplo 5:

[00058] Se preparó una serie de composiciones cementicias ultra livianas (alrededor de 1198 kg/m³ y 958 kg/m³) a temperatura ambiente y se la sometió a una resistencia a la compresión a las 24 horas a 38 °C según la especificación API 10. Las composiciones se prepararon con aditivos livianos de microesferas. Los resultados de la resistencia a la compresión se detallan en la Tabla 5.

[00059] Como se puede observar en la Tabla 5, cada una de las composiciones cementicias livianas preparadas a aproximadamente 1198 kg/m³ exhibe una resistencia a la compresión a las 24 horas mayor a 3447 kPa, e incluso mayor a 5515 kPa para un contenido de microesferas menor al 15%. Además, es posible obtener una resistencia a la compresión a las 24 horas mayor a 3447 kPa para una composición cementicia preparada a aproximadamente 958 kg/m³ con un contenido de microesferas menos al 35%.

Muestra	Densidad, kg/m ³	OPC (% por peso)	Piedra caliza 2 (% por peso)	Metacaolín (% por peso)	Humo de sílice (% por peso)	Acelerador 1 a base de cloruro (% por peso)	Acelerador 2 A base de álcali (% por peso)	Resistencia de 24h 38 °C (kPa)
38	13899	54	21	23	0	1	1	12479
39	13899	59	21	18	0	1	1	7446
40	14019	62	21	15	0	1	1	7101
41	14019	65	21	12	0	1	1	6205
42	14139	68	21	9	0	1	1	5584

Tabla 3

Muestra	Densidad, kg/m ³	OPC (% por peso)	Piedra caliza 2 (% por peso)	Metacaolín (% por peso)	Humo de sílice (% por peso)	Acelerador 1 a base de cloruro (% por peso)	Acelerador 2 a base de álcali (% por peso)	Resistencia de 24h 38 °C (kPa)
43	14019	62	21	15	0	1	1	7101
44	14019	62	21	10	5	1	1	5791
45	14139	62	21	8	7	1	1	4895
46	14259	62	21	6	9	1	1	4550
47	13899	59	21	18	0	1	1	7446
48	14139	59	21	13	5	1	1	6412
49	14139	59	21	11	7	1	1	5515
50	13899	59	21	9	9	1	1	5033

Tabla 4

Muestra	Densidad, kg/m ³	OPC (% por peso)	Piedra caliza 2 (% por peso)	Metacaolín (% por peso)	Humo de sílice (% por peso)	Acelerador 1 a base de cloruro (% por peso)	Acelerador 2 a base de álcali (% por peso)	Microesferas (% como mezcla final)	24h 38 °C (kPa)
51	9705	61	21	12	3	1	1	34.0	4481
52	1198	62	21	12	3	1	1	14.8	6618
53	12102	59	21	13	5	1	1	14.7	6550
54	12102	59	21	18	0	1	1	14.7	8618
55	12102	59	21	11	7	1	1	14.8	6894
56	12102	62	21	15	0	1	1	14.8	7584
57	12102	62	21	11	4	1	1	14.8	6825
58	12342	62	20.7	12	3	1.3	1	13.0	5722
59	12222	66	20	12	3	1.3	1	14.3	6177

Tabla 5

49
50

[00060] Ejemplo comparativo 1:

[00061] Se preparó una composición cementicia fraguable de baja densidad por medio del uso de un aglomerante cementicio convencional de baja densidad con una cantidad de agua del 54% por el peso de la composición cementicia fraguable. La Tabla 6 muestra el rendimiento de la resistencia a la compresión obtenida con el aglomerante cementicio a 1437 kg/m³.

	Aglomerante cementicio convencional de baja densidad
Resistencia a la compresión (24h/38 °C) (kPa)	2557

Tabla 6

[00062] Como se puede observar en la Tabla 6, por la misma cantidad de agua (54%), el aglomerante cementicio convencional proporciona una composición cementicia fraguable a 1437 kg/m³ que presenta una resistencia a la compresión a las 24 horas mucho menor que aquella obtenida con el aglomerante cementicio perteneciente a una forma de realización (6412 kPa – ver ejemplo 14).

[00063] Ejemplo comparativo 2:

[00064] Se preparó una composición cementicia fraguable de baja densidad por medio del uso de un aglomerante cementicio convencional de baja densidad. Se agregaron aditivos livianos (perlas de vidrio de borosilicato (perlas 3M™) para alcanzar una densidad de alrededor de 1198 kg/m³. La Tabla 7 muestra el rendimiento de la resistencia a la compresión obtenido mediante este aglomerante cementicio convencional de aproximadamente 1198 kg/m³.

	Aglomerante cementicio convencional de baja densidad
% de perlas de vidrio agregadas	20.5
% de agua	41
Resistencia (24h/38 °C) (kPa)	4943

Tabla 7

51

[00065] Como se puede observar en la Tabla 7, es necesario incrementar considerablemente la cantidad de aditivos livianos (por encima del 20%) en el aglomerante cementicio convencional para proporcionar una composición cementicia fraguable a aproximadamente 1198 kg/m^3 con una resistencia a la compresión a las 24 horas mayor a 4826 kPa. Esta resistencia a la compresión permanece en un grado más bajo que aquella obtenida con el aglomerante cementicio, según una forma de realización de la invención (ver la Tabla 5). El uso de aditivos livianos adicionales da como resultado un incremento considerable en el costo del aglomerante cementicio, debido a que son los materiales más caros dentro de las formulaciones livianas cementicias.

[00066] Las composiciones cementicias fraguables según diferentes formas de realización de la invención se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, las composiciones cementicias fraguables se pueden utilizar en cementación primaria, cementación forzada y operaciones de perforación.

[00067] Según una forma de realización de la invención, la composición cementicia fraguable se introduce en la formación subterránea dentro de un pozo entre una tubería de revestimiento y la pared de un pozo para llevar a cabo una cementación primaria. En otra forma de realización, la composición cementicia fraguable se puede introducir en la formación subterránea para reparar la tubería de revestimiento y/o para alanzar el aislamiento zonal. Por ejemplo, la composición cementicia fraguable se puede utilizar para propósitos que incluyen, pero no se limitan a, el sellado de perforaciones, la reparación de fugas pertenecientes a la tubería de revestimiento (incluso fugas de áreas dañadas de la tubería de revestimiento), el retrotaponamiento o el sellado de la sección inferior de un pozo y el sellado del interior de un pozo durante operaciones de abandono. Ejemplos de aplicaciones específicas incluyen, pero no se limitan a, la cementación de una tubería de revestimiento y cuerdas de revestimiento, obturadores inflables, perforaciones de salida y fugas de la tubería de revestimiento.

[0001] En otra forma de realización de la invención, se prevé utilizar las composiciones cementicias fraguables en aplicaciones que no se limiten a aplicaciones subterráneas. Por ejemplo, las composiciones cementicias fraguables se pueden utilizar en la cementación vinculada a las tareas de construcción, donde se prefieren las composiciones que presentan bajas densidades y resistencias a la compresión mejoradas.

SL

[0002] Mientras la invención se puede adaptar a diversas modificaciones y formas alternativas, en este documento, se describieron y se exhibieron formas de realización específicas por medio de ejemplos. Sin embargo, se debe comprender que la invención no tiene el propósito de limitarse a las formas específicas exhibidas. En cambio, la invención tiene la finalidad de cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas incluidas dentro del espíritu y el alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, los diferentes aspectos de las composiciones y los métodos detallados se pueden utilizar en diversas combinaciones y/o en forma independiente. Por ende, la invención no se limita solamente a aquellas combinaciones exhibidas en este documento, sino que puede incluir otras combinaciones.

53

RESUMEN

Un aglomerante cementicio fabricado consta de un aglomerante hidráulico en una cantidad incluida en el rango de 40 a 75% por el peso del aglomerante cementicio; metacaolín en una cantidad incluida en el rango de 1 a 30% por el peso del aglomerante cementicio; humo de sílice en una cantidad de hasta 15% por el peso del aglomerante cementicio; piedra caliza en una cantidad de 5 a 30% por el peso del aglomerante cementicio, y un acelerador cementicio en una cantidad controlada de al menos 0.5% por el peso del aglomerante cementicio, el aglomerante cementicio proporcionando una composición cementicia fraguable al momento en que se lo agrega con agua, donde para una densidad menor a 1560 kg/m^3 y de al menos 1318 kg/m^3 obtenida sin aditivos livianos, dicha composición cementicia fraguable exhibe una resistencia a la compresión de al menos 3447 kPa a las 24 horas a 38°C , cuando se endurece.