

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 389**

51 Int. Cl.:

C06B 23/00 (2006.01)

C06B 47/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2016** **PCT/EP2016/052692**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016** **WO16128382**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2016** **E 16703544 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019** **EP 3256435**

54 Título: **Suspensión explosiva de base acuosa**

30 Prioridad:

10.02.2015 EP 15382045

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

10.03.2020

73 Titular/es:

MAXAMCORP HOLDING, S.L. (100.0%)

Avda. del Partenon 16 - 5a PI

28042 Madrid, ES

72 Inventor/es:

**QUINTANA ANGULO, JOSÉ RAMÓN y
CARRANZA VÍTORES, ARTURO**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 747 389 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Suspensión explosiva de base acuosa

Campo de la invención

5

La presente invención se incluye en la categoría de explosivos civiles para su uso en minería y obras civiles. Más específicamente, se refiere a una mezcla explosiva de base acuosa fabricada para cargarse especialmente en barrenos ascendentes. Esta mezcla explosiva es de tipo de suspensión/gel y contiene uno o más polímeros solubles en agua que confieren a la mezcla propiedades reológicas especiales que permiten cargar la misma en dichos barrenos ascendentes.

10

Antecedentes de la invención

15

El uso de explosivos en obras civiles y minería está tan extendido que en la actualidad sería inconcebible desarrollar dichas actividades sin usar explosivos. Cuando se usan explosivos para romper rocas por medio de voladura, el método consiste en realizar barrenos separados, llenar los barrenos con explosivos en cartuchos o a granel y posteriormente detonar los explosivos.

20

El mercado ha evolucionado del uso de productos en cartucho generalmente sensibles a detonador a productos a granel mucho menos sensibles que deben iniciarse con un cebador. El mayor consumo de explosivo es a granel. Los explosivos a granel pueden ser del tipo ANFO (mezcla de nitrato de amonio con un hidrocarburo líquido) o explosivos de base acuosa. Los explosivos de base acuosa pueden ser de dos tipos, es decir, suspensión/hidrogeles y emulsiones.

25

Las composiciones explosivas en emulsión de tipo agua en aceite son mezclas íntimas de dos líquidos inmiscibles que están formadas por los siguientes componentes: a) una fase acuosa discontinua en forma de pequeñas gotitas que consiste en una disolución sobresaturada o concentrada de sales oxidantes, b) una fase orgánica inmiscible con la fase acuosa que tiene en la misma las gotitas de la fase acuosa, y c) un emulsionante o una mezcla de emulsionantes que mantiene las gotitas de la fase acuosa dispersadas en la fase aceitosa durante un determinado periodo de tiempo.

30

Las suspensiones/los hidrogeles explosivos consisten esencialmente en una disolución acuosa viscosa y saturada de sales oxidantes y reductoras y un polímero, que tiene dispersadas en la misma partículas sólidas oxidantes y, en algunos casos, combustibles. Una suspensión explosiva o matriz (es decir, no sensibilizada) será una mezcla fluida tal como se describió anteriormente que puede bombearse y es miscible en agua. Un hidrogel explosivo es un sólido blando formado a partir de una suspensión tal como se describió anteriormente por medio de adición de un agente de entrecruzamiento que provoca la reticulación de polímero.

35

Uno de los métodos usados con más frecuencia para llenar barrenos con explosivos a granel de base acuosa es bombear los explosivos por medio de una bomba que impulsa el producto a lo largo de un conducto hueco y flexible hasta el fondo de los barrenos. Para facilitar la operación de bombeo del explosivo desde un depósito hasta el fondo del barreno a través de un conducto, que es habitualmente una manguera, la viscosidad del explosivo debe ser lo bastante baja como para que la caída de presión que surge en la manguera no sea demasiado alta. Si la presión de bombeo es demasiado alta, la bomba puede no tener la capacidad necesaria o puede producirse recirculación dentro de la bomba. Una presión de bombeo excesiva reduce los márgenes de seguridad en la operación de carga del explosivo en los barrenos. Además, el explosivo debe tener una viscosidad moderadamente alta para que cuando se cargan barrenos, particularmente barrenos descendentes, el explosivo no fluya a través de las posibles grietas en el terreno. En el caso de cargar barrenos ascendentes desde el extremo superior del barreno (hacia abajo), la viscosidad del explosivo debe ser aún mayor para ayudar a que el explosivo se mantenga por sí mismo, impidiendo que la fuerza de la gravedad provoque que el explosivo fluya libremente y se vacíe el barreno.

50

Un método usado con frecuencia para reducir la presión cuando se bombea el producto al interior del barreno consiste en inyectar un líquido lubricante entre el producto y la superficie interna de la manguera o conducto de carga. Este líquido lubricante es habitualmente agua o una disolución acuosa.

55

Se usan barrenos ascendentes en minería subterránea y se entienden como los barrenos que tienen una inclinación comprendida entre más de 0° y 90° con respecto a la horizontal. La carga de tales barrenos presenta grandes dificultades y la presente invención se refiere a la carga descendente de dichos barrenos desde el extremo superior del barreno. La dificultad se encuentra en el hecho de que el explosivo debe tener una viscosidad o consistencia muy altas para poder mantenerse por sí mismo en el barreno. Sin embargo, un producto altamente viscoso generará demasiada caída de presión en el conducto de carga, impidiendo que la bomba de carga funcione en condiciones adecuadas. Además, un producto altamente viscoso complicará en gran medida la logística del mismo. En general, debe tenerse en cuenta que la suspensión explosiva o matriz se fabrica en una planta industrial y después se transporta al sitio de uso en recipientes o bien de metal o bien de plástico de diversas capacidades (cisternas, GRG ...). En este procedimiento, el producto puede bombearse varias veces con el fin de transferirlo. En general, este problema se ha abordado

60

implementando procedimientos que permiten que la suspensión explosiva o matriz tenga una baja viscosidad hasta que sale de la bomba de carga y provocando un cambio en la viscosidad del producto de modo que sea muy alta cuando se introduce en el barreno.

- 5 En el caso de las emulsiones explosivas o matriz, una solución usada con frecuencia consiste en colocar uno o más dispositivos de generación de cizalla después de la bomba de carga, o bien en el extremo del manguera de carga (documento US 4615752) o bien antes del mismo (documento WO 96/13698). La acción de cizalladura sobre la emulsión provoca que gotitas de la misma se dividan para dar otras gotitas más pequeñas, aumentando significativamente la superficie de gotitas y reduciendo el espesor de la fase continua que existe entre las gotitas. Esta
- 10 reducción del espesor de la fase continua entre las gotitas y el hecho de que la fase discontinua tiene un porcentaje mayor del 90% en las emulsiones explosivas conduce a un aumento considerable en la viscosidad de la emulsión a medida que pasa a través de los dispositivos de cizalladura. Por tanto, la emulsión que se deposita sobre o se proyecta hacia el fondo del barreno tiene una alta consistencia.
- 15 En el caso de matrices o explosivos de tipo suspensión, la patente US 3303738 describe un procedimiento para fabricar una suspensión/hidrogel in situ, en el que los componentes se transportan por separado al sitio de carga y los componentes que incluyen un agente espesante se mezclan antes de cargarse. Debido al tiempo que tarda el agente espesante en desarrollar la viscosidad requerida, el bombeo se realiza con un producto que tiene una viscosidad muy baja y la viscosidad aumenta en el barreno hasta el punto de impedir la sedimentación de partículas sólidas en
- 20 suspensión. Sin embargo, este método no puede aplicarse para cargar barrenos ascendentes desde el extremo superior del barreno porque el aumento de la viscosidad es demasiado lento, de tal manera que el producto todavía tiene una viscosidad muy baja a la salida de la manguera que impide que se retenga en el barreno.

US 2006/243362 A1 describe una suspensión explosiva bombeable en forma de gel acuoso que comprende partículas sólidas, fase líquida y un polímero soluble en agua modificador de la reología.

25

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a una suspensión explosiva o matriz (es decir, no sensibilizada) de base acuosa que tiene en sí misma un comportamiento reológico tal que resuelve las dificultades existentes en la carga de barrenos ascendentes desde el extremo superior. Esta suspensión se comporta como un líquido de baja viscosidad cuando se fuerza a que fluya debido a la acción de una bomba de carga, y, sin embargo, tiene las características de un sólido

30 blando cuando está en reposo una vez en el interior del barreno. Las propiedades viscoelásticas de esta suspensión cambian drásticamente con la velocidad de cizalla. Esta suspensión comprende o consiste esencialmente en una disolución acuosa de una o más sales oxidantes, por ejemplo, uno o más nitratos oxidantes inorgánicos, y opcionalmente uno o más combustibles y/o sensibilizadores solubles en agua, y uno o más polímeros solubles en agua susceptibles de originar un comportamiento del tipo pseudoplástico, tales como uno o más polímeros del tipo de gomas de galactomanano o xantana, que potencian las características reológicas deseadas. En esta disolución se dispersan partículas de una o más sales oxidantes, por ejemplo, nitratos oxidantes inorgánicos con un tamaño de grano y en un

35 porcentaje tales que potencian el comportamiento reológico específico de esta suspensión. Una vez introducida en el barreno, la suspensión puede volverse explosiva por medio de generación de burbujas de gas mediante un procedimiento de gasificación química.

40

La presente invención también comprende una suspensión explosiva que se origina de la introducción de burbujas de aire, o partículas porosas o huecas, en la suspensión matriz no sensibilizada descrita en el párrafo anterior antes de bombearse al interior del barreno. La presente invención también comprende una suspensión explosiva que se origina de la introducción de burbujas de gas en la suspensión matriz no sensibilizada descrita en el párrafo anterior cuando se bombea la suspensión al interior del barreno.

45

Una vez cargada la suspensión explosiva o matriz en el barreno, también es posible promover la reticulación de los polímeros existentes en la suspensión con el fin de aumentar la resistencia del explosivo al agua.

50

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 y 3 muestran respectivamente la viscosidad en función de la velocidad de cizalla para una suspensión convencional para su uso en minas a cielo abierto y una suspensión según la presente invención. Las figuras 2 y 4 muestran respectivamente el módulo elástico, G' , y el módulo viscoso, G'' , en función de la frecuencia del ensayo de oscilación para una suspensión convencional para su uso en minas a cielo abierto y una suspensión según la presente invención.

55

Descripción detallada de la invención

El experto en el campo de la invención conoce los términos "matriz" o "matriz no sensibilizada" y se refieren a una composición no explosiva, particularmente una suspensión no explosiva en el contexto de la presente invención, que

está destinada a sensibilizarse (es decir, volverse explosiva). Generalmente, una suspensión matriz no sensibilizada puede clasificarse como oxidante 5.1.

El objetivo principal de esta invención es proporcionar una suspensión explosiva o matriz no sensibilizada de base acuosa caracterizada por ser un fluido no newtoniano con un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico. Tal comportamiento se caracteriza por una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la velocidad de cizalla. Por tanto, cuando está en reposo en el interior del barreno, la suspensión tiene una viscosidad tan alta que permite mantenerse por sí misma en el barreno ascendente sin fluir hacia abajo debido a la acción de la gravedad. Además, cuando se hace circular la suspensión a través del conducto de carga hasta el barreno debido a la acción de una bomba, la alta velocidad de cizalla reduce drásticamente la viscosidad de la suspensión de tal manera que la caída de presión mientras se bombea se mantiene a valores razonables.

Por tanto, en un aspecto la invención se refiere a una suspensión explosiva o matriz, a continuación en el presente documento "suspensión de la invención", que consiste en una suspensión de base acuosa que comprende una fase líquida en la que está suspendida una fase sólida, que está caracterizada por ser un fluido no newtoniano con un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, comportamiento que se caracteriza por una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la velocidad de cizalla, tal como se describió anteriormente en el párrafo anterior. La fase líquida es una disolución acuosa de al menos una sal oxidante, y al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico. Opcionalmente, dicha disolución acuosa también puede contener al menos un material combustible y/o sensibilizador soluble en agua. La fase sólida comprende partículas de pequeño tamaño de al menos una sal oxidante, y opcionalmente, también pueden estar presentes partículas de al menos un combustible. Más específicamente, la suspensión de la invención formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa se caracteriza porque tiene una composición caracterizada porque:

- a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total de la suspensión,
- b) la fase sólida comprende partículas de una sal oxidante con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 μm y 500 μm , y
- c) la fase líquida es una disolución acuosa que comprende al menos una sal oxidante y al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, y porque tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:
 - a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s para una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
 - b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.

La viscosidad de la suspensión aumenta a medida que aumenta el contenido en sólido de la suspensión y a medida que disminuye el tamaño de partícula promedio del sólido suspendido. Teniendo en cuenta estas dependencias, se han elegido límites del porcentaje de sólidos y del tamaño promedio de partícula suspendida que permiten que las suspensiones tengan valores de viscosidad de tal manera que facilitan la carga del barreno por medio de bombeo y al mismo tiempo facilitan la capacidad de la suspensión de mantenerse por sí misma en barrenos ascendentes.

Se prefiere particularmente que dicha suspensión de la invención, o bien suspensión explosiva o bien matriz no sensibilizada, tenga una viscosidad de más de 10.000 Pa.s, o, más preferiblemente más de 20.000 Pa.s, para una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} , y menos de 10 Pa.s, o más preferiblemente menos de 5 Pa.s, para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} . A menos que se indique lo contrario, el término "viscosidad" tal como se usa en el presente documento se refiere a "viscosidad dinámica".

En una realización particular, aunque no limitativa, de esta invención, dicha suspensión de la invención, o bien suspensión explosiva o bien matriz no sensibilizada, tiene en un ensayo de oscilación de cizalla en el intervalo de viscoelasticidad lineal, valores de módulo elástico, G' , que son siempre mayores que los valores de módulo viscoso, G'' , para todas las frecuencias angulares comprendidas entre 0,01 y 100 rad/s, y preferiblemente entre 0,005 y 500 rad/s, lo que indica un comportamiento predominantemente elástico.

Con el fin de aumentar la capacidad de mantenerse por sí misma de la suspensión proporcionada en detalle en la invención, esta suspensión tiene un esfuerzo de fluencia significativo. Dicho de otro modo, la fuerza que debe aplicarse a la suspensión debe tener un valor mayor que el esfuerzo de fluencia indicado, para que la suspensión comience a fluir. En una realización particular, dicha suspensión tiene un esfuerzo de fluencia de más de 1 Pa.

Pueden usarse nitratos, cloratos y percloratos de amonio, metal alcalino o metal alcalinotérreo y mezclas de los mismos como sales oxidantes. Los ejemplos ilustrativos, no limitativos, de dichas sales incluyen, entre otros, nitratos, cloratos y percloratos de amonio, sodio, potasio, litio, magnesio o calcio. La concentración total de sales oxidantes puede variar habitualmente entre el 50% y el 90% en peso de la suspensión de la invención, preferiblemente entre el 60% y el 80%. El experto en la técnica entenderá que dichas sales oxidantes estarán en forma de una disolución

acuosa, que es parte de la fase líquida de la suspensión de la invención, y en forma de partículas, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 µm y 500 µm, que son parte de la fase sólida de la suspensión de la invención.

5 Pueden usarse productos de origen natural o sintético, por ejemplo, productos naturales derivados de semillas o microorganismos, derivados de celulosa o polímeros sintéticos y mezclas de los mismos, como polímeros solubles en agua susceptibles de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico. Más específicamente, estos polímeros pueden ser, entre otros, galactomananos, tales como goma guar, goma xantana o carboximetilcelulosa y los derivados de las mismas. Algunos de estos
10 polímeros pueden estar reticulados con el fin de aumentar la resistencia del explosivo final al agua. La concentración total de polímero disuelto puede variar habitualmente entre el 0,4% y el 5% en peso de la suspensión de la invención, preferiblemente entre el 0,6% y el 3%.

Si se desea, la suspensión de la invención puede contener uno o más materiales combustibles. Los
15 materiales combustibles presentes opcionalmente en la suspensión pueden ser líquidos o sólidos, por ejemplo, compuestos orgánicos que pertenecen al grupo formado por hidrocarburos alifáticos saturados o insaturados e hidrocarburos aromáticos, aceites, derivados del petróleo, o de origen vegetal tales como almidón, harina, serrín, melazas y azúcares, o también combustibles metálicos finamente divididos tales como aluminio, silicio o ferrosilicio. La suspensión de la invención puede contener, opcionalmente, mezclas de los materiales
20 combustibles mencionados. En general, la concentración total de material combustible en la suspensión de la invención, si contiene materiales combustibles, puede variar entre el 1% y el 20% en peso de la suspensión, preferiblemente entre el 3% y el 10%. El experto en la técnica entenderá que, si la suspensión de la invención contiene uno o más combustibles líquidos o disueltos (en agua) será parte de la fase líquida de la suspensión; asimismo, dicho experto en la técnica entenderá que, si la suspensión de la invención contiene uno o más
25 combustibles sólidos en forma de partículas, serán parte de la fase sólida de la suspensión. Según la presente invención, la suspensión de la invención puede contener (i) uno o más combustibles en la fase líquida, (ii) partículas de uno o más combustibles en la fase sólida, o (iii) uno o más combustibles en la fase líquida y partículas de uno o más combustibles en la fase sólida.

Si se desea, la suspensión de la invención contiene uno o más sensibilizadores. Ventajosamente, dichos sensibilizadores son solubles en agua y son parte de la fase líquida. Por tanto, en una realización preferida y particular, los sensibilizadores opcionales pueden ser los usados comúnmente en la fabricación de tales explosivos de base acuosa. En una realización particular, dichos sensibilizadores pueden ser nitratos de alquilamina, tales como, por ejemplo, nitrato de monometilamina, nitrato de dimetilamina, etc., o nitratos de
35 alcanolamina, tales como, por ejemplo, nitrato de etanolamina, nitrato de dietanolamina, nitrato de trietanolamina, etc., así como nitratos de otras aminas solubles en agua tales como hexamina, dietilentriamina, etilendiamina y mezclas de los mismos. La concentración total de sensibilizadores en la suspensión de la invención, si los contiene, puede variar habitualmente entre el 0,5% y el 40% en peso de la suspensión, preferiblemente entre el 2% y el 30%.

La suspensión acuosa según esta invención puede ser una suspensión matriz no sensibilizada, es decir, no explosiva, antes de bombearse al interior del barreno y volverse explosiva en el barreno debido a la generación química de burbujas de gas en la misma, reduciéndose la densidad de la misma. Para ello, se mezcla un agente de generación de burbujas de gas en el procedimiento de carga del barreno. Pueden usarse
45 peróxidos, tales como, por ejemplo, peróxido de hidrógeno, etc., carbonatos, tales como, por ejemplo, bicarbonato de sodio, etc., ácido nitroso o sales del mismo, tales como, por ejemplo, nitrito de sodio, etc., nitrosaminas, tales como, por ejemplo, N,N-dinitroso-pentametilentetramina, etc., y diisocianatos como agente de generación de burbujas de gas. La suspensión de la invención también puede incorporar, en este caso, el catalizador para la reacción química de generación de burbujas de gas, por ejemplo, tiourea o tiocianato cuando el agente de generación de burbujas de gas es un nitrito o sal de ácido nitroso. En general, el agente de generación de burbujas de gas puede estar presente en la suspensión de la invención que se carga en el barreno en una concentración comprendida entre el 0,01% y el 3% en peso, preferiblemente entre el 0,05% y el 1% en peso con respecto al peso total de la suspensión de la invención. El agente de generación de burbujas de gas se transporta al sitio de sensibilización "*in situ*" en un recipiente adecuado tal como un depósito. En una
55 realización preferida el agente de generación de burbujas de gas se mezcla con la suspensión en el extremo de la manguera.

Asimismo, según la presente invención, la suspensión acuosa según esta invención puede ser una suspensión explosiva antes de bombearse al interior del barreno. La suspensión matriz no sensibilizada puede
60 convertirse en una suspensión explosiva por medio de la adición de partículas sólidas porosas o huecas, o por medio de la introducción de burbujas de aire por medio de agitación mecánica, con la ayuda de la adición de un agente de estabilización de burbujas de aire. La conversión de la suspensión no sensibilizada en una suspensión explosiva puede llevarse a cabo o bien en una planta industrial o bien en la unidad de bombeo. Esta unidad de bombeo tendrá un recipiente adecuado para partículas sólidas porosas o huecas y un elemento

de mezclado para incorporar estas partículas en la suspensión no sensibilizada, o un recipiente adecuado para un agente de estabilización de burbujas de aire y un elemento de agitación para incorporar burbujas de aire y el agente de estabilización en la suspensión no sensibilizada.

- 5 Pueden usarse microesferas de vidrio huecas, microesferas de plástico huecas, esferas Extendsphere o perlita como partículas sólidas porosas o huecas. La concentración total de estas partículas en la suspensión explosiva, si las contiene, puede variar habitualmente entre el 0,5% y el 10% en peso de la suspensión explosiva, preferiblemente entre el 1% y el 7%.
- 10 Pueden usarse disoluciones o dispersiones de tensioactivos, tales como derivados de aminas de ácidos grasos, tales como, por ejemplo, acetato de laurilamina, etc., proteínas, tales como, por ejemplo, albúmina de huevo, lactoalbúmina, colágeno, proteína de soja, proteína de guar o goma guar modificada de tipo hidroxipropil-guar, etc., o mezclas de dichos productos como agente de estabilización de burbujas de gas/aire. La concentración del agente de estabilización de burbujas de gas/aire puede variar entre el 0,01% y el 5% en peso con respecto a la suspensión explosiva que se carga en el barreno, preferiblemente entre el 0,1% y el 2% en peso.
- 15

- Si la composición explosiva final en el interior del barreno debe reticularse, puede incorporarse al menos un agente de entrecruzamiento. Pueden usarse compuestos de antimonio tales como piroantimoniato de potasio, tartrato de antimonio y potasio, etc., o compuestos de cromo tales como ácido crómico, dicromato de sodio o potasio, etc., o compuestos de circonio tales como sulfato de circonio o diisopropilamina-lactato de circonio, etc., o compuestos de titanio tales como quelato de trietanolamina-titanio, etc., o compuestos de aluminio tales como sulfato de aluminio, etc., como agente de entrecruzamiento. El experto en la técnica entenderá que se elegirá el agente de entrecruzamiento adecuado para reticular las cadenas poliméricas del polímero soluble en agua que puede reticularse. El agente de entrecruzamiento puede estar habitualmente presente en la suspensión que se carga en el barreno en una concentración comprendida entre el 0,01% y el 5% en peso, preferiblemente entre el 0,01% y el 2% en peso con respecto al peso total de dicha mezcla. En una realización preferida, el agente de entrecruzamiento se mezcla con la suspensión en el extremo de la manguera.
- 20
- 25

- En una realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva que tiene una densidad, en condiciones normales de uso, comprendida entre 0,5 y 1,2 g/cm³, preferiblemente entre 0,8 y 1,1 g/cm³.
- 30

En una realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva o matriz formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa cuya composición está caracterizada porque:

- 35 a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total,
- b) la fase sólida comprende partículas de una sal oxidante inorgánica seleccionada del grupo que consiste en un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, y mezclas de los mismos, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 y 500 µm, y
- 40 c) la fase líquida es una disolución acuosa que contiene (i) al menos una sal oxidante inorgánica seleccionada del grupo que consiste en un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, y mezclas de los mismos; (ii) al menos un combustible o sensibilizador soluble en agua seleccionado del grupo que consiste en un nitrato de alquilamina, un nitrato de alcanolamina, un nitrato de una amina soluble en agua seleccionada de hexamina, dietilentriamina y etilendiamina, y mezclas de los mismos; y (iii) al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico seleccionado de un producto de origen natural o producto sintético, y
- 45 y tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:
- a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s para una velocidad de cizalla de 0,001 s⁻¹ e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s⁻¹, y
- 50 b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.

En una realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva o matriz formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa cuya composición está caracterizada porque:

- 55 a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total,
- b) la fase sólida comprende partículas de una sal oxidante inorgánica, tal como un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, o mezclas de los mismos, preferiblemente nitrato de amonio, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 y 500 µm, y
- 60 c) la fase líquida es una disolución acuosa que contiene al menos una sal oxidante inorgánica, tal como un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, o mezclas de los mismos, preferiblemente un nitrato inorgánico, más preferiblemente nitrato de amonio; al menos un sensibilizador soluble en agua, tal como un nitrato de alquilamina, un nitrato de alcanolamina, un nitrato de otras aminas solubles en agua tales como hexamina, dietilentriamina, etilendiamina, etc., o mezclas de los mismos, preferiblemente un nitrato de amina, más preferiblemente, nitrato de monometilamina; y al menos un

polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, tal como un producto de origen natural o sintético, por ejemplo, un producto natural derivado de semillas o de microorganismos, un derivado de celulosa, un polímero sintético, o mezclas de los mismos, preferiblemente una goma de tipo galactomanano, tal como goma guar, goma xantana, etc., o carboximetilcelulosa o derivados de la misma, más preferiblemente un polímero seleccionado del grupo que consiste en una goma de tipo galactomanano, una goma xantana y mezclas de las mismas;

y tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:

- a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s, preferiblemente igual o superior a 20.000 Pa.s, para una velocidad de cizalla de $0,001 \text{ s}^{-1}$ e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
- b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.

En otra realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva o matriz formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa cuya composición está caracterizada porque:

- a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total,
- b) la fase sólida comprende partículas de nitrato de amonio, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 y 500 μm , y
- c) la fase líquida es una disolución acuosa que contiene (i) al menos un nitrato inorgánico, (ii) al menos un nitrato de amina seleccionado de un nitrato de alquilamina, un nitrato de alcanolamina, un nitrato de hexamina, dietilentriamina o etilendiamina, y mezclas de los mismos, y (iii) al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico seleccionado del grupo que consiste en una goma de tipo galactomanano, una goma xantana y mezclas de las mismas;

y tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:

- a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s, preferiblemente igual o superior a 20.000 Pa.s, para una velocidad de cizalla de $0,001 \text{ s}^{-1}$ e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
- b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.

La suspensión de la invención, en cualquiera de sus alternativas (suspensión matriz no sensibilizada o explosiva) puede obtenerse mediante métodos convencionales para obtener suspensiones de base acuosa por medio de mezclado de diferentes componentes en las cantidades adecuadas y en condiciones adecuadas.

En una realización particular, cuando la suspensión de la invención es una suspensión matriz no sensibilizada, esta puede obtenerse fácilmente por medio de un método que comprende mezclar una fase líquida que comprende al menos una sal oxidante, y al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, con una fase sólida que comprende partículas de al menos una sal oxidante. Alternativamente, cuando la suspensión de la invención es una suspensión matriz no sensibilizada, puede obtenerse fácilmente por medio de un método que comprende mezclar una fase líquida que comprende al menos una sal oxidante, con una fase sólida que comprende partículas de al menos una sal oxidante, y disolver al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico. En una realización particular de dicho método, dicha fase líquida comprende además al menos un material combustible y/o sensibilizador soluble en agua; y dicha fase sólida puede comprender además partículas de al menos un combustible. Las características de dicha sal oxidante, polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, combustible y sensibilizador así como las concentraciones en las que pueden estar presentes en la suspensión ya se han mencionado anteriormente y se incorporan en el presente documento por referencia.

En otra realización particular, la suspensión no sensibilizada puede volverse explosiva en el barreno, esto puede obtenerse fácilmente por medio de un método que comprende preparar la suspensión matriz y mezclar dicha suspensión, cuando está cargándose el barreno, con un agente de generación de burbujas de gas y, opcionalmente con un agente de entrecruzamiento, en las proporciones adecuadas, para obtener la densidad requerida y, opcionalmente, resistencia al agua. Las características de dicho agente de generación de burbujas de gas y agente de entrecruzamiento así como las concentraciones en las que pueden estar presentes en la suspensión explosiva ya se han mencionado anteriormente y se incorporan en el presente documento por referencia. En una realización particular, dicho agente de generación de burbujas de gas es una sal de ácido nitroso; en otra realización particular, dicho agente de entrecruzamiento es un compuesto inorgánico que contiene antimonio, por ejemplo, tartrato de antimonio y potasio, etc.; y, en otra realización particular, dicha suspensión explosiva tiene una densidad, en condiciones normales de uso, comprendida entre 0,5 y 1,2 g/cm^3 , preferiblemente entre 0,8 y 1,1 g/cm^3 .

En otra realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva, que puede obtenerse fácilmente por medio de un método que comprende preparar la suspensión matriz no sensibilizada y mezclar dicha suspensión, en una planta industrial o en la unidad de bombeo antes de bombear la suspensión al interior del barreno, con partículas sólidas porosas o huecas, en las proporciones adecuadas, para obtener la densidad requerida y, opcionalmente, mezclar la suspensión sensibilizada con un agente de entrecruzamiento, en las proporciones adecuadas, cuando se bombea al interior del barreno, para obtener la resistencia al agua requerida. Las características de dichas partículas sólidas porosas o huecas y dicho agente de entrecruzamiento así como las concentraciones en las que pueden estar presentes en la suspensión explosiva ya se han mencionado anteriormente y se incorporan en el presente documento por referencia. En una realización particular, dichas partículas sólidas porosas o huecas son microesferas de vidrio huecas, microesferas de plástico huecas, esferas Extendsphere o perlita; en otra realización particular, dicho agente de entrecruzamiento es un compuesto inorgánico que contiene antimonio, por ejemplo, tartrato de antimonio y potasio, etc.; y en otra realización particular, dicha suspensión explosiva tiene una densidad, en condiciones normales de uso, comprendida entre 0,5 y 1,2 g/cm³, preferiblemente entre 0,8 y 1,1 g/cm³.

En otra realización particular, la suspensión de la invención es una suspensión explosiva, que puede obtenerse fácilmente por medio de un método que comprende preparar la suspensión no sensibilizada e introducir burbujas de aire en dicha suspensión, en una planta industrial o en la unidad de bombeo antes de bombear la suspensión al interior del barreno, por medio de agitación mecánica y con la ayuda de la adición de un agente de estabilización de burbujas de aire, en las proporciones adecuadas, para obtener la densidad requerida y, opcionalmente, mezclar la suspensión sensibilizada con un agente de entrecruzamiento, en las proporciones adecuadas, cuando se bombea al interior del barreno, para obtener la resistencia al agua requerida. Las características de dicho agente de estabilización de burbujas de aire y agente de entrecruzamiento así como las concentraciones en las que pueden estar presentes en la suspensión explosiva ya se han mencionado anteriormente y se incorporan en el presente documento por referencia. En una realización particular, dicho agente de estabilización de burbujas de aire es una disolución o dispersión de uno o más tensioactivos, una o más proteínas, o mezclas de ambos tipos de productos; en otra realización particular, dicho agente de entrecruzamiento es un compuesto inorgánico que contiene antimonio, por ejemplo, tartrato de antimonio y potasio, etc.; y en otra realización particular, dicha suspensión explosiva tiene una densidad, en condiciones normales de uso, comprendida entre 0,5 y 1,2 g/cm³, preferiblemente entre 0,8 y 1,1 g/cm³.

La invención se ilustra por medio de los siguientes dos ejemplos comparativos, que no limitan el alcance de la invención de ninguna manera.

Ejemplo 1 (comparativo) – Estado de la técnica

Este ejemplo describe el comportamiento reológico de una suspensión convencional que puede usarse para cargar barrenos descendentes en canteras o minas a cielo abierto y cuya composición se describe en la tabla 1. Las partículas sólidas de nitrato de amonio en la suspensión tenían un tamaño de grano promedio de 600 µm y su porcentaje con respecto a la suspensión era del 42% en peso a 20°C.

Tabla 1
Composición de suspensión matriz (es decir, no sensibilizada)

Componente	%
Agua	14,8
Nitrato de amonio	70,8
Nitrato de monometilamina	13,5
Goma guar	0,7
Tiourea	0,2

En la figura 1 se muestra la variación de la viscosidad en función de la velocidad de cizalla. Tal como puede observarse a partir del gráfico, esta suspensión tiene una viscosidad de aproximadamente 3,9 Pa.s a una velocidad de cizalla de 100 s⁻¹ y de aproximadamente 3.300 Pa.s a una velocidad de cizalla de 0,001 s⁻¹.

En la figura 2 se muestran las dependencias del módulo elástico o de almacenamiento y del módulo viscoso o de pérdidas en función de la frecuencia. Tal como puede observarse, las curvas del módulo elástico (módulo elástico o de almacenamiento), G', y del módulo viscoso (módulo viscoso o de pérdidas), G'', se intersecan a una frecuencia angular de 0,6 rad/s, siendo el módulo viscoso mayor que el módulo elástico para frecuencias inferiores. Este comportamiento puede considerarse típico de un líquido viscoso.

Además, puede considerarse que esta suspensión no tiene prácticamente esfuerzo de fluencia ya que el valor calculado era de 0,5 Pa.

Se realizó un intento de llenar esta suspensión en un tubo de plástico con el extremo superior sellado. El tubo tenía 6 m de altura y 100 mm de diámetro con el extremo superior sellado. El método para llenar el tubo consistió en introducir una manguera de 25 mm de diámetro interno en el extremo superior del tubo y después se bombea la suspensión a una velocidad de flujo de 50 kg/min. A medida que se llenaba el tubo, la manguera se movió hacia abajo de manera uniforme. Mientras se llenaba el tubo, parte de la suspensión se salió del tubo. Una vez que la manguera alcanzó el extremo inferior del tubo, se retiró. La suspensión que estaba en el tubo se cayó después de unos pocos segundos, vaciándose el tubo.

Ejemplo 2 – Invención

Este ejemplo describe el comportamiento reológico de una suspensión típica descrita en la presente invención y diseñada para poder cargarse en barrenos ascendentes y cuya composición se describe en la tabla 2. Las partículas sólidas de nitrato de amonio en la suspensión tenían un tamaño de grano promedio de 400 μm y su porcentaje con respecto a la suspensión era del 44% en peso a 20°C.

Tabla 2
Composición de suspensión matriz (no sensibilizada)

Componente	%
Agua	13,8
Nitrato de amonio	71,0
Nitrato de monometilamina	13,0
Goma guar	1,0
Goma xantana	1,0
Tiourea	0,2

En la figura 3 se muestra la variación de la viscosidad en función de la velocidad de cizalla. Tal como puede observarse en el gráfico, esta suspensión tiene una viscosidad de aproximadamente 5,4 Pa.s a una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} y de aproximadamente 14.700 Pa.s a una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} . Comparando los valores obtenidos con los correspondientes al ejemplo 1, puede deducirse que ambas suspensiones tendrán aproximadamente la misma facilidad para bombearse ya que ambas tienen viscosidades similares a altas velocidades de cizalla. Sin embargo, la suspensión del ejemplo 2 tiene una viscosidad (14.700 Pa.s) considerablemente mayor que la del ejemplo 1 (3.300 Pa.s) de modo que puede deducirse claramente la mayor capacidad de la misma para mantenerse por sí misma en el barreno.

En la figura 4 se muestran las dependencias del módulo elástico o de almacenamiento y del módulo viscoso o de pérdidas en función de la frecuencia. Tal como puede observarse, el módulo elástico es mayor que el módulo viscoso en todo el intervalo de frecuencia angular medido. Este comportamiento se parece al de un sólido blando tal como el caso de un gel. Dicho de otro modo, esta suspensión tiene mucha menos tendencia a fluir que la suspensión del ejemplo 1.

Esta suspensión tenía un esfuerzo de fluencia de 3,4 Pa, un valor que ya es significativo.

Se llenó el tubo de plástico descrito en el ejemplo 1 con esta suspensión usando también el mismo método. Pocas veces se produjo caída del producto mientras se cargaba la suspensión. Una vez que la manguera alcanzó el extremo inferior del tubo, se retiró y el tubo permaneció llenado durante más de 30 min.

REIVINDICACIONES

1. Una suspensión explosiva o matriz no sensibilizada formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa cuya composición está caracterizada porque:
 - a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total de la suspensión,
 - b) la fase sólida comprende partículas de una sal oxidante con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 μm y 500 μm , y
 - c) la fase líquida es una disolución acuosa que comprende al menos una sal oxidante, y al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico, y porque tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:
 - a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s para una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
 - b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.
2. Suspensión según la reivindicación 1, caracterizada porque:
 - a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total,
 - b) la fase sólida comprende partículas de una sal oxidante inorgánica seleccionada del grupo que consiste en un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, y mezclas de los mismos, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 y 500 μm , y
 - c) la fase líquida es una disolución acuosa que contiene (i) al menos una sal oxidante inorgánica seleccionada del grupo que consiste en un nitrato, clorato o perclorato de amonio o metal alcalino o metal alcalinotérreo, y mezclas de los mismos; (ii) al menos un combustible o sensibilizador soluble en agua seleccionado del grupo que consiste en un nitrato de alquilamina, un nitrato de alcanolamina, un nitrato de una amina soluble en agua seleccionada de hexamina, dietilentriamina y etilendiamina, y mezclas de los mismos; y (iii) al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico seleccionado de un producto de origen natural o sintético, y mezclas de los mismos; y tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:
 - a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000 Pa.s para una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
 - b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.
3. Suspensión según la reivindicación 1, caracterizada porque:
 - a) la fase sólida está presente en un porcentaje comprendido entre el 35% y el 55% en peso con respecto al peso total,
 - b) la fase sólida comprende partículas de nitrato de amonio, con un tamaño de grano promedio comprendido entre 100 y 500 μm , y
 - c) la fase líquida es una disolución acuosa que contiene (i) al menos un nitrato inorgánico, (ii) al menos un nitrato de amina seleccionado de un nitrato de alquilamina, un nitrato de alcanolamina, un nitrato de hexamina, dietilentriamina o etilendiamina, o mezclas de los mismos, y (iii) al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico seleccionado del grupo que consiste en una goma de tipo galactomanano, una goma xantana y mezclas de las mismas; y tiene un comportamiento reológico específico caracterizado por:
 - a) una viscosidad que tiene un valor igual o superior a 10.000, preferiblemente igual o superior a 20.000 Pa.s, para una velocidad de cizalla de 0,001 s^{-1} e igual o inferior a 10 Pa.s para una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , y
 - b) un esfuerzo de fluencia igual o superior a 1 Pa.
4. Suspensión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuyo comportamiento reológico también está caracterizado porque en los ensayos oscilatorios de cizalla en el intervalo de viscoelasticidad lineal, el módulo elástico G' es mayor que el módulo viscoso G'' en todo el intervalo de frecuencia angular comprendido entre 0,01 rad/s y 100 rad/s.
5. Un método para obtener una suspensión matriz no sensibilizada formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende mezclar una fase líquida que comprende al menos una sal oxidante, con una fase sólida que comprende partículas de al menos una sal oxidante, y disolver al menos un polímero soluble en agua susceptible de impartir a la suspensión un marcado comportamiento reológico del tipo pseudoplástico.

6. Método según la reivindicación 5, en el que dicha fase líquida comprende además al menos un material combustible y/o sensibilizador soluble en agua; y dicha fase sólida comprende opcionalmente además partículas de al menos un combustible.
- 5 7. Un método para obtener una suspensión explosiva formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende mezclar la suspensión matriz no sensibilizada obtenida según el método según la reivindicación 5 ó 6, con un agente de generación de burbujas de gas y opcionalmente con un agente de entrecruzamiento, cuando se bombea la suspensión al interior del barreno.
- 10 8. Método según la reivindicación 7, en el que dicho agente de generación de burbujas de gas es una sal de ácido nítrico.
- 15 9. Un método para obtener una suspensión explosiva formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende introducir burbujas de aire en la suspensión matriz no sensibilizada obtenida según el método según la reivindicación 5 ó 6, por medio de agitación mecánica y con la ayuda de la adición de un agente de estabilización de burbujas de aire, antes de bombear la suspensión al interior del barreno; y opcionalmente mezclar la suspensión sensibilizada con un agente de entrecruzamiento, cuando se bombea al interior del barreno.
- 20 10. Método según la reivindicación 9, en el que dicho agente de estabilización de burbujas de aire es una disolución o dispersión de uno o más tensioactivos, una o más proteínas, o mezclas de ambos tipos de productos.
- 25 11. Un método para obtener una suspensión explosiva formada por una fase sólida y una fase líquida acuosa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende mezclar la suspensión matriz no sensibilizada obtenida según el método según la reivindicación 5 ó 6, antes de bombear la suspensión al interior del barreno, con partículas sólidas porosas o huecas; y opcionalmente mezclar la suspensión sensibilizada con un agente de entrecruzamiento, cuando se bombea al interior del barreno.
- 30 12. Método según la reivindicación 11, en el que dichas partículas sólidas porosas o huecas son microesferas de vidrio huecas, microesferas de plástico huecas, esferas Extendsphere o perlita.
13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que dicho agente de entrecruzamiento es un compuesto inorgánico que contiene antimonio.
- 35 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que dicha suspensión explosiva tiene una densidad comprendida entre 0,5 y 1,2 g/cm³, preferiblemente entre 0,8 y 1,1 g/cm³.

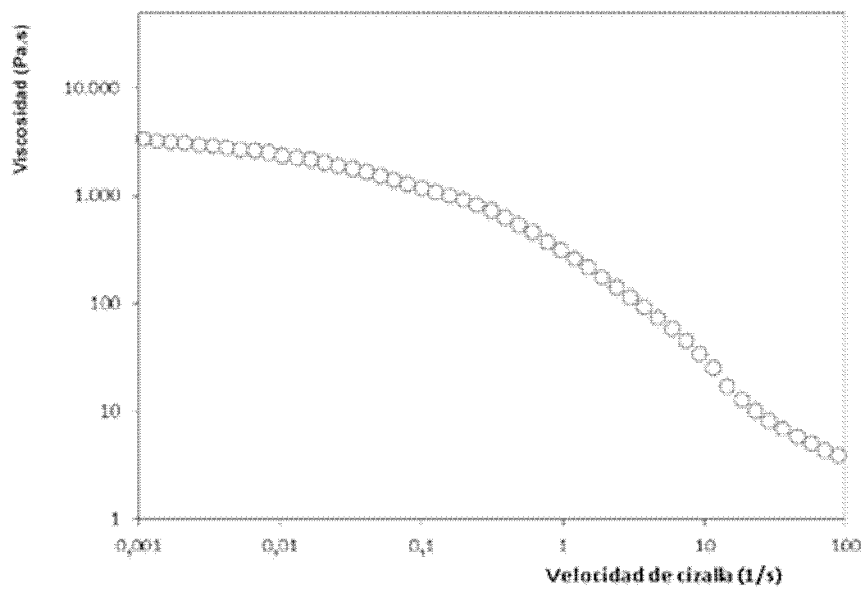


Figura 1

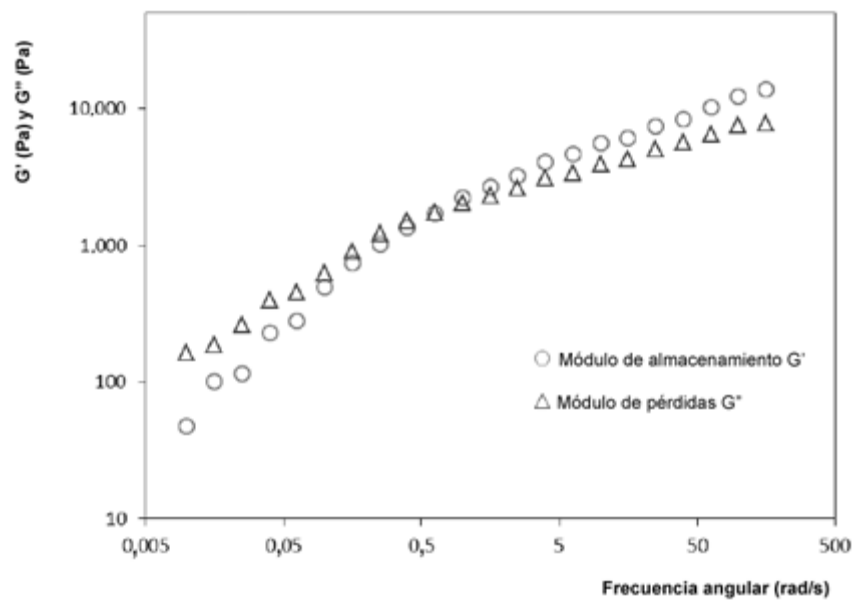


Figura 2

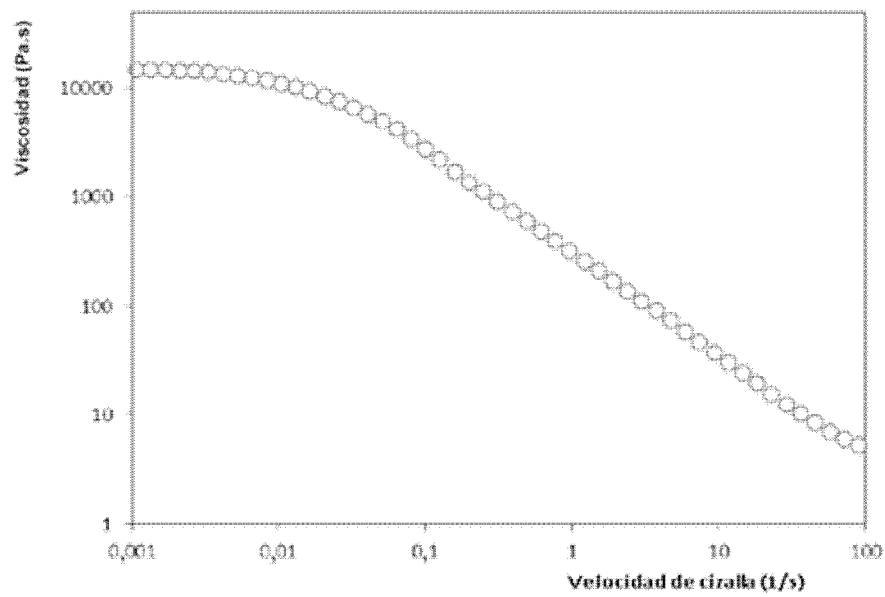


Figura 3

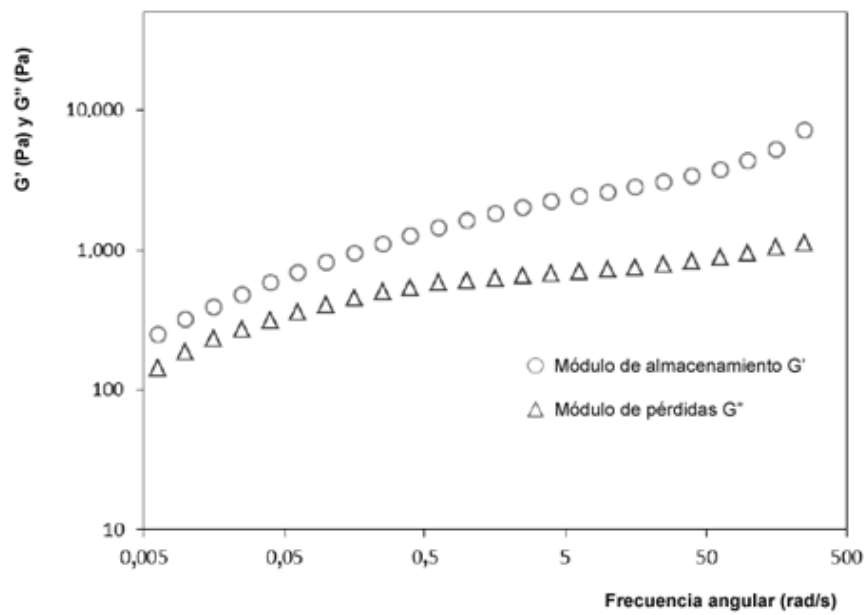


Figura 4