



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 691**

51 Int. Cl.:
B09B 3/00 (2006.01)
C02F 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07728682 .1**
96 Fecha de presentación : **01.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2018232**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2009**

54 Título: **Tratamiento de lodos minerales con rehabilitación mejorada del crecimiento de las plantas.**

30 Prioridad: **19.05.2006 GB 0609998**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.04.2011

73 Titular/es: **BASF SE**
67056 Ludwigshafen, DE

72 Inventor/es: **Bellwood, John Gerard y**
Dymond, Brian

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 356 691 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).

DESCRIPCION

Tratamiento de lodos minerales con rehabilitación mejorada del crecimiento de las plantas.

- 5 [0001] La presente invención se refiere al hecho de proporcionar una zona de deposición rehabilitada para material mineral en partículas, especialmente con características mejoradas de rehabilitación del crecimiento de las plantas, en donde el material mineral ha sido deshidratado a partir de una suspensión, especialmente lodos minerales residuales. La invención es particularmente adecuada para la distribución de residuos y otro material residual resultantes de procedimientos de tratamiento y beneficiación de minerales, incluyendo la co-distribución de sólidos bastos y finos, como una mezcla homogénea. Por la expresión "material mineral en partículas" la entidad solicitante incluye una variedad de sustratos en donde está presente material mineral. Así, dentro de dicha expresión se incluirán, por ejemplo, lodo rojo, residuos procedentes de diversas operaciones de tratamiento de minerales y del tratamiento de residuos de arenas petrolíferas.
- 10 [0002] El procedimiento de tratamiento de minas minerales con el fin de extraer los contenidos minerales dará lugar normalmente a material residual. Con frecuencia, el material residual consiste en un lodo acuoso que comprende material mineral en partículas, por ejemplo, arcilla, esquistos, arena, gravilla, óxidos metálicos, etc, mezclado con agua.
- 15 [0003] En ciertos casos, el material residual tal como residuos de minería, se puede distribuir convenientemente en una mina subterránea para formar relleno. En general, el residuo de relleno comprende una alta proporción de partículas bastas de tamaño grande junto con otras partículas de tamaño más pequeño y se bombea al interior de la mina como lodo en donde se deja éste deshidratar quedando los sólidos sedimentados en su sitio. Una práctica común consiste en utilizar floculantes para facilitar este proceso mediante la floculación del material fino para incrementar la velocidad de sedimentación o retener cemento en una mezcla. Sin embargo, en este caso, el material basto normalmente sedimentará a una velocidad más rápida que los finos floculados, dando ello como resultado un depósito heterogéneo de sólidos bastos y finos.
- 20 [0004] Para otras aplicaciones, puede no ser posible distribuir el residuo en una mina. En estos casos, una práctica común consiste en distribuir este material mediante bombeo del lodo acuoso hacia lagunas, montones o apilamientos y dejarlo así deshidratar gradualmente a través de las acciones de sedimentación, drenaje y evaporación.
- 25 [0005] Existe una gran intervención de presión medioambiental para reducir al mínimo la asignación de nuevos terrenos para fines de distribución y para utilizar de un modo más eficaz las zonas de residuos ya existentes. Uno de los métodos consiste en depositar múltiples capas de residuos sobre una zona para formar así apilamientos más altos de residuos. Sin embargo, esto presenta la dificultad de poder asegurar que el material residual únicamente fluye sobre la superficie de residuos que previamente han sido rigidizados dentro de límites aceptables, que se pueda rigidizar de forma adecuada para formar un apilamiento y que el residuo se consolide de manera suficiente para soportar múltiples capas de material rigidizado, sin riesgos de que se derrumbe o deslice. De este modo, los requisitos para proporcionar un material residual con el tipo correcto de características para su apilamiento son totalmente diferentes de aquellas requeridas para otras formas de distribución, tal como rellenos dentro de una zona relativamente cerrada.
- 30 Normalmente, se considera que tales zonas de distribución son inadecuadas para cualquier forma de rehabilitación puesto que el material residual allí depositado generalmente no es adecuado para cualquier forma de trabajo de construcción o para soportar vegetación, y con frecuencia son subterráneas.
- 35 [0006] En una operación típica de tratamiento de minerales, los sólidos residuales se separan de sólidos que comprenden valores minerales en un procedimiento acuoso. La suspensión acuosa de sólidos residuales suele contener arcillas y otros minerales y normalmente reciben la denominación de residuos. Esto es cierto en diversos sólidos minerales que incluyen residuos provenientes de arenas petrolíferas. Dichos sólidos son concentrados frecuentemente por medio de un proceso de floculación en un tanque de decantación para proporcionar un grueso de mayor densidad y para recuperar parte del agua del procedimiento. Es usual bombear el grueso hacia una zona de retención en superficie, referida frecuentemente como un pozo o presa de residuos. Una vez depositada en esta zona de retención en superficie, el agua continuará liberándose de la suspensión acuosa, dando lugar ello a una concentración adicional de los sólidos durante un periodo de tiempo. Una vez que se ha recogido un volumen suficiente de agua, este se bombea normalmente de nuevo hacia la planta de tratamiento del mineral.
- 40 [0007] La presa de residuos es con frecuencia de tamaño limitado con el fin de reducir al mínimo el impacto sobre el medio ambiente. Además, el hecho de proporcionar presas más grandes puede ser costoso debido a los altos costes de movimiento de tierras y de la construcción de muros de contención. Dichas presas tienden a disponer de un fondo que se inclina suavemente para permitir que el agua liberada de los sólidos quede recogida en una zona y que pueda ser entonces bombeada de nuevo hacia la planta de tratamiento del mineral. Un problema que surge frecuentemente es cuando las partículas finas de sólidos son desplazadas en los cursos de agua, contaminando así el agua y dejando un impacto perjudicial sobre posteriores usos del agua.
- 45 [0008] En muchas operaciones de tratamiento de minerales, por ejemplo un procedimiento de beneficiación de arenas minerales, es también común producir una segunda corriente de residuos que comprende partículas minerales fundamentalmente bastas (>0,1 mm). Particularmente, es deseable distribuir las partículas residuales bastas y finas como una mezcla homogénea dado que ello mejora las propiedades mecánicas de los sólidos deshidratados,
- 55

- reduciendo en gran medida el tiempo y el coste eventualmente requeridos para rehabilitar el terreno. Sin embargo, esto normalmente no es posible debido a que incluso si el material residual basto se mezcla a fondo en la suspensión acuosa de material residual fino antes de la deposición en la zona destinada al respecto, el material basto sedimentará mucho más rápidamente que el material fino dando ello como resultado una estratificación dentro de los sólidos deshidratados.
- 5 Además, cuando la cantidad de material basto respecto a la cantidad de material fino es relativamente alta, la sedimentación rápida del material basto puede producir ángulos de inclinación excesivos que promueven el desplazamiento de residuo acuoso que contiene altas proporciones de partículas finas, contaminando así el agua recuperada. Como resultado, con frecuencia es necesario tratar las corrientes de residuos bastos y finos por separado y recombinar estos materiales mediante re-elaboración mecánica, una vez finalizado el proceso de deshidratación.
- 10 **[0009]** Se han llevado a cabo intentos para solucionar todos los problemas anteriores mediante el tratamiento de la alimentación a la presa de residuos empleando un coagulante o un floculante para acentuar la velocidad de sedimentación y/o mejorar la claridad del agua liberada. Sin embargo, tales intentos no han tenido éxito ya que dichos tratamientos han sido aplicados en dosis convencionales y ello ha traído consigo poco o ningún beneficio en el grado de compactación del material fino o a la hora de limitar la segregación de tamaños de partícula.
- 15 **[0010]** En lagos, estanques o presas se descargan, como lodos acuosos, grandes cantidades de material en partículas tal como residuos procedentes de operaciones de tratamiento de minerales. El material se seca a una forma mecánicamente sólida como resultado de la combinación de evaporación, sedimentación y drenaje.
- [0011]** En el procedimiento Bayer para recuperar alúmina a partir de bauxita, la bauxita es digerida en licor alcalino acuoso para formar aluminato sódico que se separa del residuo insoluble. Este residuo consiste en arena y partículas finas principalmente de óxido férrico. La suspensión acuosa de este último se conoce como lodo rojo.
- 20 **[0012]** Después de la separación primaria de la solución de aluminato sódico respecto del residuo insoluble, la arena (residuo basto) se separa del lodo rojo. El licor sobrenadante es procesado adicionalmente para recuperar aluminato. El lodo rojo se lava entonces en una pluralidad de etapas de lavado secuenciales, en donde el lodo rojo se pone en contacto con un licor de lavado y luego es floculado por adición de un agente floculante. Después de la etapa de lavado final, la suspensión de lodo rojo es espesada en la mayor medida posible y luego distribuida. El espesamiento en el contexto de esta descripción significa que se incrementa el contenido en sólidos del lodo rojo. La etapa de espesamiento final puede comprender la sedimentación solo del lodo floculado o a veces incluye una etapa de filtración. Alternativa o adicionalmente, el lodo puede ser sometido a una sedimentación prolongada en una laguna. En cualquier caso, esta etapa de espesamiento final está limitada por la necesidad de bombear la suspensión acuosa espesada a la zona de distribución.
- 25 **[0013]** El lodo puede ser distribuido y/o sometido a un secado adicional para su posterior distribución en una zona de apilamiento de lodo. Para que resulte adecuado en el apilamiento, el lodo deberá tener un alto contenido en sólidos y, cuando es apilado, no deberá fluir sino que deberá ser relativamente rígido con el fin de que el ángulo de apilamiento sea lo más alto posible, de manera que la pila ocupe una zona lo más pequeña posible para un determinado volumen. El requisito de un alto contenido en sólidos entra en conflicto con el requisito de que el material permanezca bombeable como un fluido, de manera que aunque incluso pueda ser posible producir un lodo que tenga un alto contenido en sólidos deseado para el apilamiento, esto puede hacer que el lodo no sea bombeable.
- 30 **[0014]** La fracción de arena separada del residuo se lava también y se transfiere a la zona de distribución para su deshidratación y distribución por separado.
- 35 **[0015]** La EP-A-388108 describe la adición de un polímero absorbente de agua e insoluble en agua a un material que comprende un líquido acuoso con sólidos en partículas dispersados, tal como lodo rojo, antes del bombeo y posterior bombeo del material, permitiendo que el material repose y pueda rigidizarse y llegar a ser un sólido apilable. El polímero absorbe el líquido acuoso de la suspensión lo cual facilita la unión de los sólidos en partículas y de este modo la solidificación del material. Sin embargo, este procedimiento tiene el inconveniente de requerir altas dosis de polímero absorbente con el fin de conseguir una solidificación adecuada. Al objeto de lograr un material suficientemente rigidizado con frecuencia es necesario emplear dosis tan altas como 10 a 20 kg por tonelada de lodo. Aunque el uso de un polímero absorbente hinchable en agua para rigidizar el material puede parecer que proporciona un incremento aparente de sólidos, el líquido acuoso se mantiene de hecho dentro del polímero absorbente. Esto presenta el inconveniente de que dado que el polímero acuoso no ha sido realmente separado del material rigidizado y, bajo ciertas condiciones, el líquido acuoso podría desorberse posteriormente lo cual pondría en riesgo la refluidificación del material residual, con el inevitable riesgo de desestabilizar el apilamiento. Esta técnica no se traduce en la deshidratación de la suspensión y además no ofrece indicación alguna de que fuese posible una forma de rehabilitación.
- 40 **[0016]** La WO-A-96/05146 describe un procedimiento para apilar una suspensión espesa acuosa de sólidos en partículas que comprende mezclar una emulsión de un polímero soluble en agua disperso en una fase oleosa continua con la suspensión. Se da preferencia a la dilución del polímero en emulsión con un diluyente y que está preferentemente en un líquido o gas hidrocarbonado y que no dará lugar a la inversión de la emulsión. Por tanto, un requisito para este procedimiento es que el polímero no se añada a la suspensión espesa como una solución acuosa. No existe descripción alguna respecto a que la deshidratación y rigidización pueda conseguirse de manera suficiente para formar pilas del material mineral por la adición de una solución acuosa de polímero. Además, en este documento no se ofrece indicación
- 45
50
55

alguna de que pudiera conseguirse una rehabilitación de la zona de distribución que contiene el material apilado.

5 [0017] La WO-A-0192167 describe un procedimiento en donde un material que comprende una suspensión de sólidos en partículas se bombea como un fluido y luego se deja reposar y rigidizar. La rigidización se logra introduciendo en las partículas en suspensión un polímero soluble en agua que tiene una viscosidad intrínseca menor de 3 dl/g. Este tratamiento permite que el material retenga su fluidez mientras es bombeado pero tras el reposo causa la rigidización del material. Este procedimiento tiene la ventaja de que los sólidos concentrados pueden ser apilados fácilmente, lo cual reduce al mínimo la zona de terreno requerida para su distribución. El procedimiento también tiene la ventaja, respecto al uso de polímeros reticulados absorbentes de agua, de que el agua de la suspensión se libera en lugar de ser absorbida y retenida por el polímero. La importancia de utilizar partículas de polímero soluble en agua es puesta de manifiesto y se indica que el uso de soluciones acuosas del polímero disuelto sería ineficaz. Por este procedimiento se consiguen una liberación muy eficiente del agua y un almacenamiento conveniente de los sólidos residuales, especialmente cuando dicho procedimiento se aplica a un grueso de lodo rojo procedente del procedimiento de alúmina Bayer. Si bien esta técnica proporciona una deshidratación y rigidización adecuadas de suspensiones de material mineral en partículas, no se indica nada que se pueda conseguir la rehabilitación de la zona de distribución.

15 [0018] La WO2004/060819 describe un procedimiento en donde un material que comprende un líquido acuoso con sólidos dispersos en partículas se transfiere como un fluido a una zona de deposición, tras lo cual se deja reposar y rigidizar, y en donde se mejora la rigidización al tiempo que se mantiene la fluidez del material durante la transferencia, por combinación del material con una cantidad rigidificante eficaz de una solución acuosa de un polímero soluble en agua. También se describe un procedimiento en donde se consigue la deshidratación de los sólidos en partículas. Aunque este procedimiento de mejoras importantes en la rigidización y deshidratación de suspensiones de material mineral en partículas, en el mismo no se indica nada en el sentido de que podría ser posible la rehabilitación de la zona de distribución.

25 [0019] En el caso de tratamiento de arenas petrolíferas, el mineral se trata para recuperar la fracción de bitumen y el resto, que incluye tanto material del procedimiento como la ganga, constituye los residuos que no son valiosos que han de ser distribuidos para deshacerse de ellos. En el tratamiento de arenas petrolíferas, el material principal del procedimiento es agua y la ganga consiste fundamentalmente en arena con algo de limo y arcilla. Físicamente, los residuos consisten en una parte sólida (residuos de arena) y una parte más o menos fluida (lodo). El lugar más satisfactorio para deshacerse de estos residuos sería en el agujero excavado ya existente en el terreno. No obstante, la arena y los componentes del lodo ocuparían un volumen más grande que el mineral a partir del cual se procesaron.

30 [0020] En el procedimiento para la recuperación de crudo pesado y bitumen a partir de depósitos de arenas petrolíferas, cuando se utilizan las operaciones de minería a cielo abierto, el crudo o bitumen es extraído bien mediante un procedimiento con agua caliente en donde las arenas petrolíferas son mezcladas con agua a 65° C (150° F) y cáustico o mediante un procedimiento de extracción de baja energía efectuado a temperaturas más bajas sin cáustico. Sin embargo, ambos procedimientos generan grandes volúmenes de residuos que consisten en la totalidad de la masa de mineral de arena petrolífera más adiciones netas de agua del procedimiento menos sólo el producto de bitumen recuperado.

35 [0021] Estos residuos de arenas petrolíferas se pueden subdividir en tres categorías, es decir, (1) materiales que no pasan por la criba, (2) residuos bastos o de arena (la fracción que sedimenta rápidamente) y (3) lodo de finos o residuos (la fracción que sedimenta lentamente). Así, los residuos de arena petrolífera están constituidos por partículas de diferentes tamaños.

[0022] Ya es bien conocido concentrar estos residuos de arena petrolífera en un aparato de decantación para proporcionar un grueso de mayor densidad y recuperar parte del agua del procedimiento como antes se ha mencionado.

[0023] Por ejemplo, Xu Y et al, Mining Engineering, Noviembre 2003, p. 33-39 describen la adición de floculantes aniónicos a los residuos de arena petrolífera en el aparato de decantación antes de deshacerse de ellos.

45 [0024] La US 3707523 describe la preparación del terraplén reconstituido por tratamiento de una arena con poliacrilamida hidrolizada y posterior mezcla de la arena así tratada con fangos residuales procedentes del mineral de fosfato.

50 [0025] La US 4611951 describe la recuperación de lugares de minas excavadas empleando fangos minerales residuales que contienen un floculante y agua de drenaje procedente del lecho de fango sedimentado. Este se pulveriza entonces con residuos de arena mezclados con un fango acuoso que contiene floculante y sólidos ultrafinos de arcilla. Una vez plantadas las plántulas, se dejó que tuviera lugar la vegetación.

[0026] La US 3718003 describe la combinación de sólidos finos en un depósito de residuos minerales generalmente bastos con el fin de mejorar la fertilidad del material consolidado.

55 [0027] Sería deseable encontrar un método de rehabilitación de una zona de deposición o sitio de distribución que no requiera necesariamente la aplicación de un floculante a la arena únicamente. También sería deseable encontrar un procedimiento que evite el espesamiento previo de fangos. Además, sería deseable proporcionar una zona rehabilitada

con características de revegetación mejoradas.

5 **[0028]** El estado de la técnica también presenta el inconveniente de requerir modelos específicos de distribución física con el fin de obtener finos de arena que son entremezclados y tapados. Además, el estado de la técnica requiere una reelaboración extensiva de los sólidos, por ejemplo mediante bulldozers, así como un periodo de tiempo considerable con el fin de compactar el material sin tratar hasta un contenido en sólidos adecuado.

[0029] Por otro lado, sería deseable proporcionar un procedimiento que evite múltiples etapas de tratamiento.

10 **[0030]** Según un aspecto de la invención, la entidad solicitante proporciona un método de rehabilitación de una zona de deposición con el fin de hacerla adecuada para el crecimiento de plantas y que comprende un material mineral en partículas, cuyo material mineral en partículas ha sido deshidratado a partir de una suspensión de dicho material, que comprende las etapas de transferir la suspensión de material mineral en partículas, como un fluido, a la zona de deposición y en donde la suspensión se deja reposar y deshidratar en la zona de deposición para formar un material mineral en partículas deshidratado,

15 en donde la rehabilitación de la zona de distribución se consigue por adición de una cantidad deshidratante de un polímero a la suspensión del material mineral en partículas mientras este está siendo transferido como un fluido a la zona de deposición,

en donde el polímero es un polímero sintético soluble en agua formado a partir de uno o más monómeros etilénicamente insaturados y que tiene una viscosidad intrínseca de al menos 4 dl/g o un polímero soluble en agua que es un polímero natural o un polímero semi-natural,

20 en donde el material se bombea como un fluido hacia una salida en la zona de deposición y el material se deja fluir sobre la superficie de material rigidizado y el material se deja reposar y rigidizar para formar una pila o apilamiento de material rigidizado,

en donde se incorporan semillas y nutrientes en la capa final de material tratado.

25 **[0031]** Otro aspecto de la invención se refiere al nuevo uso de un polímero con la finalidad de rehabilitar una zona de deposición. Así, en esta forma, la entidad solicitante proporciona el uso de un polímero en la deshidratación de una suspensión de material mineral en partículas con el fin de proporcionar una zona de deposición con características mejoradas de rehabilitación del crecimiento de las plantas, en donde dicho polímero se añade a la suspensión de material mineral en partículas mientras este está siendo transferido, como un fluido, a una zona de deposición y en donde la suspensión se deja reposar y deshidratar en la zona de deposición para formar un material mineral en partículas deshidratado,

30 en donde el polímero es un polímero sintético soluble en agua formado a partir de uno o más monómeros etilénicamente insaturados y que tiene una viscosidad intrínseca de al menos 4 dl/g o un polímero soluble en agua que es un polímero natural o un polímero semi-natural,

35 en donde el material se bombea como un fluido hacia una salida en la zona de deposición y el material se deja fluir sobre la superficie de material rigidizado y el material se deja reposar y rigidizar para formar una pila o apilamiento de material rigidizado,

en donde se incorporan semillas y nutrientes en la capa final de material tratado.

40 **[0032]** En la aplicación del polímero a la suspensión del material mineral en partículas a medida que este es transferido como un fluido, la entidad solicitante ha comprobado que el material sólido deshidratado permite adecuadamente la rehabilitación de la zona de deposición. Además, los inconvenientes antes mencionados del estado de la técnica son resueltos fácilmente por medio de la invención. Por la expresión "zona de deposición" se quiere dar a entender cualquier zona en donde pueda depositarse el material en partículas antes mencionado. Esta puede ser, por ejemplo, cualquier zona en donde se depositan residuos procedentes de una operación de tratamiento de minerales. Alternativamente, puede ser cualquier zona que ha sido excavada, por ejemplo para extraer material útil, tal como valores minerales incluyendo bitumen y en donde la zona de excavación se llena con material en partículas tratado de acuerdo con la invención. En general, la rehabilitación de la zona incluirá, por ejemplo, hacer que la zona de distribución sea adecuada para edificios o para otra construcción o preferentemente se consigue además la rehabilitación introduciendo en la zona de deposición plantas, plántulas o semillas adecuadas para la germinación. Normalmente, estos se dejarán crecer para formar una cubierta de vegetación.

50 **[0033]** Generalmente, los sólidos suspendidos pueden ser concentrados en un aparato de decantación y este material abandonará, por ejemplo, el aparato de decantación como un grueso que será bombeado a lo largo de un conducto hacia una zona de deposición. El conducto puede ser cualquier medio conveniente para transferir el material a la zona de deposición y, por ejemplo, puede ser una tubería o un foso. El material permanece fluido y bombeable durante la etapa de transferencia hasta que el material se deja en reposo.

5 [0034] Convenientemente, el procedimiento de la invención forma parte de la operación de tratamiento de minerales en donde una suspensión acuosa de sólidos residuales se flocula opcionalmente en un recipiente para formar una capa sobrenadante que comprende un licor acuoso y una capa de grueso que comprende sólidos espesados que forman el material. La capa sobrenadante se separará del grueso en el recipiente y habitualmente se reciclará o se someterá a un tratamiento adicional. La suspensión acuosa de sólidos residuales u, opcionalmente, el grueso espesado, se transfiere, generalmente mediante bombeo, a una zona de deposición, que puede ser, por ejemplo, una presa o laguna de residuos.

10 [0035] El material puede consistir solo principalmente en partículas finas, o bien en una mezcla de partículas finas y partículas bastas. Opcionalmente, se pueden combinar partículas bastas adicionales con la suspensión acuosa en cualquier punto conveniente antes de la descarga en la zona de deposición. Una vez que el material ha llegado a la zona de deposición, el mismo se deja reposar y deshidratar y, en adición, tiene lugar preferentemente una rigidización. El polímero puede ser añadido al material en una cantidad eficaz en cualquier punto conveniente, normalmente durante la transferencia. En ciertos casos, la suspensión acuosa puede ser transferida primeramente a un recipiente de retención antes de transferirse a la zona de deposición. Después de la deposición de la suspensión de material mineral en partículas, este se deshidratará para formar un sólido deshidratado con características reducidas de formación de polvo. Con preferencia, la suspensión deshidratada de material mineral en partículas formará una masa sólida compacta y seca a través de las acciones combinadas de sedimentación, drenaje y secado por evaporación.

15 [0036] La superficie de material mineral en partículas depositado alcanzará un estado sustancialmente seco. Además, el material mineral en partículas será normalmente consolidado y fortalecido de manera adecuada, por ejemplo debido a la rigidización y deshidratación simultáneas, para que el terreno pueda soportar un peso importante generalmente necesario para la rehabilitación.

20 [0037] Las dosis adecuadas de polímero oscilan entre 10 g y 10.000 g por tonelada de sólidos de material. En general, la dosis adecuada puede variar en función del material en partículas y del contenido en sólidos del material. Las dosis preferidas son del orden de 30 a 3.000 g por tonelada, más preferentemente de 30 a 1.000 g por tonelada, incluso todavía más preferentemente del orden de 60 a 200 o 400 g por tonelada. El polímero se puede añadir a la suspensión de material mineral en partículas, por ejemplo, el lodo de residuos, en una forma sólida en partículas alternativamente como una solución acuosa que ha sido preparada disolviendo el polímero en agua o en un medio acuoso.

25 [0038] Las partículas del material mineral son normalmente inorgánicas. En general, el material se puede derivar de o contener torta de filtración, residuos, gruesos del aparato de decantación o corrientes residuales de plantas sin espesar, por ejemplo otros residuos o fangos minerales, incluyendo fosfato, diamante, fangos de oro, arenas minerales, colas procedentes del tratamiento de minerales de zinc, plomo, cobre, plata, uranio, níquel, hierro, así como carbón, arenas petrolíferas o lodo rojo. El material puede consistir en sólidos sedimentados en el aparato de decantación final o de la etapa de lavado de una operación de tratamiento de minerales. Así, el material se deriva convenientemente de una operación de tratamiento de minerales. Con preferencia, el material comprende residuos. Preferentemente, el material mineral deberá ser de naturaleza hidrófila y se elegirá más particularmente entre lodo rojo y residuos que contienen arcilla hidrófila, tales como residuos de arenas petrolíferas, etc.

30 [0039] Los residuos finos u otro material que se bombean pueden tener un contenido en sólidos del orden de 10% a 80% en peso. Los lodos suelen ser del orden de 20% a 70% en peso, por ejemplo 45% a 65% en peso. Los tamaños de partícula en una muestra típica de los residuos finos son sustancialmente menores de 25 micrómetros, por ejemplo alrededor de 95% en peso del material consiste en partículas menores de 20 micrómetros y alrededor del 75% son partículas menores de 10 micrómetros. Los residuos bastos son sustancialmente mayores de 100 micrómetros, por ejemplo alrededor del 85% son mayores de 100 micrómetros, pero generalmente menores de 10.000 micrómetros. Los residuos finos y residuos bastos pueden estar presentes o combinados entre sí en cualquier relación conveniente siempre que el material siga siendo bombeable.

35 [0040] Los sólidos en partículas dispersos pueden tener una distribución bimodal de tamaños de partícula. Habitualmente, esta distribución bimodal puede comprender una fracción fina y una fracción basta, en donde el pico de la fracción fina es sustancialmente menor de 25 micrómetros y el pico de la fracción basta es sustancialmente mayor de 75 micrómetros.

40 [0041] La entidad solicitante ha encontrado que se obtienen mejores resultados en términos de deshidratación y rigidización cuando el material es relativamente concentrado y homogéneo. No obstante, la invención también proporciona una rehabilitación mejorada. Igualmente, puede ser conveniente combinar la adición del polímero con otros aditivos. Por ejemplo, las propiedades de flujo del material a través de un conducto pueden ser facilitadas mediante la inclusión de un dispersante. Normalmente, cuando se incluye un dispersante, el mismo deberá incluirse en cantidades convencionales. Sin embargo, la entidad solicitante ha comprobado que sorprendentemente la presencia de dispersantes u otros aditivos no perjudica la deshidratación, rigidización del material o realmente la rehabilitación de la zona en la cual se deposita. Puede ser conveniente tratar previamente el material con un coagulante inorgánico u orgánico para pre-coagular el material fino para facilitar así su retención en el material en partículas deshidratado.

45 [0042] En la presente invención el polímero se añade directamente a la referida suspensión de material mineral en partículas que está siendo transferido. El polímero puede consistir total o parcialmente en un polímero soluble en agua.

Así, el polímero puede comprender una mezcla de polímero reticulado y polímero soluble en agua, siempre que una cantidad suficiente del polímero sea soluble en agua o se comporte como si es soluble en agua para conseguir la deshidratación tras el reposo. El polímero puede estar en una forma sustancialmente de partículas secas pero con preferencia se añade como una solución acuosa.

- 5 **[0043]** El polímero puede ser una mezcla física de polímero hinchable y polímero soluble o alternativamente es un polímero ligeramente reticulado, por ejemplo, como se describe en EP202780. Aunque las partículas poliméricas pueden comprender algo de polímero reticulado, es esencial para la presente invención que esté presente una cantidad importante de polímero soluble en agua. Cuando las partículas poliméricas comprenden algo de polímero hinchable, es conveniente que al menos el 80% del polímero sea soluble en agua.
- 10 **[0044]** El polímero deberá comprender un polímero que sea totalmente o al menos sustancialmente soluble en agua. El polímero soluble en agua puede estar ramificado por la presencia de un agente de ramificación, por ejemplo como se describe en WO-A-9829604, por ejemplo en la reivindicación 12, o alternativamente el polímero soluble en agua es sustancialmente lineal.
- 15 **[0045]** Con preferencia, el polímero soluble en agua es de un peso molecular moderado a elevado. Convenientemente, tendrá una viscosidad intrínseca de al menos 3 dl/g (medida en 1 M NaCl a 25° C) y generalmente de al menos 5 o 6 dl/g, aunque el polímero puede ser de un peso molecular significativamente elevado y exhibir una viscosidad intrínseca de 25 dl/g o 30 dl/g o incluso mayor. Preferentemente, el polímero tendrá una viscosidad intrínseca del orden de 8 dl/g a 25 dl/g, más preferentemente de 11 dl/g o 12 dl/g a 18 dl/g o 20 dl/g.
- 20 **[0046]** La viscosidad intrínseca de los polímeros se puede determinar preparando una solución acuosa del polímero (0,5-1% p/p) basado en el contenido activo del polímero. Se diluyen 2 g de esta solución de polímero al 0,5-1% a 100 ml en un matraz volumétrico con 50 ml de solución de cloruro sódico 2 M que está tamponada a pH 7,0 (empleando 1,56 g de dihidrogenofosfato sódico y 32,26 g de hidrogenofosfato disódico por litro de agua desionizada) y el conjunto se diluye hasta la marca de 100 ml con agua desionizada. La viscosidad intrínseca de los polímeros se mide empleando un viscosímetro de nivel suspendido número 1 a 25° C en solución de sal tamponada 1 M.
- 25 **[0047]** El polímero soluble en agua puede ser un polímero natural, por ejemplo polisacáridos tales como almidón, goma guar o dextrano, o un polímero semi-natural tal como carboximetilcelulosa o hidroxietilcelulosa. Con preferencia, el polímero es sintético y se forma preferentemente a partir de un monómero y etilénicamente insaturado soluble en agua o una mezcla de tales monómeros.
- 30 **[0048]** El polímero soluble en agua puede ser catiónico, no iónico, anfótero o aniónico. Los polímeros son preferentemente sintéticos y se pueden formar a partir de cualesquiera monómeros solubles en agua. Habitualmente, los monómeros solubles en agua tienen una solubilidad en agua de al menos 5 g/100 cc a 25° C. Los polímeros preferidos son no iónicos o aniónicos y están formados a partir de uno o más monómeros etilénicamente insaturados. Cuando el polímero es no iónico, el mismo estará formado a partir de uno o más monómeros no iónicos, por ejemplo seleccionados del grupo consistente en (met)acrilamida, ésteres de hidroxialquilo de ácido (met)acrílico y N-vinilpirrolidona. Normalmente, los polímeros aniónicos están formados a partir de uno o más monómeros iónicos
- 35 opcionalmente en combinación con uno o más monómeros iónicos.
- [0049]** Los polímeros aniónicos particularmente preferidos están formados a partir de monómeros seleccionados entre monómeros de ácido carboxílico y ácido sulfónico etilénicamente insaturados, con preferencia seleccionados entre ácido (met)acrílico, ácido alilsulfónico y ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, y sus sales, opcionalmente en combinación con co-monómeros no iónicos, seleccionados preferentemente entre (met)acrilamida, ésteres de hidroxialquilo de ácido (met)acrílico y N-vinilpirrolidona. Polímeros aniónicos especialmente preferidos son aquellos que incluyen el homopolímero de acrilamida o un copolímero de acrilamida con acrilato sódico.
- 40 **[0050]** Puede ser deseable utilizar polímeros catiónicos de acuerdo con la presente invención. Los polímeros catiónicos adecuados se pueden formar a partir de monómeros etilénicamente insaturados seleccionados entre (met)acrilato de dimetilaminoetilo-cloruro de metilo, (DMAEA.MeCl) cuat., cloruro de dialildimetilamonio (DADMAC), cloruro de dimetilaminopropil(met)acrilamida (ATPAC) opcionalmente en combinación con co-monómeros iónicos, seleccionados preferentemente entre (met)acrilamida, ésteres de hidroxialquilo de ácido (met)acrílico y N-vinilpirrolidona.
- 45 **[0051]** En ciertos casos, se ha comprobado que resulta ventajoso añadir por separado combinaciones de estos tipos de polímeros. Así, se puede añadir una solución acuosa de un polímero aniónico, catiónico o no iónico al material antes mencionado en primer lugar, seguido por una segunda dosis de polímero soluble en agua de cualquier tipo, similar o diferente.
- 50 **[0052]** En la invención, el polímero soluble en agua se puede formar por cualquier procedimiento de polimerización adecuado. Los polímeros se pueden preparar, por ejemplo, como polímeros gelificados mediante polimerización en solución, polimerización en suspensión de agua-en-aceite o por polimerización en emulsión de agua-en-aceite. Cuando se preparan geles poliméricos por polimerización en solución, generalmente se introducen los iniciadores en la solución monómera.
- 55

- 5 **[0053]** Opcionalmente se puede incluir un sistema iniciador térmico. Normalmente, el iniciador térmico incluirá cualquier compuesto iniciador adecuado que libere radicales a una temperatura elevada, por ejemplo compuestos azoicos, tal como azo-bisisobutironitrilo. La temperatura durante la polimerización subirá a por lo menos 70° C pero preferentemente por debajo de 95° C. Alternativamente, la polimerización puede ser efectuada por irradiación (luz ultravioleta, energía de microondas, calor, etc) opcionalmente también empleando iniciadores por radiación adecuados. Una vez finalizada la polimerización y una vez que se ha dejado enfriar suficientemente el gel polimérico, el gel puede ser procesado de manera convencional triturándolo primeramente en piezas más pequeñas, secándolo a un polímero sustancialmente deshidratado, seguido por su molienda a un polvo. Alternativamente, los geles poliméricos pueden ser suministrados en forma de geles poliméricos por ejemplo como trozos de gel polimérico.
- 10 **[0054]** Dichos geles poliméricos se pueden preparar por técnicas de polimerización adecuadas como las descritas anteriormente, por ejemplo por irradiación. Los geles pueden ser cortados a un tamaño adecuado tal como se requiera y luego en la aplicación mezclarse con el material como partículas poliméricas solubles en agua parcialmente hidratadas.
- 15 **[0055]** Los polímeros se pueden producir como perlas mediante polimerización en suspensión o una emulsión o dispersión de agua-en-aceite mediante polimerización en emulsión de agua-en-aceite, por ejemplo de acuerdo con el procedimiento definido por EP-A-150933, EP-A-102760 o EP-A-126528.
- 20 **[0056]** Alternativamente, el polímero soluble en agua se puede proporcionar como una dispersión en un medio acuoso. Este puede ser, por ejemplo, una dispersión de partículas poliméricas de al menos 20 micrómetros en un medio acuoso que contiene un agente equilibrante, como se indica en EP-A-170394. Este por ejemplo puede también incluir dispersiones acuosas de partículas poliméricas preparadas mediante la polimerización de monómeros acuosos en presencia de un medio acuoso que contiene, disuelto, polímeros de baja IV tal como cloruro de polidialildimetilamonio y opcionalmente otros materiales disueltos, por ejemplo, electrolito y/o compuestos multihidroxílicos, por ejemplo, polialquilenglicoles, como se indica en WO-A-9831749 o WO-A-9831748.
- 25 **[0057]** La solución acuosa de polímero soluble en agua se obtiene normalmente disolviendo el polímero en agua o diluyendo una solución más concentrada del polímero. En general, el polímero sólido en partículas, por ejemplo en forma de polvo o perlas, se dispersa en agua y se deja disolver con agitación. Esto se puede conseguir empleando cualquier instalación convencional adecuada al respecto. Convenientemente, la solución polimérica se puede preparar empleando el Auto Jet Wet (marca registrada) suministrado por Ciba Specialty Chemicals. Alternativamente, el polímero se puede suministrar en forma de una emulsión o dispersión de fase inversa que se puede invertir entonces en agua.
- 30 **[0058]** Cuando el polímero se añade como una solución acuosa, esta puede añadirse en cualquier concentración adecuada. Puede ser conveniente utilizar una solución relativamente concentrada, por ejemplo hasta 10% o más basado en el peso del polímero, con el fin de reducir al mínimo la cantidad de agua introducida en el material. Normalmente será deseable añadir la solución polimérica a una concentración más baja para reducir al mínimo los problemas derivados de la alta viscosidad de la solución polimérica y para facilitar así la distribución del polímero por todo el material. La solución polimérica se puede añadir como un concentrado relativamente diluido, por ejemplo tan
- 35 baja como de 0,01% en peso de polímero. Normalmente, la solución polimérica se utilizará en una concentración comprendida entre 0,05 y 5% en peso de polímero. Con preferencia, la concentración de polímero será del orden de 0,1% a 2 o 3%. Más preferentemente, la concentración será de 0,25% o 0,5% a 1 o 1,5% aproximadamente.
- [0059]** En la presente invención, la suspensión de material mineral en partículas puede ser normalmente un material residual procedente de una operación de tratamiento de minerales.
- 40 **[0060]** Cuando se combinan suspensiones acuosas de materiales en partículas finas y bastas con la finalidad de su co-distribución, normalmente se añadirá la cantidad eficaz de la solución de polímero soluble en agua durante o después de la mezcla de las diferentes corrientes o residuos para formar un lodo homogéneo.
- 45 **[0061]** Normalmente, la suspensión de material mineral en partículas puede ser transferida a lo largo de un conducto y a través de una salida hacia la zona de deposición. La suspensión de material mineral en partículas se dejará entonces deshidratar en la zona de deposición. Preferentemente, la suspensión de material en partículas que ha sido transferida a la zona de deposición también se rigidizará tras el reposo. En muchos casos, la zona de deposición contendrá ya material mineral rigidizado. Adecuadamente, la suspensión de material mineral en partículas tras llegar a la zona de deposición fluirá sobre la superficie de material mineral previamente rigidizado y el material se dejará reposar y rigidizar para formar una pila.
- 50 **[0062]** Con preferencia, el material será bombeado como un fluido hacia una salida en la zona de deposición y el material se dejará fluir entonces sobre la superficie de material rigidizado. El material se deja reposar y rigidizar y, por tanto, formar una pila de material rigidizado. Este procedimiento se puede repetir varias veces para formar una pila que comprende varias capas de material rigidizado. La formación de pilas de material rigidizado tiene la ventaja de requerirse menor zona para la distribución.
- 55 **[0063]** En una operación de tratamiento de minerales en donde se floclula una suspensión que contiene sólidos en un aparato de decantación con el fin de separar la suspensión en una capa sobrenadante y un material de grueso, el material puede ser tratado habitualmente en cualquier punto adecuado después de la floclulación en el aparato de

decantación, pero antes de que se deje el material en reposo. Normalmente, la suspensión se transfiere a lo largo de un conducto hacia una zona de deposición. Esto se consigue generalmente bombeando la suspensión de material mineral en partículas. Una cantidad deshidratante adecuada y eficaz del polímero soluble en agua se puede mezclar con el material antes de o durante una etapa de bombeo. Generalmente, esto deberá ser suficiente para proporcionar un material sólido adecuado para la rehabilitación de la zona, en particular cuando la suspensión de material en partículas es rigidificada de forma simultánea. De esta manera, el polímero se puede distribuir por todo el material.

[0064] Alternativamente, el polímero se puede introducir y mezclar con el material después de una etapa de bombeo. El punto más eficaz de adición dependerá del sustrato y de la distancia desde el aparato de decantación a la zona de deposición. Si el conducto es relativamente corto, puede ser conveniente dosificar la solución polimérica en un punto cercano a donde el material fluye del aparato de decantación. Por otro lado, cuando la zona de deposición está significativamente alejada del aparato de decantación, puede ser conveniente introducir la solución polimérica en un punto más cercano a la salida. En ciertos casos, puede ser adecuado introducir la solución polimérica en el material a medida que este sale por la salida. Con frecuencia, puede ser deseable añadir el polímero a la suspensión antes de que esta salga por la salida, preferentemente en un punto dentro de los 10 m de la salida.

[0065] Las características reológicas del material a medida que este fluye a través del conducto hacia la zona de deposición son importantes puesto que cualquier reducción significativa en las características del flujo podría deteriorar seriamente la eficiencia del procedimiento. Es importante que no exista una sedimentación significativa de los sólidos ya que esto podría dar lugar a un bloqueo, lo cual puede significar que la planta ha de ser cerrada para permitir limpiar el bloqueo. En adición, es importante que no exista una reducción significativa en las características del flujo, puesto que ello podría perjudicar drásticamente la capacidad de bombeo del material. Dicho efecto perjudicial podría traducirse en costes de energía significativamente incrementados ya que el bombeo llega a ser más difícil y existe la posibilidad de un incremento de agua en la instalación de bombeo.

[0066] Las características reológicas de la suspensión de material mineral en partículas a medida que esta se deshidrata son importantes puesto que una vez que el material se ha dejado en reposo es importante que el flujo se reduzca al mínimo y que idealmente la solidificación y con preferencia la rigidización del material proceda de un modo rápido. Si el material es demasiado fluido, entonces no formará una pila eficaz y también existirá el riesgo de contaminar el agua liberada del material. Igualmente, es deseable que el material rigidizado sea suficientemente fuerte para permanecer intacto y soportar el peso de posteriores capas de material rigidizado que están siendo aplicadas al mismo. Esta característica es particularmente deseable para la rehabilitación de la zona en donde ha de ser depositado el material.

[0067] La presente invención tiende a permitir la formación de una mezcla no segregada en una sola etapa. Tras la deshidratación se forma una supra-capa aérea y esto hace que resulte adecuado para que tenga lugar el crecimiento de vegetación. Además, la relación de material de tamaño basto a finos es predecible, cosa que no ocurre en las técnicas convencionales en donde el grado de interestratificación en conjunto sería variable. Otras ventajas respecto a otros métodos de rehabilitación incluyen la simple medida de proporcionar una zona de rehabilitación habitualmente por un tratamiento único y continuo del flujo de suspensión de material a depositar.

[0068] La estructura abierta no segregada del apilamiento tratado es permeable a la posterior caída de lluvia, lo cual es beneficioso para el crecimiento de las plantas. Esto aporta una estructura más próxima a la de la tierra natural. Las plantas necesitan aire, agua y nutrientes con el fin de sobrevivir y florecer. Sin el movimiento libre de agua y nutrientes, se producen condiciones anaeróbicas y no se puede sostener el crecimiento de las plantas. Es probable que la estructura generada por el tratamiento será beneficiosa para el crecimiento vegetativo, generado por vía de una re-vegetación natural o mediante hidrogerminación. También es posible incorporar semillas y nutrientes en la capa final de material tratado con el fin de proporcionar un procedimiento simple en una sola etapa para favorecer la germinación en la superficie.

[0069] Frecuentemente, el material mineral en partículas, por ejemplo residuos, puede contener contaminantes solubles, por ejemplo altos niveles de sales, lo cual puede ser perjudicial para el crecimiento de las plantas y, por tanto, impediría la rehabilitación. Pueden estar presentes altos niveles de sales, tal como NaCl debido a la actividad de tratamiento de mineral en circuito cerrado en donde las sales son lavadas todas ellas del mineral, por ejemplo en el caso de residuos de carbón. Además, el material mineral puede también contener metales pesados solubles que han sido lixiviados del mineral en la operación de tratamiento del mismo. En la presente invención, el tratamiento con polímero rigidificante que genera una estructura más permeable tiende a permitir que el agua de la lluvia lixivie de un modo más eficaz las sales u otros compuestos solubles mediante percolación. Por tanto, debido a la estructura porosa abierta, la acción del agua de la lluvia sobre el sólido rigidizado tiende a reducir las sales presentes cerca de la superficie, permitiendo con ello el crecimiento de las plantas y por tanto permitiendo una rehabilitación mejorada.

[0070] Con preferencia, el procedimiento de la invención conseguirá una geometría de distribución apilada e inmovilizará de forma conjunta las fracciones finas y bastas de los sólidos en el material y también permitirá que cualquier agua liberada tenga una fuerza de impulsión más grande para separarla del material en virtud del drenaje hidráulico por gravedad. La geometría apilada proporciona al parecer una presión de compactación descendente más elevada sobre los sólidos subyacentes, lo cual parece ser responsable de la mejora de la velocidad de deshidratación.

La entidad solicitante ha comprobado que esta geometría se traduce en una mayor cantidad de residuo por área superficial, lo cual es beneficioso tanto desde el punto de vista medioambiental como económico.

5 [0071] No es posible conseguir los objetivos de la invención mediante la adaptación de la etapa de floculación en el aparato de decantación. Por ejemplo, la floculación de la suspensión en el aparato de decantación para proporcionar un grueso suficientemente concentrado de manera que pudiera ser apilado, sería de poco valor puesto que no sería posible bombear dicho grueso concentrado. Por otro lado, la adición de polímero al aparato de decantación no lograría el efecto deseado de mejorar la supresión del material deshidratado. En su lugar, la entidad solicitante ha comprobado que es esencial tratar el material que se ha formado como un grueso en el aparato de decantación. Parece ser que el tratamiento por separado de los sólidos espesados en el grueso permite que el material se rigidifique de un modo eficaz sin comprometer la fluidez durante la transferencia.

10 [0072] Una característica preferida de la presente invención es la rigidización durante la liberación de licor acuoso que ocurre preferentemente durante la etapa de deshidratación. Así, en una forma preferida de la invención, el material es deshidratado durante la rigidización para liberar licor que contiene significativamente menos sólidos. El licor puede ser entonces retornado al procedimiento, reduciendo así el volumen de agua importada requerida y, por tanto, es importante que el licor esté limpio y suficientemente libre de contaminantes, en especial finos en partículas que migran. Adecuadamente, el licor puede ser, por ejemplo, reciclado al aparato de decantación del cual se separará el material como un grueso. Alternativamente, el licor puede ser reciclado a las espirales u otros procedimientos dentro de la misma planta.

[0073] Los siguientes ejemplos ilustran la invención.

20 Ejemplo 1: Características de los modificadores poliméricos de la reología A y B

Características de los polímeros en polvo utilizados en los ejemplos 2 y 3

[0074] El polímero A fue un copolímero de acrilato sódico/acrilamida 50:50 con un peso molecular de aproximadamente 15.000.000.

25 [0075] El polímero B fue un copolímero de acrilato sódico/acrilamida 50:50 con un peso molecular de aproximadamente 10.000.000.

Ejemplo 2: Rehabilitación

Preparación de la muestra

[0076] Como flora local típica se eligió semilla de hierba (Raigrás enano).

30 [0077] Sustrato 1 - Para este experimento se seleccionó una suspensión espesa de arcilla caolínica y arena como representativa de un residuo de arcilla en partículas heterogéneo típico.

833,0 g de suspensión espesa al 20% de arcilla caolínica SPS

383,6 g de arena de plata (cribada a un tamaño por debajo de 1.000 µm)

Total de 1.205,6 g

SG (densidad específica) = 1,205

35 [0078] Sustrato 2 - Un residuo de arcilla al 36,6% p/v obtenido en la New Milton Sand and Gravel Mine, UK.

[0079] Para cada sustrato, se optimizó la dosificación de modificador de la reología para proporcionar una mejora importante en el ángulo de apilamiento y en la liberación de agua, empleando el siguiente método.

[0080] Se preparó una solución de modificador de la reología como una solución madre al 0,5% p/p y luego se diluyó adicionalmente a una solución al 0,25% p/p antes de la aplicación.

40 [0081] Se añadió el modificador de la reología a cada suspensión en su régimen de dosificación elegido de 300 g/l para el sustrato 1 y 956 g/l para el sustrato 2 y se distribuyó y mezcló por medio de un número establecido de vertidos desde la batidora al vaso de precipitados. El ángulo de apilamiento resultante se estableció por medio del siguiente método.

45 [0082] Se colocó un collarín rígido, de igual diámetro y altura (63 mm), en una bandeja de rodillo para pintar, revestida con una lámina de papel de lija basto.

[0083] El collarín se llenó con la suspensión espesa de lodo hasta el borde y se niveló.

[0084] El collarín se levantó verticalmente de la bandeja a una velocidad que permitiese el asentamiento de la

suspensión espesa de lodo hacia el exterior.

[0085] Se registraron entonces el diámetro de la torta de suspensión de lodo resultante y la altura, tanto en el borde como en el centro.

[0086] El ángulo de asentamiento resultante se calcula como sigue.

$$\text{ángulo de asentamiento, \%} = \frac{c - e}{r} \times 100$$

[0087] En donde c es la altura de asentamiento en el centro, e es la altura de asentamiento en el borde y r es el radio del asentamiento. Esto se ilustra en la figura 3.

Resultado

[0088]

Tabla 1

Sustrato	Polímero	Proporción (g por ton)	Angulo de asentamiento (%)
Arcilla caolínica y arena	Polímero A	300	134,5
Residuos New Milton	Polímero B	956	120

Evaluación

[0089] Se establecieron dos métodos de ensayo eficaces para demostrar los beneficios de utilizar el tratamiento de la invención con respecto a la rehabilitación de sitios de minería. Se decidió modelar un ambiente real mediante la recreación de una zona de distribución de residuos a pequeña escala y también para observar el efecto del tratamiento en un ambiente estático de emplazamiento único.

Procedimiento

1) Metodología de la zona de distribución modelada:

[0090] Con el fin de crear un tamaño de apilamiento comparable tanto para el tratamiento como para el control, fue necesario establecer un área de apilamiento igual. Esto se consiguió colocando dos anillos de 30 cm de diámetro sobre la parte superior de placas de hormigón. Se montó entonces un tubo de 120 cm de largo y 4 cm de diámetro sobre la parte superior del anillo (14 cm por encima de la base de hormigón) sobresaliendo el labio del anillo en 5 cm.

[0091] La suspensión espesa se obligó a pasar a través del tubo empleando una varilla con un pistó acoplado en el extremo, para simular el bombeo de la suspensión a través de un conducto y siendo depositada en la zona de distribución. Después de varios días de adición, la suspensión tratada formó un montón apilado; la suspensión sin tratar no lo hizo. La adición final de suspensión incorporaba semillas de hierba en la misma en la proporción estándar, con el fin de tratar la superficie que es cubierta por la aplicación final.

[0092] La figura 1 muestra un esquema de la zona de distribución modelada.

[0093] El tubo de 120 cm de largo y 4 cm de diámetro se tapó entonces en uno de los extremos y se vertieron en el mismo 2 litros de sustrato 1 (2 kg para el sustrato 2) por medio de un embudo de cuello ancho. Se insertó entonces un pistón de caucho de ajuste estanco en el extremo abierto del tubo, el cual se colocó luego en una posición por encima del anillo de 30 cm de diámetro. Se acopló al pistón una varilla metálica de 150 cm de longitud y tan pronto como se retiró el tapón del tubo, se utilizó la varilla para obligar a salir a la suspensión espesa por el extremo abierto, hacia el interior del anillo en donde se dejó que encontrara su propio nivel. Dado que el anillo asienta sobre una placa de hormigón, el anillo no se selló al hormigón de manera que el agua libre pudiera escurrir lentamente. Los anillos se encontraban también bajo una iluminación controlada y se sometieron a 10 horas de luz por día.

[0094] Este método se llevó a cabo para las muestras tratadas y sin tratar durante 5 días, quedando cada nueva adición de suspensión sobre la parte superior de las suspensiones de los días anteriores. La 5ª adición también contenía 68 g (33 g/l) de semilla de hierba raigrás.

[0095] A partir de este momento, los anillos fueron irrigados con 500 g de agua cada día esparciéndose uniformemente de un lado a otro de la superficie. A partir del día 9 para el sustrato 1 cuando se observó la germinación y del día 8 para el sustrato 2 (independiente de la germinación) se utilizaron 500 ml de fertilizante NPK estándar en lugar de ambos tratamientos.

[0096] Después de 30 días de crecimiento para el sustrato 1 y 28 días de crecimiento para el sustrato 2, se recogió la biomasa y se pesó.

2) Metodología del ensayo estático en emplazamiento único

5 [0097] Se trataron 2 litros de cada suspensión que incorpora 66 g de semilla de raigrás con el modificador de la reología según el método anterior, y se vertió en un tamiz de malla 100 µm y de 20 cm de diámetro. Este se colocó entonces sobre una placa de hormigón y se sometió a la luz durante 10 horas por día. Esto se llevó a cabo tanto para las suspensiones tratadas como las no tratadas. Las muestras fueron irrigadas cada día con 100 ml de agua que se desplazaba uniformemente de un lado a otro de la superficie.

[0098] Después de 30 días de crecimiento se recogió la biomasa y se pesó.

10 [0099] Se obtuvieron dos sustratos comerciales en sitios de minería. En cada caso se optimizaron los tratamientos con modificador de la reología para proporcionar una mejora importante en el ángulo de apilamiento y en la liberación de agua. Una suspensión espesa de residuos de carbón procedente de la Kellingly Coal Mine, UK (19,1% sólidos, SG = 1,11, polímero A aproximadamente 700 g/ton, 15 vertidos en el vaso) y una suspensión espesa de arena y grava (34,8% sólidos, SG = 1,21, polímero B alrededor de 956 g/ton, 15 vertidos en el vaso). También se ensayó la suspensión
15 espesa representativa de arcilla caolínica y arena descrita anteriormente.

Detalles del tratamiento:

[0100]

Tabla 2

Sustrato	Polímero	Proporción dosificación (g por ton)	Angulo asentamiento (%)
Arcilla caolínica y arena	Polímero A	300	134,5
Arena y grava	Polímero B	956	120
Residuos Kellingly Coal	Polímero A	700	83,3

20 Resultados

Biomasa recogida

[0101]

Tabla 3

Suspensión espesa de residuos	Metodología de la zona de distribución moderada		Ensayo estático	
	Sin tratar	Tratada	Sin tratar	Tratada
Arcilla caolínica y arena	45,5 g	117,0 g	0,0 g	29 g
Arena y grava	5,91	12,2	0,4 g	1,6 g
Residuos Kellingly Coal	-	-	0,4 g	0,8 g

25 Ejemplo 3: Retención de agua

[0102] Se desarrolló un ensayo para evaluar los efectos de la percolación del agua de lluvia sobre un tratamiento reológicamente modificado de la invención para una suspensión espesa de arcilla, arena y agua, representativa de un sustrato de residuos de minería típico. Este ensayo está relacionado con la resistencia a la formación de capas y, por tanto, a la retención de humedad después de caer agua de lluvia en la sustentación del recrecimiento vegetal en una
30 zona de distribución.

Procedimiento

[0103] Se preparó una solución de polímero A como una solución madre al 0,5% p/p y se diluyó adicionalmente a una solución al 0,25% p/p antes de la aplicación.

[0104] Se preparó una relación de 3:7 p/p de sólidos secos de arcilla caolínica a arena mezclando arena seca en una suspensión espesa de arcilla caolínica al 20% p/v y se utilizó para cada uno de los ensayos. La arena fue secada previamente a 110° C y cribada a un tamaño de partícula de -500 + 90 um antes de su uso.

5 [0105] Se añadió el modificador de la reología en una proporción de dosis de 300 g/ton de sólidos secos a la suspensión espesa y se distribuyó y mezcló por medio de un número establecido de vertidos desde un vaso a otro. De manera similar se trató un control solo que en ausencia del modificador de la reología.

[0106] Estos se vertieron, por duplicado, en crisoles de vidrio sinterizado de porosidad 1 previamente pesados y se dejaron drenar libremente al interior de vasos previamente pesados. La figura 2 muestra el ensayo de percolación inicial.

Ensayo de percolación inicial

10 [0107] Se llevó a cabo por duplicado un ensayo de control y un ensayo de tratamiento.

[0108] En 1 hora se midió un peso de licor filtrado. El licor filtrado se secó en horno a 110° C para determinar el contenido en sólidos suspendidos.

[0109] Los crisoles se secaron en el horno para determinar el peso en seco.

[0110] Los resultados se muestran en la tabla 4.

15 Perfil de secado de la suspensión espesa

[0111] Se llevaron a cabo por duplicado ensayos de control y de tratamiento.

[0112] Se colocaron crisoles bajo luces controladas por temporizador durante varios días. Las luces controladas por temporizador estuvieron encendidas durante 10 horas en cada periodo de 24 horas.

[0113] La temperatura ambiente se controló entre 19 y 22° C.

20 [0114] Los crisoles y vasos fueron pesados de manera intermitente para obtener un perfil de secado de la suspensión espesa, como se muestra en la figura 4.

[0115] Re-humectación de la suspensión espesa drenada y percolación del licor.

[0116] Se repitió el ensayo de percolación inicial y se estableció el secado de la suspensión. Sin embargo, a las 21 horas la suspensión fue rehumectada con 50 g de agua.

25 [0117] A las 45 horas se separó de la suspensión espesa cualquier agua que permaneciera en la superficie y se registró el peso.

[0118] A las 69 horas, la suspensión fue humectada nuevamente por segunda vez con 50 g de agua.

[0119] A las 93 horas, se separó de la suspensión cualquier agua que permaneciera en la superficie y se registró el peso.

30 [0120] Los crisoles y vasos fueron pesados de manera intermitente para obtener un perfil de percolación.

[0121] El ensayo se llevó a cabo por duplicado y los resultados en promedio se ofrecen a continuación.

Resultados

Ensayo de percolación inicial

[0122]

35 Tabla 4 - Ensayo de percolación inicial

	Control 1	Control 2	Tratado 1	Tratado 2
Masa inicial (g)	63,6	63,6	63,6	63,6
Filtrado (g)	19,05	19,88	10,13	9,65
Sólidos en el filtrado (g)	1,80	1,83	0,01	0,01
% sólidos en el filtrado	9,44	9,21	0,13	0,11

Peso en seco final (%)	37,00	37,10	40,51	40,96
------------------------	-------	-------	-------	-------

Re-humectación de suspensiones espesas drenadas

[0123]

Tabla 5 - Rehumectación - Filtrado acumulado

	Tiempo (horas)	Control medio filtrado acumulado (g)	Tratamiento medio filtrado acumulado (g)	Control medio separación agua de la superficie (g)
	0,0	0,0	0,0	
	2,0	14,3	7,5	
	6,0	17,8	7,5	
	21,0	178	7,5	
1ª rehumectación	21,2	0,0	0,0	
	21,3	0,0	49,2	
	26,3	11,5	49,2	
	29,9	18,5	49,2	
	45,1	38,1	49,2	
	45,2	38,1	49,2	6,0
	50,6	38,3	49,2	
	53,6	38,1	49,2	
	69,1	38,3	49,2	
2ª rehumectación	69,3	0,0	0,0	
	69,4	0,0	46,1	
	70,3	0,6	46,1	
	77,9	6,1	46,1	
	93,4	15,0	46,1	28,5
	93,6	15,0	46,1	
	99,4	15,0	46,1	
	165,2	15,0	46,1	

5

[0124] Los resultados fueron trazados gráficamente y se muestran en la figura 5.

[0125] Para el ensayo de percolación inicial, los resultados de la tabla 1 indican que la suspensión espesa sin tratar perdió 9,3% de sólidos en su licor filtrado en comparación con 0,1% en la suspensión tratada indicando ello que estaba ocurriendo la segregación de partículas finas del material en curso en la suspensión sin tratar. A partir de observaciones visuales, las suspensiones tratadas mantuvieron su homogeneidad; sin embargo, las suspensiones sin tratar se separaron en partículas de arena más pesadas en el fondo del crisol y formaron una capa cubierta de arcilla en la parte superior.

10

[0126] El perfil de secado de la suspensión espesa de la figura 4 muestra una velocidad más lenta de pérdida de humedad para los experimentos con tratamiento y una mayor retención de humedad final.

5 [0127] A partir de los ensayos de rehumectación de las suspensiones espesas, unido a la formación de capas en la superficie, las suspensiones sin tratar fueron significativamente más lentas a la hora de permitir la percolación de agua a través de las suspensiones secas, en comparación con las suspensiones tratadas (tabla 5, figura 5). Se asentó un exceso de agua sobre la parte superior de la superficie cubierta de las suspensiones sin tratar durante varios días. Este tiempo de contacto permitió que penetrara algo de agua a través de la suspensión seca; sin embargo, en la práctica, el agua correría fuera de la superficie y no penetraría. En contraste, no estaba presente ningún exceso de agua sobre las superficies de la suspensión tratada.

10 [0128] La estructura homogénea de las suspensiones tratadas permitió que el agua percolara a su través en un espacio de minutos. Las suspensiones sin tratar necesitaron varios días para conseguir una percolación similar durante cuyo tiempo, en la práctica, también se habría perdido una cantidad de agua por evaporación superficial. Las suspensiones tratadas harían así que estuviese disponible más agua para las plantas sembradas o flora local y favoreciese así el crecimiento y la rehabilitación.

REIVINDICACIONES

1. - Un método de rehabilitación de una zona de deposición con el fin de hacerla adecuada para el crecimiento de plantas y que comprende un material mineral en partículas, cuyo material mineral en partículas ha sido deshidratado a partir de una suspensión de dicho material, que comprende las etapas de transferir la suspensión de material mineral en partículas, como un fluido, a la zona de deposición y en donde la suspensión se deja reposar y deshidratar en la zona de deposición para formar un material mineral en partículas deshidratado,
- 5 en donde la rehabilitación de la zona de distribución se consigue por adición de una cantidad deshidratante de un polímero a la suspensión del material mineral en partículas mientras este está siendo transferido como un fluido a la zona de deposición,
- 10 en donde el polímero es un polímero sintético soluble en agua formado a partir de uno o más monómeros etilénicamente insaturados y que tiene una viscosidad intrínseca de al menos 4 dl/g o un polímero soluble en agua que es un polímero natural o un polímero semi-natural,
- 15 en donde el material se bombea como un fluido hacia una salida en la zona de deposición y el material se deja fluir sobre la superficie de material rigidizado y el material se deja reposar y rigidizar para formar una pila o apilamiento de material rigidizado,
- en donde se incorporan semillas y nutrientes en la capa final de material tratado.
2. - Un método según la reivindicación 1, en donde el polímero es un polímero no iónico o aniónico de uno o más monómeros etilénicamente insaturados.
3. - Un método según la reivindicación 2, en donde el polímero es un homopolímero de acrilamida o un copolímero de acrilamida con acrilato sódico.
4. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la suspensión de material mineral en partículas es un material residual procedente de una operación de tratamiento de minerales.
5. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la suspensión de material mineral en partículas se transfiere a lo largo de un conducto y a través de una salida hacia la zona de deposición.
- 25 6. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la suspensión de material mineral en partículas que ha sido transferida a la zona de deposición se rigidifica tras el reposo.
7. - Un método según la reivindicación 6, en donde la suspensión de material mineral en partículas tras llegar a la zona de deposición fluye sobre la superficie de material mineral previamente rigidizado, en donde el material se deja reposar y rigidizar para formar un apilamiento.
- 30 8. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la suspensión de material mineral en partículas se transfiere mediante bombeo de la misma a través de un conducto y el polímero se añade posteriormente de la etapa de bombeo.
9. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la suspensión de material mineral en partículas se transfiere mediante bombeo de la misma a través de un conducto y se añade polímero durante o antes de la etapa de bombeo.
- 35 10. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la suspensión de material mineral en partículas se transfiere a través de un conducto que tiene una salida, en donde el polímero se añade a la suspensión a medida que esta sale por la salida.
11. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la suspensión de material mineral en partículas se transfiere a través de un conducto que tiene una salida, en donde el polímero se añade a la suspensión antes de que esta salga por la salida, preferentemente en un punto dentro de los 10 m de la salida.
- 40 12. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el polímero se añade en forma de una solución acuosa.
13. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el polímero se añade en forma de partículas.
- 45 14. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material mineral se deriva de operaciones de tratamiento de minerales y se elige del grupo consistente en lodo rojo procedente de un procedimiento de alúmina Bayer, residuos de la extracción de metales base, residuos de la extracción de metales preciosos, residuos de la extracción de hierro, residuos de la extracción de níquel, residuos de carbón, arenas minerales y petrolíferas y finos de carbón.
- 50

15. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material mineral es de naturaleza hidrófila, y se elige preferentemente entre lodo rojo y residuos que contienen arcilla hidrófila.

16. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la rehabilitación se consigue además introduciendo en la zona de deposición plantas, plántulas o semillas adecuadas para la germinación.

5 17. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la rehabilitación se consigue además introduciendo en el material mineral en partículas, antes de la rigidización, plantas, plántulas o semillas adecuadas para la germinación, incluyendo también preferentemente nutrientes de plantas en el material mineral en partículas.

10 18. - Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material mineral en partículas deshidratado es revegetarizado mediante hidrogerminación.

Figura 1 - Esquema de la zona de distribución modelada

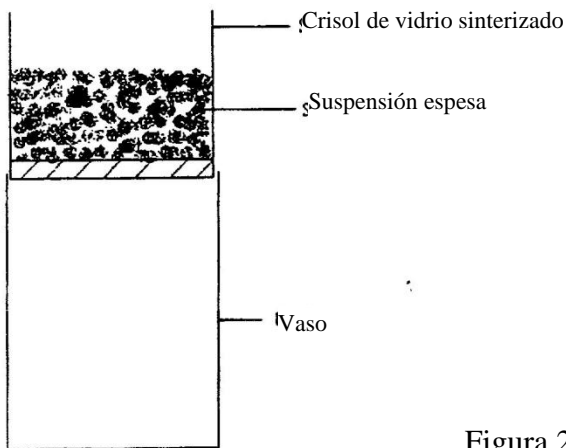
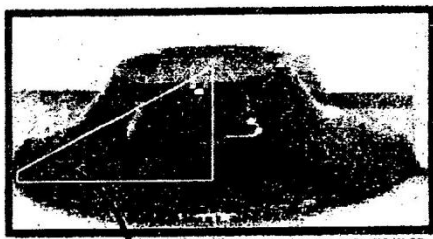


Figura 2



Altura asentamiento en el centro, c
 Altura asentamiento en el borde, e
 Radio, r

$$\text{Angulo asentamiento, \%} = \frac{c - e}{r} \times 100$$

Figura 3

Figura 4 - Perfil secado de la suspensión espesa

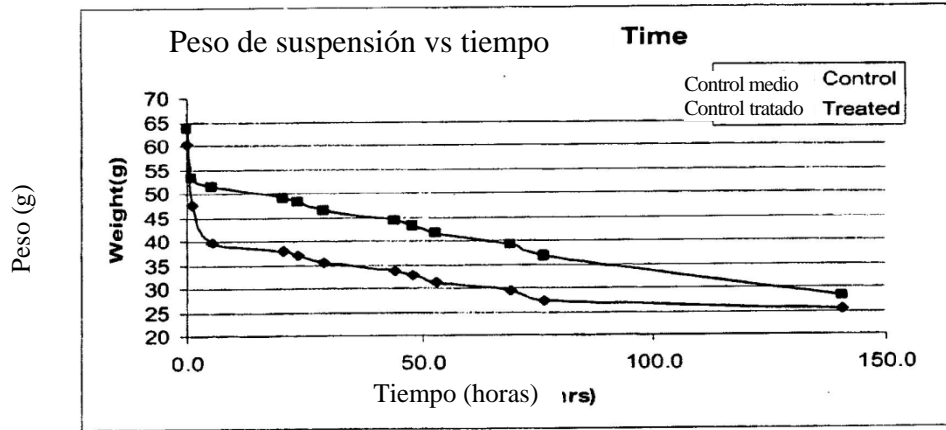


Figura 5

