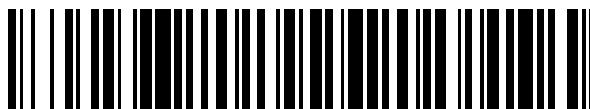


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 162**

51 Int. Cl.:

C01F 7/06 (2006.01)

B01D 21/01 (2006.01)

C02F 1/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2009** **E 09736333 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2346786**

54 Título: **Uso de polímeros que contienen silicio para la floculación mejorada de sólidos en procesos para la producción de alúmina a partir de bauxita**

30 Prioridad:

17.10.2008 US 106343 P

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

04.11.2015

73 Titular/es:

CYTEC TECHNOLOGY CORPORATION (100.0%)
300 Delaware Avenue
Wilmington, DE 19801, US

72 Inventor/es:

DAVIS, MATTHEW, J.;
DAI, QI;
CHEN, HAUNN-LIN, TONY y
TAYLOR, MATTHEW

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 550 162 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

Uso de polímeros que contienen silicio para la floculación mejorada de sólidos en procesos para la producción de alúmina a partir de bauxita

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a la eliminación de sólidos en suspensión en procesos de digestión de mineral de bauxita, como por ejemplo en las corrientes Bayer y Sinter de procesamiento de alúmina para producir hidróxido de aluminio, poniendo en contacto las corrientes con polímeros que contienen silicio.

Antecedentes

- 10 La bauxita es la materia prima básica para casi todos los compuestos de alúmina fabricados. En el curso de la producción de los compuestos de aluminio, la bauxita se puede refinar a hidróxido de aluminio mediante el proceso Bayer, el proceso Sinter y combinaciones de ambos. Típicamente, las bauxitas se clasifican, atendiendo a sus principales constituyentes mineralógicos, como gibbsíticas, boehmíticas y diaspóricas. Esta composición mineralógica puede afectar al método preferido de procesamiento.

- 15 Durante el proceso Bayer para la producción de alúmina a partir de bauxita, el mineral se digiere a altas temperatura y presión con disolución de NaOH para obtener disoluciones de aluminato de sodio supersaturadas que contienen impurezas insolubles que permanecen en suspensión. Cuando la bauxita contiene principalmente gibbsita, la extracción de la alúmina a partir de la bauxita se puede conseguir en el intervalo de temperatura de 100 a 150°C. Sin embargo, si la bauxita contiene principalmente boehmita o diasporita, la extracción de la alúmina se hace más difícil, necesitando temperaturas mayores de 200°C. Es bien conocido, además, que la adición de cal durante la digestión de bauxita boehmítica o diaspórica puede mejorar la recuperación de la alúmina.

- 20 El proceso Sinter es una alternativa o una ayuda al proceso Bayer, que se usa comúnmente para el tratamiento de bauxitas que contienen grandes cantidades de sílice. En el proceso Sinter, la bauxita (o "lodo rojo" Bayer) se calcina a 1200 °C con sosa y/o con cal antes de lixiviar con disolución de NaOH, lo que genera una disolución de aluminato de sodio y un "barro sinter" insoluble.

- 25 Los residuos insolubles generados durante los procesos de digestión del mineral de bauxita para producir alúmina incluyen óxidos de hierro, aluminosilicatos de sodio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio, silicatos de calcio y otros materiales. La mineralogía de la bauxita y los aditivos químicos añadidos durante el procesamiento afectan a las fases sólidas presentes. El proceso de separación de los residuos sólidos de la bauxita de la disolución verde sobresaturada a temperaturas cercanas a las de su punto de ebullición se conoce como "clarificación".

- 30 En la etapa de clarificación, las partículas sólidas más gruesas se eliminan generalmente con un ciclón de tipo "desarenador". Para separar las partículas sólidas más finas de la disolución, normalmente se alimenta la pasta a la cavidad central de un decantador o separador de fangos, en el que se trata con una composición floculante, cuya base puede ser de diversos agentes floculantes entre los que se incluyen almidón, harina, polímeros de sales de poliacrilato, copolímeros de acrilamida y sal de acrilato y/o polímeros solubles en agua que contienen grupos ácido o sal hidroxámicos colgantes. Cuando el barro decanta, la disolución de aluminato de sodio clarificada, denominada "licor verde" o "disolución verde" se derrama por encima del dique del depósito de decantación del barro y se hace pasar a las etapas posteriores del proceso.

- 35 En este punto, el proceso Sinter necesita a menudo otra etapa en la que se añade un aditivo para eliminar la sílice, como cal, a la disolución que se derrama, para eliminar las sustancias de sílice solubles de la disolución. La pasta se trata con floculantes y se alimenta a un decantador de eliminación de sílice para eliminar los productos insolubles de eliminación de sílice, entre los que se incluyen aluminosilicatos de sodio y aluminosilicatos de calcio.

- 40 Los sólidos decantados en el procedimiento de floculación, que se conocen como lodos, se retiran por la parte inferior del decantador de lodos y se hacen lavar a través de un circuito de lavado en contracorriente para recuperar aluminato de sodio y sosa. La disolución de aluminato que se derrama por la parte superior del decantador puede contener todavía cantidades significativas de sólidos en suspensión. Generalmente, esta disolución se clarifica adicionalmente mediante filtración, para dar un filtrado que contiene un nivel muy bajo de sólidos en suspensión.

- 45 La disolución de aluminato purificada o disolución madre se enfría, generalmente, para aumentar la sobresaturación y luego se siembra, por ejemplo con semillas finas de gibbsita de ciclos previos, o se neutraliza con gas CO₂ para iniciar la precipitación del producto final deseado, Al(OH)₃, trihidrato de alúmina.

- 50 La restante fase líquida se devuelve a la etapa inicial de digestión y, tras haber sido reconstituida con más sosa cáustica, se emplea como material digestor de más mineral.

En la etapa de clarificación, los sólidos en suspensión se separan preferentemente a una velocidad relativamente rápida, para hacer que el proceso global sea eficiente. Durante muchos años, la eliminación eficiente de los sólidos

en suspensión procedentes de las corrientes de procesado en los procesos de digestión de mineral de bauxita para producir alúmina ha constituido un reto importante. Entre los métodos para acelerar la separación de los sólidos en suspensión procedentes de las corrientes de procesado así como para proporcionar una separación más limpia de los constituyentes están los descritos en el documento de la patente de Estados Unidos número 3.390.959, que emplea poliacrilatos como floculantes y en el documento de la patente de Estados Unidos número 3.681.012, que emplea combinaciones de poliacrilatos y almidón en circuitos de recuperación de alúmina Bayer. El documento de la patente de Estados Unidos número 4.083.925 describe el uso de poliacrilamida dentro del separador de fangos. El documento de la patente de Estados Unidos número 4.678.585 enseña que diferentes etapas en el circuito de recuperación de alúmina Bayer se tratan de forma ventajosa con diferentes combinaciones floculantes. El documento de la patente de Estados Unidos número 4.767.540 describe un proceso para eliminar sólidos en suspensión procedentes de las corrientes de proceso de alúmina Bayer poniendo en contacto y mezclando una corriente de proceso Bayer con polímeros con grupos hidroxamato. Los polímeros con grupos hidroxamato se pueden emplear con poliacrilato aniónico. Los documentos de las patentes de Estados Unidos número 5.516.435 y número 5.539.046 utilizan mezclas de emulsiones de polímeros con grupos hidroxamato con emulsiones de poliacrilato para eliminar los sólidos en suspensión procedentes de corrientes de proceso de alúmina Bayer. Otros polímeros descritos para el tratamiento del fango rojo en el proceso Bayer son polímeros que contienen ácido fosfónico (patente de Estados Unidos número 5.534.235), polímeros en emulsión continua de metilacrilato en agua (patente de Estados Unidos número 6.036.869) y polímeros que contienen ácido salicílico ((patente de Estados Unidos número 6.527.959).

Se han descrito polímeros que contienen silicio para la clarificación del agua. Por ejemplo, el documento de la patente de Estados Unidos número 3.779.912 emplea aminometilfosfonatos que contienen silicio para flocular los sólidos en suspensión en agua. Se describen copolímeros de haluro de dialildimetilamonio y un viniltrialcoxisilano como coagulantes usados en la demulsificación de aguas residuales aceitosas (patente de Estados Unidos número 5.560.832), en la deshidratación de suspensiones acuosas espesas minerales (patente de Estados Unidos número 5.597.475) y en la clarificación de aguas residuales (patente de Estados Unidos número 5.679.261). El documento de la patente de Estados Unidos número 6.605.674 describe el uso de trialcoxisilanos de vinilo como agentes de reticulación para modificar la estructura de polímeros solubles en agua no iónicos, catiónicos y aniónicos y el uso de los polímeros modificados estructuralmente como agentes floculantes. Ninguna de las patentes de polímeros que contienen silicio previamente mencionadas se refiere al tratamiento de sólidos en suspensión procedentes de procesos de digestión de mineral de bauxita para producir corrientes de proceso de alúmina en las cuales la composición global desde un punto de vista físico es completamente diferente que la usada para flocular agua.

Se ha descrito el uso de polímeros que contienen silicio para controlar la costra de aluminosilicato; véanse al respecto los documentos de las patentes de Estados Unidos números 6.814.873 y 7.390.415 y los documentos de las patentes de Estados Unidos publicadas números 2004/0162406 A1 y 2005/0010008 A2. Estas publicaciones describen métodos para usar los polímeros que contienen silicio para impedir que los aluminosilicatos disueltos (tal como el aluminosilicato de sodio) se adhieran o depositen en forma de agregados para formar una costra, pero no se esperarían que flocularan los sólidos en suspensión, lo cual de hecho fomentaría la agregación, no la prevendría.

Se ha descubierto ahora que se puede obtener una mejora notable de la floculación de los sólidos en suspensión, especialmente de las partículas de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio y titanato de calcio, procedentes de los procesos de digestión del mineral de bauxita para extraer trihidrato de aluminio, en particular las corrientes de los procesos Bayer y/o Sinter en las que se ha añadido cal y/u otra fuente de calcio tal como CaCO_3 o Ca(OH)_2 o en las que está presente en cantidades de al menos 1% en peso (calculado como CaO), añadiendo y mezclando eficientemente un polímero que contiene silicio en la corriente de proceso Bayer y/o Sinter solo o posterior a, seguido por o en asociación con un floculante convencional. Este tratamiento es particularmente efectivo para tratar residuos sólidos de bauxita que contienen grandes cantidades de silicatos, aluminosilicatos y óxidos que contienen titanio, cuando se compara con los procedimientos de la técnica actual, ejemplificados por las patentes mencionadas previamente en el texto. El tratamiento se realiza típicamente, pero no siempre, antes de la etapa del proceso de decantación del lodo y puede disminuir de forma significativa la necesidad de filtración. Puesto que los sólidos en suspensión pueden contener impurezas no deseadas, las disminuciones en las cantidades de sólidos en suspensión conseguidas mediante la práctica de la presente invención pueden dar también como resultado una mejora de la pureza del producto de alúmina resultante.

Compendio

La presente invención proporciona polímeros, composiciones floculantes y procedimientos que contienen silicio para la reducción de los sólidos en suspensión en una corriente de proceso procedente del proceso de digestión de mineral de bauxita para producir alúmina. Los procedimientos suponen poner en contacto una corriente de proceso, tal como una de las que proceden de los procesos Bayer o Sinter, con tal polímero y/o composición floculante que contiene silicio, para flocular los sólidos en suspensión en procesos de digestión de mineral de bauxita para producir corrientes de proceso de alúmina. En realizaciones preferidas, las composiciones floculantes y los polímeros que contienen silicio descritos en este documento son especialmente útiles para flocular partículas en suspensión de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y/o dióxido de titanio en las corrientes de proceso. El proceso para digerir mineral de bauxita para hacer una corriente de proceso de alúmina que se puede poner en contacto de manera ventajosa con los polímeros y/o composiciones floculantes que contienen silicio según la

presente invención puede ser cualquier parte del circuito de alimentación, por ejemplo alimentación del decantador, rebose o sobrante del decantador, descarga de seguridad, o del circuito de precipitación de la alúmina (esto es, de su recuperación). El proceso de digestión de mineral de bauxita para producir una corriente de proceso de alúmina en contacto con el polímero puede ser también la alimentación de un decantador de eliminación de sílice o la alimentación de un lavador de fangos en el tren de lavado.

Una realización proporciona una composición floculante, que comprende un floculante polimérico que contiene silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y/o dióxido de titanio y un floculante polimérico, preferentemente aniónico, para un lodo de proceso Bayer o Sinter. La proporción de pesos entre la cantidad de floculante polimérico que contiene silicio y la cantidad de floculante polimérico en dicha composición floculante puede estar en el intervalo de aproximadamente 100:1 a aproximadamente 1:10, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:2, tal como aproximadamente 1:1. Otra realización proporciona un método de floculación, que comprende mezclar tal composición floculante con una corriente de proceso Bayer o Sinter en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en ella, en la que los sólidos en suspensión comprenden al menos uno de los escogidos en el grupo que consiste en silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus mezclas.

Otra realización proporciona un método de floculación que comprende mezclar un floculante polimérico que contiene silicio con una corriente de proceso Bayer o Sinter en una cantidad efectiva para flocular de este modo al menos una parte de las partículas de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y/o dióxido de titanio en suspensión en ella; y separar al menos una parte del silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio formados de este modo.

Otra realización proporciona un polímero que contiene silicio soluble en agua o dispersable en agua que comprende un grupo que contiene silicio unido a él, en la que el polímero que contiene silicio se configura de tal modo que el grupo que contiene silicio aumenta la capacidad del polímero que contiene silicio para flocular las partículas en suspensión de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio. En una realización, el grupo que contiene silicio es $-\text{Si}(\text{OR})_3$, donde R es Na^+ , K^+ o NH_4^+ . En otra realización, la cantidad de grupos que contienen silicio en el polímero que contiene silicio es al menos de aproximadamente 5 % en peso. Otra realización proporciona un método de floculación, que comprende mezclar tal polímero que contiene silicio con una corriente de proceso en un proceso de digestión de bauxita para producir alúmina en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en la misma, en el cual los sólidos en suspensión comprenden al menos uno escogido en el grupo que consiste en silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus mezclas.

Otra realización proporciona un polímero que contiene silicio soluble en agua o dispersable en agua que comprende un grupo que contiene silicio unido a él. Otra realización proporciona un método de floculación, que comprende intermezclar tal polímero que contiene silicio hidroxamado con una corriente de proceso en un proceso de digestión de bauxita para producir alúmina en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en la misma, en el cual los sólidos en suspensión comprenden al menos uno escogido en el grupo que consiste en silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus mezclas.

Estas y otras realizaciones se describen con más detalle a continuación.

Descripción detallada

La siguiente descripción y los siguientes ejemplos ilustran realizaciones preferidas de la presente invención con detalle. Las personas expertas en la técnica se darán cuenta de que existen numerosas variaciones y modificaciones de esta invención que están incluidas en el alcance de la misma. De acuerdo con ello, no debería considerarse que la descripción de las realizaciones preferidas limita el alcance de la presente invención.

Se ha encontrado ahora que diversos polímeros que contienen silicio son útiles como floculantes de los sólidos de proceso en suspensión, en particular de aquellos que contienen materiales en suspensión como silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus mezclas. Ejemplos de polímeros que contienen silicio útiles en los métodos de floculación descritos aquí son los que se describen en los documentos de las patentes de Estados Unidos números 6.814.873 y 7.390.415 y los documentos de las patentes de Estados Unidos publicadas números 2004/0162406 A1 y 2005/0010008 A2, todos los cuales se incorporan como referencias en su totalidad y, en particular, con el propósito de describir los floculantes de polímeros que contienen silicio y los métodos para producirlos. Otros ejemplos de floculantes de polímeros que contienen silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio se describen en este documento. Las personas expertas en la técnica pueden usar experimentación habitual a la vista de la guía y orientación proporcionada en este documento para identificar otros floculantes de polímeros que contienen silicio útiles en los métodos descritos en este documento, esto es, como floculantes para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio.

Una realización proporciona un polímero que contiene silicio soluble en agua o dispersable en agua que comprende

un grupo que contiene silicio unido al mismo; el polímero que contiene silicio se configura de tal forma que el grupo que contiene silicio aumente la capacidad del polímero que contiene silicio para flocular las partículas en suspensión de silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio.

Una realización proporciona un polímero que contiene silicio soluble en agua o dispersable en agua, por ejemplo un polímero que contiene un grupo o grupos colgantes que contienen silicio, como un grupo silano. En una realización, el polímero que contiene silicio es un floculante para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio, es decir, está configurado de tal modo que el grupo o grupos que contienen silicio aumentan la capacidad del polímero que contiene silicio para flocular las partículas en suspensión de silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio. El polímero que contiene silicio puede estar incluido en una composición floculante. En una realización, la composición floculante contiene un floculante polimérico adicional, tal como un floculante polimérico aniónico para un lodo de proceso Bayer o Sinter. Más adelante se describen diversos polímeros que contienen silicio, composiciones de polímeros y métodos para usarlos.

Ejemplos de polímeros que contienen silicio son aquéllos que tienen grupos silano colgantes, por ejemplo, grupos colgantes que contienen silicio con la fórmula (I), unidos al mismo:



donde cada R es, de manera independiente, hidrógeno; un grupo alquilo que tiene de C_1 a 20 átomos de carbono; un grupo alqueno que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo alquino que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo arilo que tiene de C_6 a 12 átomos de carbono; un grupo arilalquilo que tiene de C_7 a 20 átomos de carbono; un ion metálico del grupo I; un ion metálico del grupo II o un grupo NR'_4^+ , donde cada R' es, de forma independiente, un hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo alqueno que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo alquino que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo arilo que tiene de C_6 a 12 átomos de carbono y un grupo arilalquilo que tiene de C_7 a 20 átomos de carbono; y donde R y R' son, cada uno de ellos, de forma independiente, grupos no sustituidos, hidroxisustituidos, o beta-hidroxisustituidos. Ejemplos de grupos R son los grupos alquilo inferiores, por ejemplo, grupos alquilo que tienen de C_1 a 6 átomos de carbono y grupos alquilo que tienen de C_1 a 3 átomos de carbono; fenilo, bencilo, Na^+ , K^+ y NH_4^+ . Los grupos R preferidos se escogen entre los del grupo que consiste en Na^+ , K^+ y NH_4^+ . La cantidad de grupos que contienen silicio en el polímero que contiene silicio puede variar en un intervalo relativamente amplio y el polímero se puede configurar para proporcionar una floculación mejorada de los sólidos.

Se puede emplear la experimentación habitual con la información y orientación proporcionada aquí para seleccionar un polímero que contiene silicio que es eficaz para una aplicación específica, por ejemplo, seleccionando una columna vertebral polimérica, el peso molecular, el grupo que contiene silicio y la cantidad del mismo, para preparar un polímero que es eficaz para flocular silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio. Por ejemplo, se puede emplear la experimentación habitual con la orientación e información proporcionada en este documento para configurar el polímero de tal forma que el grupo o los grupos que contienen silicio mejoren la capacidad del polímero que contiene silicio para flocular sólidos en suspensión, en especial silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio. Las cantidades adecuadas de grupos que contienen silicio en el polímero que contiene silicio pueden variar, dependiendo del tipo de polímero y de la aplicación. Por ejemplo, en una realización, el polímero que contiene silicio contiene al menos aproximadamente 1 % en peso de grupos -Si(OR)_3 , por ejemplo al menos aproximadamente 5 % en peso de grupos -Si(OR)_3 . Se puede emplear la experimentación habitual con la información y orientación proporcionada aquí para seleccionar un polímero que tenga un peso molecular adecuado. Por ejemplo, el peso molecular del polímero que contiene silicio puede variar en un amplio intervalo, por ejemplo de aproximadamente 1000 a aproximadamente 15 millones y a menudo es de aproximadamente 10.000 o mayor, o de aproximadamente 100.000 o mayor, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 10.000 a aproximadamente 10 millones, tal como de aproximadamente 100.000 a aproximadamente 5 millones. Los pesos moleculares tal como aquí se describen son promedios de peso determinados mediante cromatografía de alta presión de exclusión por tamaños (detección por dispersión de luz), a menos que se indique otra cosa.

En algunas realizaciones, el grupo Si(OR)_3 es un grupo trimetoxisilano (R = grupo metilo) o un grupo trietoxisilano (R = grupo etilo). También se pueden emplear, de forma provechosa, otros grupos alquilo, alqueno y/o alquino como grupo R en los grupos colgantes de fórmula (I). El término alquilo, tal y como se emplea en este documento, es un término en sentido amplio que se usa en su sentido corriente, que se emplea, sin limitación, para referirse a un hidrocarburo alifático saturado de cadena recta o ramificada, no cíclica o cíclica, de uno, dos, tres, cuatro, cinco, siete, ocho, nueve o diez átomos de carbono, mientras que el término "grupo alquilo inferior" tiene el mismo significado que alquilo pero referido a los grupos que tienen solo uno, dos, tres, cuatro, cinco o seis átomos de carbono. Grupos alquilo saturados de cadena recta representativos son los grupos metilo, etilo, n-propilo, n-butilo, n-pentilo, n-hexilo y similares. Ejemplos de grupos alquilo ramificados saturados son los grupos isopropilo, sec-butilo, isobutilo, ter-butilo, isopentilo y similares. Grupos alquilo cíclicos saturados representativos son los grupos ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo, $\text{-CH}_2\text{-ciclopropilo}$, $\text{-CH}_2\text{-ciclobutilo}$, $\text{-CH}_2\text{-ciclopentilo}$, $\text{-CH}_2\text{-ciclohexilo}$ y similares. Los grupos alquilo cíclicos pueden ser denominados también "anillos homocíclicos" e incluyen anillos di y poli-homocíclicos, tales como decalina y adamantano. Los grupos alqueno contienen al menos un doble enlace entre átomos de carbono adyacentes. Grupos alqueno cíclicos insaturados representativos son los grupos

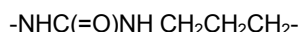
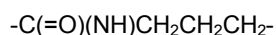
ciclopentenilo y ciclohexenilo y similares. Entre los grupos alqueno ramificados y de cadena recta representativos se incluyen los grupos etilenilo, propilenilo, 1-butenilo, 2-butenilo, isobutenilo, 1-pentenilo, 2-pentenilo, 3-metil-1-butenilo, 2-metil-2-butenilo, 2,3-dimetil-2-butenilo y compuestos similares. Grupos alqueno ramificados y de cadena recta representativos son los grupos acetilenilo, propinilo, 1-butenilo, 2-butenilo, 1-pentenilo, 2-pentenilo, 3-metil-1-butenilo y compuestos similares. Si bien se prefieren generalmente los grupos alquilo no sustituidos, los grupos alquilo sustituidos también se pueden emplear, de forma provechosa.

En ciertas realizaciones, R puede ser un grupo arilo o incluirlo. El término "arilo", tal como se emplea en este documento, se emplea en sentido amplio y se usa en su sentido corriente, para referirse, sin limitación, a un grupo carbocíclico aromático, tal como un grupo fenilo o naftilo, así como a grupos arilalquilo o alquilarilo. El término "arilalquilo", tal como se emplea en este documento, se emplea en sentido amplio y se usa en su sentido corriente, para referirse, sin limitación, a un grupo alquilo que tiene al menos un átomo de hidrógeno alquílico sustituido por un grupo arilo, tal como grupos bencilo, $-\text{CH}_2(1 \text{ o } 2\text{-naftilo})$, $-(\text{CH}_2)_2\text{-fenilo}$, $-\text{CH}(\text{fenilo})_2$ y similares. El término "alquilarilo", tal como se emplea en este documento, se emplea en sentido amplio y se usa en su sentido corriente, para referirse, sin limitación, a un grupo arilo que tiene al menos un hidrógeno del grupo arilo sustituido por un grupo alquilo. Los grupos arilo especialmente preferidos son los grupos que tienen de C_6 a 12 átomos de carbono y los grupos arilalquilo que tienen de C_7 a 20 átomos de carbono.

Si bien se prefieren los grupos arilo o alquilo generalmente, en ciertas realizaciones se pueden emplear de forma ventajosa grupos alquilo o arilo sustituidos. El término "sustituido" se emplea en sentido amplio y se usa en su sentido corriente, para referirse, sin limitación, a cualquiera de los grupos previamente citados (por ejemplo, alquilo, arilo) en el que al menos un átomo de hidrógeno se ha reemplazado por un sustituyente. En el caso de un grupo cetónico ($-\text{C}(=\text{O})-$) se sustituyen dos hidrógenos. Cuando los grupos están sustituidos, dentro del contexto de la realización preferida, entre los "sustituyentes" se incluyen grupos halógeno, hidroxilo, ciano, nitro, sulfonamida, carboxamida, carboxilo, éter, carbonilo, amino, alquilamino, dialquilamino, alcoxi, alquiltio, haloalquilo y similares. De manera alternativa, uno o más de los átomos de carbono del grupo R se pueden sustituir por un heteroátomo, por ejemplo, nitrógeno, oxígeno o azufre.

En algunas realizaciones, el grupo que contiene silicio incluye uno o más grupos hidroxilo, por ejemplo un grupo beta-hidroxilo, como sustituyentes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el polímero que incluye silicio incluye uno o más grupos hidroxamato ($-\text{CONH}(\text{OH})$). Cualquiera de los polímeros que contienen silicio descritos en este documento pueden tener grupos hidroxamato. Por ejemplo, una realización proporciona un polímero que contiene silicio soluble en agua o dispersable en agua con grupos hidroxamato que comprende un grupo que contiene silicio unido al mismo.

El grupo o los grupos que contienen silicio colgantes pueden estar unidos directamente a un átomo (por ejemplo a un átomo de carbono) en la columna vertebral del polímero que contiene silicio o bien estar unidos a la columna vertebral del polímero a través de un grupo de unión adecuado. Ejemplos de grupos de unión son cadenas alquílicas de C_1 a 6 átomos de carbono lineales completamente saturadas, así como cadenas alquílicas con uniones éter (es decir, grupos enlazantes alcoxi o poli(alcoxi)). Otros grupos enlazantes son cadenas alquílicas con uniones amida y sustituyentes hidroxilo, por ejemplo:



En una realización, los grupos colgantes que contienen silicio están incluidos en o unidos a la columna vertebral del polímero y/o a cualquier parte adecuada del polímero (por ejemplo, como un grupo terminal, sobre una parte injertada o cadena lateral, o similares). En ciertas realizaciones, puede ser conveniente incluir otros grupos colgantes además del grupo colgante que tiene silicio. Ejemplos de otros grupos colgantes son grupos carboxilato como $-\text{C}(=\text{O})\text{O}-$ o $-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$, grupos amida como $-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$, grupos hidroxamato como $-\text{C}(=\text{O})\text{NHO}-$ y grupos amina como $-\text{NH}_2$. También se pueden emplear otros grupos colgantes, como se darán cuenta las personas expertas en la técnica.

En algunas realizaciones, la columna vertebral del polímero comprende unidades periódicas de etileno sustituidas, por ejemplo, $-\text{[CH}_2\text{C(R}^x\text{)H]}-$, donde R^x comprende un grupo silano con o sin un grupo de enlace, tal y como se describe en otro lugar de este documento, u otro sustituyente colgante. Se puede emplear una única clase de grupo de enlace o bien combinaciones de grupos de enlace. En ciertas realizaciones, se pueden sustituir más átomos de hidrógeno de la unidad periódica de etileno por un grupo silano colgante o por algún otro grupo colgante, por ejemplo un grupo metilo.

Los polímeros que contienen silicio descritos en este documento se pueden preparar de diversas formas. Véanse, por ejemplo, los documentos de las patentes de Estados Unidos números 6.814.773 y 7.390.415 y los documentos de las patentes de Estados Unidos publicadas números 2004/0162406 A1 y 2005/0010008 A2, todos los cuales se incorporan en este documento como referencias y, en particular, con el propósito de describir los polímeros que contienen silicio y los métodos para producirlos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se pueden preparar polimerizando un monómero que contiene el grupo $\text{Si}(\text{OR})_3$ de fórmula (I), o copolimerizando tal monómero con uno

más comonómeros. Entre los monómeros adecuados de silano se incluyen, aunque las posibilidades no se limitan a ellos: trietoxisilano de vinilo, aliltriethoxisilano, butenil-trietoxisilano, γ -N-acrilamidopropiltriethoxisilano, γ -N-metacrilamidopropiltriethoxisilano, p-trietoxisililestireno, ácido 2-(metil-trietoxisilil)acrílico, ácido 2-(metil-trietoxisilil)metacrílico, 2-(metiltriethoxisilil)-1,4-butadieno, N-trietoxisililpropil-maleimida y otros productos de reacción del anhídrido maleico y otros anhídridos insaturados con compuestos amino que contienen un grupo $\text{Si}(\text{OR})_3$. Los monómeros o unidades de repetición resultantes se pueden hidrolizar mediante una base acuosa, ya sea antes o después de la polimerización. Entre los comonómeros adecuados se incluyen, si bien las posibilidades no se limitan a éstos: acetato de vinilo, acrilonitrilo, estireno, ácido acrílico y sus ésteres, ácido metacrílico y sus ésteres, acrilamida y acrilamidas sustituidas tales como el ácido acrilamidometilpropanosulfónico, la metacrilamida y metacrilamidas sustituidas tal como el ácido metacrilamidometilpropanosulfónico. Los copolímeros pueden ser también copolímeros injertados tal como ácido poliacrílico injertado con poli(trietoxisilano de vinilo) o poli(acetato de vinilo-co-ácido crotonico) injertado con poli(trietoxisilano de vinilo). Estos polímeros se pueden producir en diversos disolventes como acetona, tetrahidrofurano, tolueno, xileno y similares. En algunos casos, el polímero es soluble en el disolvente de reacción y se puede recuperar de forma conveniente eliminando el disolvente o, si el polímero no es soluble en el disolvente de reacción, el producto se puede recuperar de manera conveniente por filtración; sin embargo, se puede emplear cualquier método adecuado de recuperación del polímero. Iniciadores (de la polimerización) adecuados son 2,2' azobis-(2,4-dimetilvaleronitrilo) y 2,2-azobisisobutironitrilo, peróxido de benzoilo, hidroperóxido de cumeno y similares.

En algunas realizaciones, los polímeros que contienen silicio descritos en este documento se pueden preparar haciendo reaccionar un compuesto que contiene un grupo $\text{Si}(\text{OR})_3$ así como un grupo reactivo que puede reaccionar ya sea con un grupo colgante o con un átomo de la columna vertebral del polímero existente. Las poliaminas pueden hacerse reaccionar con diversos compuestos que contienen uno o más grupos $\text{Si}(\text{OR})_3$ para dar polímeros que se pueden usar en las realizaciones preferidas. El grupo reactivo puede ser un grupo de haluro de alquilo, tal como cloropropilo, bromoetilo, clorometilo, bromoundecilo u otro grupo adecuado. El compuesto que contiene uno o más grupos $\text{Si}(\text{OR})_3$ puede contener una funcionalidad epoxi tal como un grupo glicidoxipropilo, 1,2-epoxiamilo, 1,2-epoxidecilo o 3,4-epoxiciclo-hexiletilo. El grupo reactivo puede ser también una combinación de un grupo hidroxilo y un haluro, tal como 3-cloro-2-hidroxipropilo. El grupo reactivo puede contener también un grupo isocianato, tal como isocianatopropilo o isocianatometilo, el cual reacciona para formar una unión tipo urea. Además, se pueden usar silanos que contienen grupos anhídrido, tal como el anhídrido trietoxisililpropilsuccínico. Las reacciones se pueden llevar a cabo tal cual o en un disolvente adecuado. Además, se pueden añadir otros grupos funcionales como grupos alquilo haciendo reaccionar otros grupos amino o átomos de nitrógeno del polímero con haluros de alquilo, epóxidos o isocianatos. Las poliaminas se pueden preparar por diversos métodos. Por ejemplo, pueden prepararse mediante polimerización con apertura del anillo de aziridina o compuestos similares. También se pueden preparar mediante reacciones de condensación de aminas como amoniaco, metilamina, dimetilamina, etilendiamina o similares con compuestos reactivos tales como 1,2-dicloroetano, epiclorhidrina, epibromhidrina o compuestos similares.

Los polímeros que contienen grupos anhídrido se pueden hacer reaccionar con diversos compuestos que contienen silicio (por ejemplo, que contienen uno o más grupos $\text{Si}(\text{OR})_3$) para preparar realizaciones de los polímeros que contienen silicio descritos en este documento. Entre los polímeros de partida adecuados se incluyen el homopolímero de anhídrido maleico y copolímeros de anhídrido maleico con monómeros como estireno, etileno, metilviniléter y similares. El polímero de partida puede ser también un polímero injertado tal como poli(1,4-butadieno) injertado con anhídrido maleico o polietileno injertado con anhídrido maleico, o similares. Otros monómeros de anhídridos adecuados son los anhídridos itacónico y citracónico. Entre los compuestos de silano reactivos adecuados se incluyen, aunque las posibilidades no se limitan a ellos, γ -aminopropiltriethoxisilano, bis(γ -triethoxisililpropil)amina, N-fenil- γ -aminopropiltriethoxisilano, p-aminofeniltriethoxisilano, 3-(m-aminofenoxipropil)-triethoxisilano, γ -aminobutiltriethoxisilano y similares. Se pueden añadir otros grupos funcionales al polímero haciéndolo reaccionar con aminas, alcoholes y otros compuestos.

Los polímeros que contienen grupos hidroxilo se pueden hacer reaccionar con una funcionalidad epoxi, tal como glicidoxipropiltrimetoxisilano. Ejemplos de polímeros que contienen grupos hidroxilo son polisacáridos tal como almidón e hidroxietilcelulosa.

En ciertas realizaciones, el polímero que contiene silicio se escoge en el grupo que consiste en una polietilenimina que contiene silicio, un copolímero de triethoxisilano de vinilo, un copolímero de ácido acrílico y/o ácido metacrílico y triethoxisililpropilacrilamida, un copolímero de ácido acrílico y/o ácido metacrílico y triethoxisililpropilmetacrilamida, un copolímero de ácido acrílico y/o ácido metacrílico y triethoxivinilsilano, un polisacárido que contiene silicio (por ejemplo un almidón que contiene silicio o una celulosa como hidroxietilcelulosa que contiene silicio), un copolímero de estireno y anhídrido maleico que contiene silicio, un copolímero de anhídrido maleico y un alquil-vinil-éter que contiene silicio (por ejemplo un copolímero de anhídrido maleico y metil-vinil-éter que contiene silicio) y mezclas de ellos.

En una realización, el polímero que contiene silicio comprende unidades de repetición, que comprenden a su vez una primera unidad de repetición que tiene una estructura $-\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^1)\text{H}-$ y una segunda unidad de repetición que tiene una estructura $-\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^2)\text{H}-$, en las que R^1 es $-\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$ y en la que R^2 es $-\text{C}(=\text{O})\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{O}^-)_3$. En una realización, la cantidad de la primera unidad de repetición es al menos de aproximadamente 70 %, por ejemplo, al menos de aproximadamente 80 % en número, sobre la base del número total de unidades de repetición en el

polímero. En esta realización, se pueden sustituir otros átomos de hidrógeno de las unidades de repetición por un grupo colgante, por ejemplo un grupo metilo.

En una realización, el polímero que contiene silicio comprende unidades de repetición, que comprenden una primera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^1)\text{H}]$ -, una segunda unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^2)\text{H}]$ -, una tercera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^3)\text{H}]$ -, una cuarta unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^4)\text{H}]$ - y, opcionalmente, una quinta unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^5)\text{H}]$ -, en la que R^1 es $\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$, en la que R^2 es $\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$, en la que R^3 es $\text{C}(=\text{O})\text{NHO}^-$, en la que R^4 es $-\text{NHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{O})_3$, y en la que R^5 es $-\text{NH}_2$. En esta realización, se pueden sustituir otros átomos de hidrógeno de las unidades de repetición por un grupo colgante, por ejemplo un grupo metilo. En una realización, el polímero que contiene silicio comprende hasta un máximo de aproximadamente 50 % en número de la primera unidad de repetición, hasta un máximo de aproximadamente 90 % en número de la segunda unidad de repetición, de aproximadamente 1 % a aproximadamente 60 % en número de la tercera unidad de repetición, de aproximadamente 1 % a aproximadamente 30 % en número de la cuarta unidad de repetición y de aproximadamente 1 % a aproximadamente 30 % en número de la quinta unidad de repetición. En una realización, la primera unidad de repetición y la segunda unidad de repetición juntas comprenden de aproximadamente 80 % a aproximadamente 85 % en número de las unidades de repetición, la tercera unidad de repetición comprende de aproximadamente 5 % a aproximadamente 15 % en número de las unidades de repetición y la cuarta y la quinta unidades de repetición comprenden juntas el resto de unidades de repetición.

En una realización, los polímeros que contienen silicio comprenden unidades de repetición, que comprenden una primera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^1)\text{H}]$ -, una segunda unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^2)\text{H}]$ -, una tercera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^3)\text{H}]$ -, una cuarta unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^4)\text{H}]$ - y, opcionalmente, una quinta unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^5)\text{H}]$ -, en la que R^1 es $\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$, en la que R^2 es $\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$, en la que R^3 es $\text{C}(=\text{O})\text{NHO}^-$, en la que R^4 es $-\text{NHC}(=\text{O})\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{O})_3$, y en la que R^5 es $-\text{NH}_2$. En esta realización, se pueden sustituir otros átomos de hidrógeno de las unidades de repetición por un grupo colgante, por ejemplo un grupo metilo. En esta realización, la primera unidad de repetición y la segunda unidad de repetición juntas comprenden de aproximadamente 65 % a aproximadamente 70 % en número de las unidades de repetición, la tercera unidad de repetición comprende de aproximadamente 20 % a aproximadamente 30 % en número de las unidades de repetición y la cuarta y la quinta unidades de repetición comprenden juntas el resto de unidades de repetición.

En una realización, los polímeros que contienen silicio comprenden unidades de repetición, que comprenden una primera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^1)\text{H}]$ -, una segunda unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^2)\text{H}]$ -, una tercera unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^3)\text{H}]$ - y una cuarta unidad de repetición que tiene una estructura $[\text{CH}_2\text{C}(\text{R}^4)\text{H}]$ -, en la que R^1 es $\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$, en la que R^2 es $\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$, en la que R^3 es $\text{C}(=\text{O})\text{NHO}^-$ y en la que R^4 es $-\text{C}(=\text{O})\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{O})_3$. En esta realización, se pueden sustituir otros átomos de hidrógeno de las unidades de repetición por un grupo colgante, por ejemplo un grupo metilo. En esta realización, la primera unidad de repetición comprende de 0 % a 40 %, la segunda unidad de repetición comprende de 10 % a 85 %, en número de unidades de repetición, la tercera unidad de repetición comprende de 1 % a aproximadamente 25 % en número de las unidades de repetición y la cuarta unidad de repetición comprende de 1 % a aproximadamente 25 % en número de las unidades de repetición.

Las composiciones floculantes y los métodos para usarlas descritos en este documento pueden incluir cualquier floculante o combinaciones de floculantes adecuados. Por ejemplo, una realización proporciona una composición floculante que comprende un floculante de polímero que contiene silicio según se describe en este documento (por ejemplo un floculante de polímero que contiene silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus combinaciones) y un polímero floculante para lodos de proceso Bayer o Sinter. En una realización, el polímero floculante para lodos de proceso Bayer o Sinter puede ser un floculante polimérico aniónico. En una realización, la relación en peso de la cantidad de floculante de polímero que contiene silicio a la cantidad de floculante polimérico en la composición floculante está en el intervalo de aproximadamente 100:1 a aproximadamente 1:10, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:2, tal como aproximadamente 1:1.

Los floculantes poliméricos útiles en los procesos de digestión de mineral de bauxita, tal como los procesos Bayer o Sinter, incluyen polímeros aniónicos conocidos por los expertos en la técnica que son útiles como floculantes poliméricos para los lodos de los procesos Bayer y Sinter. Entre los ejemplos de los floculantes poliméricos aniónicos útiles se incluyen homopolímeros de ácido acrílico o acrilatos; copolímeros de monómeros de ácido acrílico o de acrilato; homopolímeros de monómeros de ácido metacrílico o de metacrilatos; copolímeros de ácido metacrílico o monómeros de metacrilato; poliácridamidas, sales de metales alcalinos, alcalinotérreos o amonio de dichos ácidos; polímeros que contienen ácido hidroxámico o grupos de sales; o una combinación de cualquiera de los precedentes. En una realización, el floculante polimérico aniónico es un polímero con grupos hidroxamato, por ejemplo una poliácridamida con grupos hidroxamato. La cantidad de unidades de repetición aniónicas en el polímero aniónico puede variar en un amplio intervalo. Por ejemplo, en una realización, el floculante polimérico aniónico comprende al menos aproximadamente 50 % de unidades de repetición aniónicas. Los pesos moleculares promedio en peso de los floculantes poliméricos aniónicos son, típicamente, de 1000 o más, por ejemplo, de aproximadamente 10.000 o más, de aproximadamente 100.000 o más, de aproximadamente 1.000.000 o más o de aproximadamente

5.000.000 o más. En algunas realizaciones, los pesos moleculares son de 30.000.000 o menos. Las personas expertas en la técnica se darán cuenta de que lo precedente proporciona descripciones de intervalos entre cada uno de los valores establecidos y, en consecuencia, entenderán, por ejemplo, que el floculante polimérico aniónico puede tener un peso molecular promedio en peso de aproximadamente 5.000.000 a aproximadamente 30.000.000.

5 Otros tipos de floculantes usados habitualmente en procesos de digestión de mineral de bauxita para producir alúmina tal como los procesos Bayer o Sinter, son floculantes no iónicos como almidón (por ejemplo, pregelatinizado, procedente del maíz o de la patata), polisacáridos, alginatos, dextrano o harina. Si bien se prefieren en especial los floculantes aniónicos para usarlos en los procesos Bayer o Sinter, también se pueden emplear de manera provechosa floculantes catiónicos, no iónicos o anfotéricos escogidos, en cantidades adecuadas, como
10 notará cualquier persona conocedora de la técnica.

Las composiciones floculantes, incluyendo las que contienen un floculante polimérico que contiene silicio tal y como se describen en este documento (por ejemplo, un floculante polimérico que contiene silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio) y/o un floculante polimérico para lodos de procesos Bayer o Sinter, pueden ser concentradas o diluidas (por ejemplo en agua) y pueden incluir ingredientes adicionales.
15 Las personas expertas en la técnica se darán cuenta de que los establecimientos donde se procesa el mineral de bauxita están situados, a menudo, lejos de los fabricantes de floculantes y, en consecuencia, es a menudo conveniente transportar la composición floculante al sitio del proceso en una forma convenientemente concentrada, a fin de minimizar los costes de expedición y transporte. La composición floculante concentrada se puede luego diluir de manera conveniente en un medio acuoso en el establecimiento de proceso para formar una composición
20 floculante diluida en el momento en que se va a usar o más o menos en ese momento. El medio acuoso con el cual se diluye la composición concentrada de floculante puede ser agua en forma relativamente pura, agua reciclada procedente de diversas fuentes, o una corriente de un proceso acuoso procedente de un proceso para digerir mineral de bauxita para producir alúmina.

A la vista de lo precedente, las personas expertas en la técnica se darán cuenta de que las composiciones floculantes, incluyendo las que contienen un floculante polimérico que contiene silicio tal y como se describe en este documento y/o un floculante polimérico para lodos de procesos Sinter o Bayer, se pueden formar durante el proceso de fabricación (por ejemplo, en una forma relativamente concentrada) y/o antes de su uso, por ejemplo, mezclando en el sitio de procesamiento del mineral con un medio acuoso, y que pueden contener componentes adicionales. Ejemplos de ingredientes adicionales son: agua, sales, estabilizantes y agentes de ajuste del pH, así como
30 ingredientes tales como silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio o lodos de procesos Bayer o Sinter. En una realización, al menos una parte de los silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio o dióxido de titanio están en suspensión en la composición floculante. La concentración de cualquier floculante polimérico particular en una composición floculante puede variar en un amplio intervalo, por ejemplo de 0,1 partes por millón a aproximadamente 100 % (esto es, una forma altamente concentrada que no contiene agua o contiene muy poca). Para composiciones floculantes relativamente diluidas, los ejemplos de concentraciones adecuadas del floculante polimérico (aniónico) en la composición floculante incluyen cantidades en el intervalo de aproximadamente 0,1 partes por millón a aproximadamente 1000 partes por millón y ejemplos de concentraciones adecuadas del floculante polimérico que contiene silicio en la composición floculante incluyen cantidades en el intervalo de aproximadamente una parte por millón a aproximadamente 500 partes por millón. Para
40 las composiciones floculantes que contienen múltiples componentes de polímeros floculantes, incluyendo los que contienen un floculante de polímero que contiene silicio tal y como se describe en este documento (esto es, un floculante de polímero que contiene silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio) y un floculante de polímero para lodos de procesos Bayer o Sinter, se notará que los componentes se pueden combinar más o menos al mismo tiempo en que se fabrican o se expiden, o bien se pueden combinar más o menos en el momento en el que se usen, esto es, en el sitio de proceso, cerca de la corriente de procesamiento del mineral de bauxita.
45

Los floculantes poliméricos y las composiciones floculantes descritas en el presente documento son útiles como floculantes. Por ejemplo, una realización proporciona un método de floculación, que comprende mezclar un floculante de polímero que contiene silicio y/o una composición floculante tal como la descrita en este documento
50 con una corriente de proceso tal como una corriente de procesos Bayer o Sinter en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en ella. En una realización, los sólidos en suspensión incluyen uno o más de los compuestos siguientes: silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio. Otra realización proporciona un método de floculación que comprende mezclar un floculante de polímero que contiene silicio con una corriente de proceso en una cantidad eficaz para flocular de esta forma al menos una parte
55 de las partículas de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y/o combinaciones de dichos productos en suspensión en la misma; y separar al menos una parte de los silicatos de calcio, aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y/o dióxido de titanio floculados así formados.

Una realización proporciona un método para reducir el nivel de sólidos en suspensión en una corriente de proceso en la cual se digiere mineral de bauxita para producir alúmina en el que se añade solo un polímero con el grupo colgante o con el grupo terminal que contiene Si(OR)_3 , posteriormente a, seguido de o en asociación con un floculante convencional con el fin de flocular de manera eficaz los sólidos en suspensión de tal modo que se puedan separar de la corriente de proceso. La cantidad en la que se reduce el contenido de sólidos en suspensión se puede
60

medir y comparar con controles, los cuales comprenden generalmente muestras de procesado de alúmina de las mejores de la técnica actual. Las cantidades de polímero o polímeros eficaces para flocular un tipo particular de sólidos en una corriente de proceso Bayer o Sinter concreto se puede determinar mediante experimentos habituales con la información y orientación que se proporciona en este documento. A menudo, la cantidad de floculante está en el intervalo de aproximadamente 0,01 libras (0,0045 kg) a aproximadamente 40 libras (18 kg) de floculante por tonelada de sólidos (residuo seco), por ejemplo, en diversos intervalos de aproximadamente 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 o 0,9 libras (es decir, 0,045, 0,09, 0,135, 0,18, 0,225, 0,27, 0,315, 0,36, 0,405 kilogramos) hasta aproximadamente 15, 20, 25, 30 o 35 libras (es decir, aproximadamente 6,75, 9, 11,25, 13,5, 15,75 kilogramos). Las personas expertas en la técnica notarán que lo precedente proporciona descripciones de intervalos entre cada uno de los valores indicados y, en consecuencia, entenderán, por ejemplo, que el floculante de polímero se puede usar en una cantidad en el intervalo de aproximadamente 1 libra (0,45 kilogramos) a aproximadamente 10 libras (4,5 kilogramos) de floculante por tonelada de sólidos (residuo seco).

En una realización, la corriente de proceso comprende partículas en suspensión de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, y/o titanato de calcio, por ejemplo de aproximadamente 0,5 gramos por litro hasta aproximadamente 200 gramos por litro de partículas en suspensión de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, y/o titanato de calcio. Como se ilustra en los ejemplos de más adelante, los floculantes de polímero y las composiciones floculantes descritas en este documento son especialmente útiles para flocular partículas en suspensión de silicato de calcio, aluminosilicato de calcio, y/o titanato de calcio en esas corrientes de proceso en las que se añadió más de 1 % en peso, e incluso más de 5 % en peso (calculado como CaO) de cal o de otra fuente de calcio, tal como por ejemplo CaCO_3 y Ca(OH)_2 .

En el contexto del funcionamiento de una planta comercial, los floculantes de polímero y/o las composiciones floculantes se pueden añadir a la alimentación del decantador, como los floculantes poliméricos descritos anteriormente. De forma alternativa, los polímeros se pueden añadir al sobrante de un decantador primario o a la corriente de salida de los digestores. Los polímeros se pueden usar también para la decantación de los sólidos en el circuito de lavado de fangos o en un decantador de eliminación de sílice. Los polímeros, solos o en combinación con otros productos químicos de proceso, se pueden añadir también de forma ventajosa en otros puntos de la planta comercial.

Ejemplos

Procedimiento de ensayo

Se prepara una disolución sintética añadiendo 342 g de aluminato de sodio, 60 g de hidróxido de sodio y 40 g de carbonato de sodio a agua para producir un total de 1000 ml y se calienta hasta 100 °C.

El aluminosilicato de calcio se prepara añadiendo 250 g de aluminato de sodio, 13 g de hidróxido de calcio y 0,8 g de silicato de sodio a agua suficiente para obtener un total de 1000 ml y calentando hasta 90 °C; luego se filtra, se lava y se seca para obtener el aluminosilicato de calcio seco. El silicato de calcio se prepara combinando 200 g de carbonato de calcio y 60 g de dióxido de silicio y calentando hasta 1200 °C. Los sólidos de barro rojo se obtuvieron a partir de lodos típicos en forma de pasta de los que se descargan como residuos desechables en una planta de procesado de mineral de bauxita. Este lodo se lava libre de la disolución de aluminato de sodio diluida, se seca y se muele.

Para los ensayos de decantación en sustratos sintéticos, se dispersaron en la anterior disolución sintética o bien silicato de calcio, aluminosilicato de calcio o titanato de calcio solos o bien mezclas de aluminosilicato de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sólidos de lodos rojos que representan corrientes de procesos Bayer o Sinter, para producir generalmente una pasta que contenía aproximadamente 40 g/l de sólidos en suspensión. El reactivo diluido se mezcla con la pasta contenida en un cilindro graduado, utilizando un pistón perforado, y se mide el tiempo necesario para decantar una distancia fija de tal forma que se puede calcular una tasa de sedimentación de los sólidos floculados. Asimismo, pasados treinta minutos, se extrae una muestra del líquido sobrenadante y se filtra; luego se lavan y se secan los sólidos recogidos en el filtro para dar una medida de la transparencia del líquido sobrenadante.

También se puede lograr la evaluación de los reactivos en una refinería de bauxita obteniendo una muestra bien mezclada de la pasta que se alimenta al decantador. El reactivo diluido se mezcla con la pasta contenida en un cilindro graduado, utilizando un pistón perforado y se mide el tiempo necesario para decantar una distancia fija de tal forma que se puede calcular una tasa de sedimentación de los sólidos floculados. Asimismo, pasados veinte minutos, se extrae una muestra del líquido sobrenadante y se filtra; luego se lavan y se secan los sólidos recogidos en el filtro para dar una medida de la transparencia del líquido sobrenadante. Como alternativa, se considera que la turbidez del líquido que sobrenada del decantador es una medida indirecta de los sólidos que salen (transparencia del líquido sobrenadante).

Ejemplo 1a – Reactivo A

El copolímero de estireno y anhídrido maleico se prepara como sigue. Se añaden 53,39 g de anhídrido maleico a 877 g de tolueno en un reactor con doble camisa. La mezcla se calienta ligeramente (por debajo de 35 °C) con

agitación, para disolver el anhídrido maleico. Luego se añaden 60,61 g de estireno. La disolución se purga con nitrógeno durante 45 minutos aumentando gradualmente la temperatura hasta 60 °C. La mezcla se mantiene bajo una capa de nitrógeno durante todo el proceso de polimerización. Se añaden 3 g de peróxido de laurilo para iniciar la polimerización. La mezcla se calienta hasta una temperatura entre 70 °C y 75 °C y se mantiene a esta temperatura durante 6 horas. Se deja que el producto se enfríe hasta temperatura ambiente antes de descargarlo. El producto se lava dos veces con tolueno y se seca bajo vacío para dar poli(estireno-co- anhídrido maleico).

Se suspenden 20 g de poli(estireno-co- anhídrido maleico) (74,7 % de sólidos de polímero) en 135,82 g de tolueno y se calientan hasta 50 °C. Se añade con agitación durante un período de 10 minutos a 50 °C una disolución de 0,39 g de dipropilamina (DPA) y 5,11 g de 3-aminopropiltriethoxisilano en 23,96 g de tolueno. La mezcla se somete a reflujo durante 30 minutos. Una vez que la temperatura ha disminuido por debajo de 50 °C, se añade la mezcla lentamente a 277,88 g de una disolución de hidróxido de sodio al 6 %, con agitación. La disolución se remueve suavemente durante 60 minutos antes de pasarla a un embudo de decantación. Se deja que se separe completamente la fase acuosa (cáustica) de la fase de tolueno y el producto de la fase acuosa se recoge para dar el Reactivo A.

Ejemplo 1b – reactivo B

Se prepara el monómero de silano N-(3-trietoxisilil)propilmetilacrilamida como sigue. Se añaden 6,1 g de 3-aminopropiltriethoxisilano y 0,62 g de ter-octilamina a 17,5 g de THF y se colocan en un baño de agua y hielo. Se añaden gota a gota, en condiciones de gran agitación 5,21 g de anhídrido metacrílico. Tras la adición, se retira la muestra del baño de agua y hielo y se mantiene a temperatura ambiente durante 3 horas removiendo continuamente. Se añaden 29,17 g de una disolución de hidróxido de sodio al 20 %, mientras se mantiene la temperatura por debajo de 10 °C durante la adición de la disolución de hidróxido sódico. Una vez completada la adición de la disolución cáustica, se deja la disolución con agitación a temperatura ambiente durante una hora. Se eliminan el THF y el etanol con un evaporador rotativo, antes de uso.

Se enfría la disolución hasta una temperatura por debajo de 2 °C en un baño de agua y hielo y se añaden 1,98 g de ácido acrílico. Se mezcla la disolución y se añaden 0,096 g de una disolución acuosa al 1 % de persulfato de amonio, seguida de 0,138 g de una disolución acuosa al 5 % de azobis(ácido 4-cianoalélico) (Wako V-501, disponible comercialmente en el proveedor Wako Chemicals USA, Inc, de Richmond, Virginia, Estados Unidos de América). Se sella la disolución con un septum y se rocía con nitrógeno durante 45 minutos a 2°C. Luego se añaden 0,096 g de disolución acuosa de formaldehidosulfoxilato de sodio al 1 % para iniciar la polimerización. Se deja que la temperatura de la reacción aumente hasta la temperatura pico, se coloca el reactor en un baño de aceite a 50 °C y se lleva a cabo la polimerización durante 10 horas para dar el Reactivo B. Se deja que el producto en forma de gel se enfríe hasta temperatura ambiente antes de sacarlo del recipiente y se disuelve en una disolución cáustica (al 2 % de hidróxido de sodio) para los ensayos de rendimiento.

Ejemplo 1c – Reactivo C

Se mezclan 5 g de polietilenimina (peso molecular 25.000, suministrada por Aldrich Chemicals) con 1,10 g de glicidiloxipropiltrimetoxisilano y 0,43 g de 2-etilhexil glicidil éter en un reactor. Los componentes se mezclan completamente y se calientan a 75 °C durante 16 horas. Tras enfriar hasta temperatura ambiente, se añaden al reactor 26,12 g de disolución de hidróxido de sodio al 2 % y se calientan hasta 75 °C con agitación, para preparar una disolución al 20 % del Reactivo C.

Ejemplo 1d – Reactivo D

El monómero de silano N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida se prepara como sigue. Se disuelven 197,4 g de 3-aminopropiltriethoxisilano y 88,9 g de trietilamina en 330 g de THF, se purga con nitrógeno y se enfría a 0 °C. Mezclando, se añaden gota a gota 83,9 g de cloruro de acrililo. Tras la adición, la mezcla se calienta a 40 °C durante 2 horas. La mezcla se enfría hasta temperatura ambiente y la sal se filtra. Se elimina el disolvente THF con un evaporador rotativo antes de su uso. Se añaden al reactor 28,65 g de disolución de hidróxido de potasio al 45 % y 1,60 g de agua desionizada. El reactor se coloca en un baño de agua y hielo y se añaden al mismo, lentamente, 13,65 g de ácido acrílico, con agitación. Se mantiene la temperatura por debajo de 35 °C durante la adición del ácido acrílico. A continuación se añaden 4,63 g del monómero de silano, N-(3-trietoxisilil)propilacrilamida. La disolución se mezcla bien hasta que se disuelve todo el monómero de silano. La disolución de monómero se coloca en un baño de agua y hielo y se rocía con nitrógeno durante 30 minutos y se enfría a 0 °C. Se purga nitrógeno durante todo el proceso de polimerización. Tras 30 minutos de purga con nitrógeno, se añaden 3,05 g de una disolución acuosa al 1 % de azobis(ácido 4-cianoalélico) (Wako V-501, disponible comercialmente en el proveedor Wako Chemicals USA, Inc, de Richmond, Virginia, Estados Unidos de América). Después de 15 minutos, se cargan 0,24 g de una disolución acuosa al 0,5 % de persulfato de amonio, seguidos de 0,24 g de una disolución acuosa de formaldehidosulfoxilato de sodio y la disolución se mezcla completamente. Tras 30 minutos, el reactor se coloca en un baño a 75 °C y se lleva a cabo la polimerización durante 5 horas a 75 °C para dar el Reactivo D. El producto se disuelve en una disolución cáustica (al 2 % de hidróxido de sodio) para los ensayos de rendimiento.

Ejemplo 1e – Reactivo E

El copolímero de estireno y anhídrido maleico se prepara como sigue. Se añaden 53,39 g de anhídrido maleico a

765 g de tolueno en un reactor con doble camisa. La mezcla se calienta ligeramente (por debajo de 35 °C) con agitación para disolver el anhídrido maleico. Luego se añaden 60,61 g de estireno. La disolución se purga con nitrógeno durante 45 minutos aumentando gradualmente la temperatura hasta 65 °C. La mezcla se mantiene bajo una capa de nitrógeno durante todo el proceso de polimerización. Se añaden 0,3 g de peróxido de laurilo para iniciar la polimerización. La mezcla se calienta hasta una temperatura entre 65 °C y 70 °C y se mantiene a esta temperatura durante 6 horas. Se deja que el producto se enfríe hasta temperatura ambiente antes de descargarlo. El producto se lava dos veces con tolueno y se seca bajo vacío para dar poli(estireno-co- anhídrido maleico).

Se suspenden 7 g de poli(estireno-co- anhídrido maleico) (89% de sólidos de polímero) en 90 g de tolueno y se calientan hasta 50 °C. Se añade bajo agitación durante un período de 2 minutos a 50 °C una disolución de 0,18 g de dipropilamina (DPA) y 1,78 g de 3-aminopropiltietoxisilano en 8,39 g de tolueno. La mezcla se somete a reflujo durante 30 minutos. Una vez que la temperatura ha disminuido por debajo de 30 °C, se añade con agitación una disolución que contiene 2,32 g de hidrocloreuro de glicinamida, 5 g de agua desionizada y 2,32 g de una disolución de hidróxido de sodio al 50 %. En un reactor separado se prepara una disolución de hidroxamación disolviendo 0,16 g de tiosulfato de sodio anhidro en 5,63 g de una disolución de sulfato de hidroxilamina al 30 %. La disolución de hidroxamación se diluye añadiendo 15 g de agua, seguida de 6,16 g de disolución de hidróxido de sodio al 50 % con fuerte agitación en un baño de agua y hielo. La mezcla de poli(estireno-co anhídrido maleico) se añade entonces lentamente a la disolución de hidroxamación con agitación. Después de 15 h de continua agitación a temperatura ambiente, se añaden 50,5 g de agua desionizada y se remueve durante 20 minutos antes de transferir todo a un embudo de decantación. Se deja que se separe completamente la fase acuosa (cáustica) de la fase de tolueno y el producto de la fase acuosa se recoge para dar el Reactivo E.

Se ensaya la eficacia de los Reactivos A a E sin floculante añadido en una pasta de aluminosilicato de calcio y se pone de manifiesto que se mejora la transparencia, como se demuestra por los datos de la tabla 1. Se observa que la transparencia mejora de manera significativa para los Reactivos A a E. También se ensaya la eficacia de los Reactivos A a E en la mejora de la floculación cuando se emplean combinados con floculantes disponibles comercialmente. Los floculantes comerciales ensayados son: SUPERFLOC® HX-200, un floculante de base hidroxamato, de base de poliacrilamida y SUPERFLOC® 1227, un floculante de poliacrilato de amonio, ambos obtenibles en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América. Los reactivos A a E, en combinación con el floculante SUPERFLOC® HX-200, producen flóculos o grumos significativamente mayores lo que da como resultado una mayor velocidad de sedimentación, comparada con el caso del floculante solo o del floculante combinado con SUPERFLOC® 1227. También mejora de manera significativa la transparencia cuando se emplean los reactivos A a E en combinación con SUPERFLOC® HX-200.

Tabla 1

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
1	Ninguno	0	No floc ^a	12,81
2	A	20	Turbio	7,56
3	A	40	Turbio	6,77
4	A/HX-200 ^b	20/10	8,6	1,41
5	A/HX-200 ^b	10/10	9,4	1,48
6	A/SF1227 ^c	20/4	Turbio	4,90
7	A/SF1227 ^c	10/4	Turbio	3,45
8	B	20	Turbio	2,99
9	B	40	Turbio	1,26
10	B/HX-200 ^b	20/10	7,7	1,35
11	B/HX-200 ^b	10/10	5,1	3,39
12	B/SF1227 ^c	20/4	Turbio	2,43
13	B/SF1227 ^c	10/4	Turbio	3,21
14	C	20	Turbio	0,92
15	C	40	Turbio	0,63

16	C/HX-200 ^b	20/10	9,4	0,71
17	C/HX-200 ^b	10/10	10,3	1,09
18	C/SF1227 ^c	20/4	Turbio	1,47
19	C/SF1227 ^c	10/4	Turbio	1,42
20	D	20	Turbio	5,22
21	D	40	Turbio	7,13
22	D/HX-200 ^b	20/10	4,2	1,29
23	D/HX-200 ^b	10/10	4,9	2,11
24	D/SF1227 ^c	20/4	Turbio	4,08
25	D/SF1227 ^c	10/4	Turbio	2,08
26	E	20	Turbio	10,55
27	E	40	Turbio	11,25
28	E/HX-200 ^b	20/10	2,7	2,55
^a Sin floculación				
^b Floculante SUPERFLOC [®] HX-200				
^c Floculante SUPERFLOC [®] 1227				

Ejemplo 2 – reactivo F

- Se suspenden 15,28 g de Scripset 520 (un copolímero de estireno y anhídrido maleico producido por Hercules Inc., Wilmington, Delaware, Estados Unidos de América) en 140,88 g de tolueno. La mezcla se purga con nitrógeno y se calienta con agitación hasta 50 ° C. Se añade una disolución de 5,11 g de aminopropiltrietoxisilano y 0,39 g de dipropilamina en 23,96 g de tolueno, con agitación, durante un período de 5 minutos a 50 °C. La mezcla se somete a reflujo durante 30 minutos. Una vez que la temperatura ha descendido por debajo de 40 °C, se añade la mezcla lentamente a 260,16 g de una disolución de hidróxido sódico al 4 %, con agitación. La disolución se agita suavemente durante 60 minutos, antes de transferirla a un embudo de decantación. Se deja que se separe completamente la fase acuosa (cáustica) de la fase de tolueno y el producto de la fase acuosa se recoge para dar el Reactivo F.

- La eficacia del Reactivo F se prueba en un lodo de planta de eliminación de sílice Sinter y los datos se presentan en la tabla 2. Se observa floculación con el reactivo F sin añadir floculante. También se prueba la eficacia del Reactivo F para mejorar la floculación cuando se emplea combinado con un floculante disponible comercialmente. El floculante comercial probado incluía SUPERFLOC[®] HX-600, un floculante de base hidroxamato, de base de poliacrilamida, obtenible en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América. La turbidez se mejora cuando se emplea el Reactivo F junto con HX-600.

Tabla 2

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Turbidez (UNT)
29	HX-600 ^a	8	13,7	96
30	F	20	3,0	278
31	F/ HX-600 ^a	2/8	10,8	39
^a Floculante SUPERFLOC [®] HX-600				

Ejemplo 3

5 Se someten los Reactivos A a E a ensayos adicionales con pasta de titanato de calcio, proporcionando los datos presentados en la tabla 3. La eficacia de los Reactivos A a E sin floculante añadido muestra mejora de la transparencia con dosis de 20 y 40 ppm. También se consigue mejorar la transparencia cuando se emplean los Reactivos A a E combinados con SUPERFLOC® HX-200 y SUPERFLOC® 1227 (ambos obtenibles en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América), como demuestran los datos de la tabla 3.

Tabla 3

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
32	Ninguno	0	No floc ^a	9,86
33	A	20	Turbio	0,84
34	A	40	Turbio	0,48
35	A/HX-200 ^b	20/10	21,6	0,52
36	A/HX-200 ^b	40/10	18	0,68
37	A/SF1227 ^c	20/4	18	0,48
38	A/SF1227 ^c	40/4	10,8	0,58
39	B	20	4,9	0,32
40	B	40	5,0	0,50
41	B/HX-200 ^b	20/10	15,4	0,28
42	B/HX-200 ^b	10/10	15,4	0,22
43	B/SF1227 ^c	20/4	12,7	0,26
44	B/SF1227 ^c	10/4	14,4	0,28
45	C	20	Turbio	3,24
46	C	40	Turbio	1,87
47	C/HX-200 ^b	20/10	19,6	0,36
48	C/HX-200 ^b	40/10	21,6	0,30
49	C/SF1227 ^c	20/4	18,0	0,35
50	C/SF1227 ^c	40/4	18,0	0,24
51	D	20	3,1	0,45
52	D	40	4,0	0,73
53	D/HX-200 ^b	20/10	10,8	0,59
54	D/HX-200 ^b	10/10	16,6	0,33
55	D/SF1227 ^c	20/4	12,0	0,63
56	D/SF1227 ^c	10/4	13,5	6,07
57	E	20	Turbio	2,90
58	E	40	Turbio	1,59
59	E/HX-200 ^b	20/10	2,4	0,63
^a Sin floculación				
^b Floculante SUPERFLOC® HX-200				
^c Floculante SUPERFLOC® 1227				

Ejemplo 4

- 5 Se someten los Reactivos A a E a ensayos adicionales con pasta de silicato de calcio, proporcionando los datos presentados en la tabla 4. Los Reactivos A a E mejoran la floculación de la pasta de silicato de calcio sin floculante añadido dando como resultado una mejora de la transparencia con dosis de 20 y 40 ppm. Cuando se emplean combinados con SUPERFLOC® HX-200 y SUPERFLOC® 1227 (ambos obtenibles en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América), los Reactivos A a E mejoran la velocidad de sedimentación y la transparencia, como demuestran los datos de la tabla 4.

Tabla 4

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
60	Ninguno	0	No floc ^a	4,48
61	A	20	Turbio	0,34
62	A	40	Turbio	0,30
63	A/HX-200 ^b	20/10	14,4	0,30
64	A/HX-200 ^b	10/10	12,0	0,32
65	A/SF1227 ^c	20/4	10,8	0,42
66	A/SF1227 ^c	7,5/4	18,0	0,40
67	B	20	4,5	0,37
68	B	40	5,1	0,30
69	B/HX-200 ^b	20/10	11,4	0,21
70	B/HX-200 ^b	10/10	13,5	0,30
71	B/SF1227 ^c	20/4	12,7	0,34
72	B/SF1227 ^c	10/4	14,4	0,31
73	C	20	Turbio	0,22
74	C	40	Turbio	0,22
75	C/HX-200 ^b	20/10	16,6	0,17
76	C/HX-200 ^b	10/10	13,5	0,20
77	C/SF1227 ^c	10/4	14,4	0,31
78	C/SF1227 ^c	5/4	18,0	0,32
79	D	20	4,3	0,46
80	D	40	Turbio	0,43
81	D/HX-200 ^b	20/10	10,8	0,29
82	D/HX-200 ^b	10/10	10,8	0,27
83	D/SF1227 ^c	20/4	Muy rápido	0,48
84	D/SF1227 ^c	10/4	13,5	0,45
85	E	40	Turbio	3,91
86	E/HX-200 ^b	20/10	7,2	0,50
^a Sin floculación				
^b Floculante SUPERFLOC® HX-200				
^c Floculante SUPERFLOC® 1227				

Ejemplo 5

- 5 Se someten los Reactivos A a E a ensayos adicionales con una pasta que representa una corriente de procesamiento procedente de la digestión de bauxita diaspórica. El sustrato es una mezcla de aluminosilicato de calcio, titanato de calcio y sólidos de lodos obtenidos de una planta en funcionamiento. Los datos se presentan en la tabla 5. Se observa una mejora significativa en la transparencia con la combinación de los Reactivos A a E y de floculante comercial. También demuestran los datos que los Reactivos A a E son muy eficaces para flocular las partículas de aluminosilicato de calcio y titanato de calcio incluso sin que se añada floculante comercial.

Tabla 5

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
87	Ninguno	0	No floc ^a	8,82
88	A	20	Turbio	1,08
89	A	40	Turbio	0,97
90	A/HX-200 ^b	20/15	10,8	0,91
91	A/HX-200 ^b	10/15	12	0,78
92	A/SF1227 ^c	20/5	Turbio	0,96
93	A/SF1227 ^c	10/5	6,2	0,87
94	B	20	5,1	0,75
95	B	40	6,0	0,94
96	B/HX-200 ^b	20/15	12,0	0,70
97	B/HX-200 ^b	10/15	10,8	0,60
98	B/SF1227 ^c	20/5	12,0	1,05
99	B/SF1227 ^c	10/5	9,0	0,96
100	C	20	Turbio	1,14
101	C	40	Turbio	0,84
102	C/HX-200 ^b	20/15	12,0	0,54
103	C/HX-200 ^b	10/15	14,4	0,66
104	C/SF1227 ^c	20/5	14,4	0,68
105	C/SF1227 ^c	10/5	9,4	0,74
106	D	20	Turbio	1,70
107	D	40	Turbio	0,97
108	D/HX-200 ^b	20/15	10,8	0,97
109	D/HX-200 ^b	10/15	10,8	3,16
110	D/SF1227 ^c	20/5	Turbio	1,02
111	D/SF1227 ^c	10/5	Turbio	0,96
112	E	20	Turbio	2,94
113	E	40	Turbio	3,05
114	E/HX-200 ^b	10/15	5,4	1,32

^a Sin floculación^b Floculante SUPERFLOC[®] HX-200^c Floculante SUPERFLOC[®] 1227

Ejemplo 6

Se someten los Reactivos A y F a ensayos adicionales utilizando la corriente de decantador procedente de una refinería de bauxita que procesa bauxita diaspórica. Los datos se presentan en la tabla 6. Se prueba la eficacia de los Reactivos A y F para mejorar la floculación cuando se emplean combinados con un floculante disponible comercialmente. Los floculantes convencionales probados son SUPERFLOC[®] HX-200, un floculante de base hidroxamato de base de poliacrilamida obtenible en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América, y un floculante de base poliacrilato convencional de alto peso molecular. Se consigue mejorar la transparencia cuando se emplean los reactivos A y F combinados con los floculantes disponibles comercialmente, como demuestran los datos de la tabla 6.

Tabla 6

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
115	HX-2000 ^a	12	2,6	1,20
116	HX-2000 ^a	20	2,6	0,87
117	A/HX-2000 ^a	2/12	1,8	0,67
118	F/HX-2000 ^a	2/12	2,0	0,85
119	A/HX-2000 ^a	5/12	1,6	0,54
120	F/HX-2000 ^a	5/12	1,6	0,57
121	A/HX-2000 ^a	10/12	1,3	0,40
122	F/HX-2000 ^a	10/12	1,3	0,49
123	PAA ^b	8	1,6	1,26
124	PAA ^b	16	2,2	0,97
125	A/PAA ^b	10/8	0,8	0,60
126	F/PAA ^b	10/8	1,0	0,57
127	A/PAA ^b	5/8	0,9	0,57
128	F/PAA ^b	5/8	1,2	0,44
129	A/PAA ^b	2/8	1,5	0,93
130	F/PAA ^b	2/8	1,6	0,71
131	A/PAA ^b	1/12	1,9	0,60
132	F/PAA ^b	1/12	2,5	0,72
^a Floculante SUPERFLOC [®] HX-200				
^b Floculante convencional de base poliacrilato				

Ejemplo 7

Se prueba la eficacia del Reactivo A para mejorar la floculación de pastas que contienen mezclas de dióxido de titanio y lodos rojos y de aluminosilicato de calcio y lodos rojos, cuando se emplea combinado con un floculante comercialmente disponible. El floculante comercial probado es SUPERFLOC[®] HX-400, un floculante de base hidroxamato de base de poliacrilamida obtenible en Cytec Industries Inc., de West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América. Como demuestran los datos presentados en la tabla 7, el Reactivo A mejora la transparencia combinado con el floculante, cuando se compara con el floculante comercial solo para la mezcla 10/90 de anatasa y lodos rojos y para ambas mezclas, 10/90 y 20/80, de aluminosilicato de calcio y lodos rojos.

Tabla 7

	Sólidos en suspensión	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
133	10 % / 90 % Dióxido de titanio /Lodo rojo	HX-400 ^a	15	30,9	0,52
134	10 % / 90 % Dióxido de titanio /Lodo rojo	A/HX-400 ^a	5/15	36,0	0,28
135	10 % / 90 % Aluminosilicato de calcio /Lodo rojo	HX-400 ^a	15	27,0	0,48
136	10 % / 90 % Aluminosilicato de calcio /Lodo rojo	A/HX-400 ^a	5/15	21,6	0,47
137	20 % / 80 % Aluminosilicato de calcio /Lodo rojo	HX-400 ^a	15	21,6	0,36
138	20 % / 80 % Aluminosilicato de calcio /Lodo rojo	A/HX-400 ^a	5/15	19,6	0,33
^a Floculante SUPERFLOC [®] HX-400					

Ejemplo 8

- 5 El reactivo A se somete a ensayos adicionales que emplean la alimentación del decantador procedente de una refinera que procesa bauxita mediante el proceso Bayer-Sweetening, en el cual se digiere bauxita diaspórica a aproximadamente 250 °C, seguido de inyección de una bauxita gibbsítica mientras se hace que la pasta vuelva a presión atmosférica ("flashing"). Los datos se presentan en la tabla 8. Se ensaya la eficacia del Reactivo A para mejorar la floculación cuando se emplea combinado con un floculante comercialmente disponible. El floculante comercial ensayado es un floculante de base poliacrilato convencional de alto peso molecular. Se consigue mejorar la transparencia y la velocidad de sedimentación cuando el Reactivo A se emplea combinado con floculantes disponibles comercialmente, como demuestran los datos de la tabla 8.

Tabla 8

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
139	PAA ^a	6	3,8	6,0
140	PAA ^a	8	7,6	5,0
141	PAA ^a	16	11,9	1,8
142	A/PAA ^a	2/8	14,7	2,0
143	A/PAA ^a	5/8	12,7	2,0
144	A/PAA ^a	10/8	12,7	1,4
145	A/PAA ^a	2/6	8,3	2,9
146	A/PAA ^a	5/6	6,6	3,6
147	A/PAA ^a	10/6	3,5	2,8
^a Floculante convencional de base poliacrilato				

Ejemplo 9

El reactivo A se somete a ensayos adicionales que emplean la alimentación del decantador procedente de una refinera que procesa bauxita boehmitica. Los datos se presentan en la tabla 9. Se prueba la eficacia del Reactivo A para mejorar la floculación cuando se emplea combinado con un floculante comercialmente disponible. El floculante comercial ensayado incluye un floculante convencional de almidón y un floculante de base poliacrilato convencional de alto peso molecular. Se consigue mejorar la transparencia cuando el Reactivo A se emplea combinado con floculantes disponibles comercialmente, como demuestran los datos de la tabla 9. También se consiguió un aumento de la velocidad de sedimentación cuando el Reactivo A se usa en combinación con un floculante de base de poliacrilato.

Tabla 8

	Reactivo	Dosis (ppm)	Velocidad de sedimentación (m/h)	Transparencia (g/l)
148	Almidón ^a	52	Turbio	0,20
149	A/Almidón ^a	8/52	Turbio	0,07
150	PAA ^b	11	23,2	0,13
151	A/PAA ^b	8/11	41,8	0,08
^a Floculante convencional de almidón				
^b Floculante convencional de base poliacrilato				

Debe entenderse que todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y así sucesivamente usados en la presente especificación y en las reivindicaciones pueden ser modificados en todas las ocasiones mediante el término "aproximadamente". De acuerdo con ello, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la especificación y en las reivindicaciones anexas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades convenientes que se busca obtener con la presente invención. Como poco, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debería ser interpretado a la luz del número de dígitos significativos y aproximaciones de redondeo corrientes.

La descripción precedente presenta varios métodos y materiales de la presente invención. Esta invención es susceptible de modificaciones en los métodos y materiales, así como de alteraciones en los métodos y equipos de fabricación. Tales modificaciones resultarán evidentes para las personas expertas en la técnica a partir del estudio de esta descripción o de la práctica de la invención descrita en este documento. En consecuencia, no se pretende que esta invención quede limitada a las realizaciones específicas descritas en este documento, sino que cubre todas las modificaciones y alternativas que entran dentro del alcance de la invención tal y como está encarnada en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de floculación que comprende mezclar un floculante de un polímero que contiene silicio con una corriente de proceso en un proceso de digestión de mineral de bauxita en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en la misma, en el que los sólidos en suspensión comprenden al menos uno escogido en el grupo que consiste en: aluminosilicato de calcio, silicato de calcio, titanato de calcio y dióxido de titanio, y sus mezclas.
2. El método de floculación de la reivindicación 1, que comprende mezclar otro polímero floculante para flocular los lodos de un proceso de digestión de mineral de bauxita, en el que la relación en peso entre la cantidad de dicho floculante de polímero que contiene silicio y la cantidad de dicho floculante polimérico adicional en dicha composición floculante está en el intervalo de 100:1 a 1:10.
3. El método de floculación de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el floculante de polímero que contiene silicio comprende numerosos grupos $-\text{Si}(\text{OR})_3$, donde cada R, de manera independiente, se escoge en el grupo que consiste en: hidrógeno; un grupo alquilo que tiene de C_1 a 20 átomos de carbono; un grupo alqueno que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo alquino que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo arilo que tiene de C_6 a 12 átomos de carbono; un grupo arilalquilo que tiene de C_7 a 20 átomos de carbono; un ion metálico del grupo I; un ion metálico del grupo II o un grupo NR'_4^+ , donde cada R', de forma independiente, se escoge en el grupo que consiste en: hidrógeno; un grupo alquilo que tiene de C_1 a 20 átomos de carbono; un grupo alqueno que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo alquino que tiene de C_2 a 20 átomos de carbono; un grupo arilo que tiene de C_6 a 12 átomos de carbono y un grupo arilalquilo que tiene de C_7 a 20 átomos de carbono; y donde R y R' son, cada uno de ellos, de forma independiente, grupos no sustituidos, hidroxisustituidos, o beta-hidroxisustituidos.
4. El método de floculación de la reivindicación 3, en el que R se escoge en el grupo que consiste en Na^+ , K^+ y NH_4^+ .
5. El método de floculación de la reivindicación 1, en el que el floculante de polímero que contiene silicio se escoge en el grupo que consiste en: una polietilenimina que contiene silicio; un copolímero de trietoxisilano de vinilo; un copolímero de ácido acrílico y/o metacrílico y de trietoxisilpropilacrilamida; un copolímero de ácido acrílico y/o metacrílico y trietoxisilpropilmetacrilamida; un copolímero de ácido acrílico y/o metacrílico y trietoxivinilsilano; un polisacárido que contiene silicio; un copolímero de estireno y anhídrido maleico que contiene silicio; un copolímero de anhídrido maleico y de éter alquivinílico que contiene silicio y mezclas de ellos.
6. El método de floculación de la reivindicación 1, en el que el floculante de polímero que contiene silicio tiene grupos hidroxamato.
7. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que el floculante polimérico es un floculante polimérico aniónico.
8. El método de floculación de la reivindicación 7, en el que el floculante polimérico aniónico es un polímero con grupos hidroxamato.
9. El método de floculación de la reivindicación 8, en el que el floculante polimérico aniónico es una poliacrilamida con grupos hidroxamato.
10. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que el floculante polimérico aniónico se escoge en el grupo que consiste en un poliácrito, un poli(-co-acrilato de acrilamida) y sus mezclas.
11. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además un componente escogido en el grupo que consiste en un producto de sólidos en suspensión en un proceso de digestión de mineral de bauxita, lodos y sus combinaciones.
12. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende: mezclar un floculante de polímero que contiene silicio con una corriente de proceso procedente de un proceso de digestión de mineral de bauxita en una cantidad eficaz para flocular de este modo al menos una parte de los sólidos en suspensión en ella; y separar al menos una parte de los sólidos en suspensión floculados formados de este modo.
13. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que al menos una parte del floculante de polímero que contiene silicio que se mezcla con la corriente de proceso de un proceso de digestión de mineral de bauxita se lleva a cabo al menos bien en un lavador, bien en un decantador.
14. El método de floculación de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende añadir el floculante de polímero que contiene silicio a la corriente de proceso en una cantidad comprendida en el intervalo de 0,1 partes por millón a 500 partes por millón.
15. Un método de floculación que comprende mezclar una composición floculante que comprende un floculante polimérico que comprende silicio para silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio y/o dióxido de titanio y un floculante polimérico para lodos de procesos Bayer o Sinter con una corriente de proceso Bayer o Sinter

en una cantidad eficaz para flocular al menos una parte de los sólidos en suspensión en ella, en la que los sólidos en suspensión comprenden al menos un elemento seleccionado en el grupo que consiste en silicatos de calcio, aluminosilicatos de calcio, titanato de calcio, dióxido de titanio y sus mezclas.