

TRATAMIENTO DE RELAVES

REFERENCIA CRUZADA A LAS SOLICITUDES RELACIONADAS

5 **[001]** Esta solicitud reclama el beneficio de la solicitud provisional de Estados Unidos No. 62/699,335, presentada el 17 de julio de 2018, descripción completa de la cual se incorpora en la presente a manera de referencia en la presente.

CAMPO DE LA INVENCION

10 **[002]** La presente descripción se refiere a deshidratación y consolidación de composiciones acuosas que incluyen sólidos tal como relaves. Estos relaves resultan del procesamiento de mineral tal como metal, fosfato y minerales basados en carbón.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 **[003]** Varios procesos de minería y extracción producen una corriente de relaves caracterizada como una suspensión espesa de material particulado en agua. Estos relaves contienen frecuentemente componentes que son peligrosos y no se pueden
20 descargar directamente en ríos y arroyos. Una práctica común es almacenar los relaves en estanques que pueden ser muy grandes o abarcar numerosos sitios. Por ejemplo, recientemente se ha estimado que los estanques de relaves de arenas petrolíferas canadienses cubre un área de

aproximadamente 200 kilómetros cuadrados. En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental ha identificado más de 500 estanques de suspensión espesa de ceniza y carbón, principalmente en la región minera de carbón de los Apalaches. En Florida, la extracción de fosfatos da como resultado la producción de aproximadamente 100,000 toneladas diarias de arcillas fosfatadas en formas de suspensión espesa que también se almacenan en estanques. Es muy difícil deshidratar y la industria del fosfato deja alrededor del 40% de la tierra explotada en áreas inestables de asentamiento de arcilla. Los procesos para extracción y explotación de minerales de aluminio, cobre, zinc, plomo, oro, plata, etc., también puede crear corrientes de relaves. También es de interés particular en el procesamiento de minerales reciclar agua, pero este reciclaje es impedido por la materia particulada suspendida en el agua residual.

[004] El manejo y sostenibilidad de los estanques de relaves plantean problemas importantes y crecientes. Las presas o embalses utilizados para formar los estanques se construyen frecuentemente con materia local y representan un peligro potencial significativo. La falla de una presa de suspensión espesa de carbón en Virginia Occidental dio por resultado la inundación de Buffalo Creek, que mató a más de 125 personas. Varias otras fallas de presas en estanques de

contención de relaves ha resultado en daños ambientales significativos, sino catastróficos. Por ejemplo, en el 2016 la falla de una presa de relaves en la provincia de Henan, China, liberó alrededor de 2 millones de metros cúbicos de barro rojo, sumergiendo por completo una aldea cercana. En el 2015, un montón de desechos de la minería de Jade falló en Myanmar, matando al menos 113 personas.

[005] En la industria de arenas petrolíferas, los finos se definen como partículas que tienen un diámetro igual o inferior a 44 μm . Forman parte de una corriente de desechos que se depositan mucho más lentamente que la arena gruesa, dejando una capa de agua con algunos finos arrastrados cerca de la superficie de los estanques. Esta agua se reutiliza en el proceso de extracción de bitumen. Inicialmente, la mayoría de los finos (principalmente partículas de sílice y arcilla) forman una capa intermedia de los así llamados relaves finos fluidos (FFT). Este fluido tiene un bajo contenido de sólidos, entre 15% y 30% y también es referido como relaves finos delgados (TFT). A través del tiempo, se presentan asentamiento adicional, pero la carga de superficie negativa de las partículas minerales limita la agregación y se forma una capa distinta de los así llamados relaves finos maduros (MFT). El contenido de sólidos del MFT es en promedio aproximadamente 30%, pero varía con la profundidad. Tiene

propiedades similares al gel que los hacen difícil de manejar y de deshidratar. Se ha estimado que solo bajo la acción de la gravedad, este componente de relaves podría tardar de décadas a siglos a consolidarse y asentarse y así permitir la recuperación de tierras. Los relaves de extracción de fosfatos en Florida forman una estructura similar a un gel. Debajo de una costra superficial, estos relaves tienen aproximadamente un 25% de contenido de sólidos con una consistencia fluida.

10 **[006]** Los así llamados estanques de embalse se utilizan para almacenar dos tipos de residuos de la manipulación y combustión del carbón. La ceniza de carbón que es un residuo de la combustión es uno de esos materiales e incluye varios componentes (cenizas volantes, cenizas de fondo, etc.). La
15 EPA calculó que generaron 100 millones de toneladas de cenizas de carbón en los Estados Unidos en el 2012. Existe métodos secos de eliminación y la ceniza de carbón también se puede reciclar en material de construcción, pero por razones económicas, la eliminación húmeda de ceniza en estanques de
20 ceniza ha sido una práctica común. La EPA calculó que hay más de 500 unidades, presumiblemente estanques de ceniza, en más de 200 plantas de energía. Existe una recientemente preocupación ambiental con respecto a los lixiviados de estos estanques.

[007] El segundo tipo de estanques de embalse para residuos de procesamiento de carbón almacena material que es un producto de plantas de preparación de carbón, donde el suelo y la roca se eliminan del carbón de la mina para disminuir el contenido de ceniza y aumentar su valor. Esto se logra mediante el lavado. Sin embargo, este proceso de limpieza del carbón produce una corriente de rechazo en forma de barro o suspensión espesa. Esta suspensión espesa contiene partículas de carbón muy finas junto con otro material (tal como arcillas) y, al igual que con las corrientes de relaves mencionadas anteriormente, es muy difícil de deshidratar económicamente utilizando métodos estándar. En la actualidad hay alrededor de 600 de los llamados embalses de suspensión espesa en los Estados Unidos. Donde se almacene este material de desecho, principalmente en la región mineral de carbón de los Apalaches. Los embalses pueden tener un tamaño de hasta 50 acres y contienen miles de millones de galones de barro tóxico. Este material representa tanto un consumo económico con términos de la pérdida de un recurso valioso (en forma de finos de carbón) como un riesgo ambiental importante. El Washington Post (24 de Abril de 2013) informó que un estudio de la Oficina de Recuperación de Aplicación de la Minería de Superficie encontró que muchos muros de envases de barro son débiles y se sabe que tiene fugas. Históricamente, se han

producido varias fallas catastróficas de tanques de cenizas y barro, lo que ha provocado una pérdida significativamente de vida y devastación ambiental. Con la industria del carbón en declive y las empresas mineras que se declaran en quiebra, los estanques de envase, tanto los que permanecen en uso como los que han sido abandonados, son un problema importante y creciente.

[008] La producción de alúmina de bauxita también da por resultado la generación de una gran corriente de relaves. Cada año se generan aproximadamente 77 millones de toneladas de un producto de desecho altamente alcalino compuesto principalmente de óxido de hierro y conocido como lodo rojo o barro rojo. Esto plantea un problema de disposición importante y una falla en la presa de relaves provocó consecuencias catastróficas, como se describió anteriormente.

[009] Existe la necesidad continua de gestionar y tratar composiciones acuosas que incluyen sólidos suspendidos, por ejemplo, relaves, para reducir el volumen de estos relaves y/o deshidratar y consolidar sólidos en estos relaves y en una manera preferible para la recuperación de tierras, remediación y/o recuperación de agua para su uso en operaciones mineras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0010] Las ventajas de la presente descripción incluyen

procesos para deshidratar composiciones acuosas que incluyen sólidos suspendidos, por ejemplo, relaves, para producir materiales con alto contenido de sólidos.

[0011] Estas y otras ventajas se cumplen, al menos en parte, por un proceso para consolidar sólidos en los relaves. El proceso comprende tratar los relaves con una sal altamente soluble en agua. Ventajosamente, el proceso puede incluir tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua o solución de la misma y puede incluir opcionalmente cualquiera o ambos de (i) al menos un floculante de polímero o solución del mismo y/o (ii) opcionalmente partículas gruesas, por ejemplo, arena, para formar relaves tratados. Los relaves tratados pueden incluir un material consolidado en el agua de proceso, que luego se puede separar ventajosamente del material consolidado.

[0012] Las implementaciones de proceso de la presente descripción incluyen, por ejemplo, (i) tratar relaves con al menos una sal altamente soluble en agua para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso, (ii) tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua y al menos un floculante de polímero para formar relaves tratados que incluye un material consolidado en el agua de proceso, (iii) tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua y partículas

gruesas para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso y (iv) tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua, al menos un floculante de polímero y partículas gruesas para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso. Cada una de estas implementaciones puede incluir soluciones acuosas de la sal y/o floculante de polímero para tratar relaves. Cada una de estas implementaciones puede incluir separar el agua de proceso del material consolidado. Ventajosamente, los materiales consolidados pueden tener unas densidades mayores que el agua de proceso.

[0013] Las modalidades de los proceso incluyen una o más de las siguientes características individualmente o combinadas. Por ejemplo, los relaves que se someten al tratamiento pueden resultar del procesamiento de un mineral basado en metal, mineral basado en fosfato, o mineral basado en carbón. En algunas modalidades, la al menos una sal altamente soluble en agua puede tener una solubilidad en agua (una solubilidad de sal/agua) de al menos aproximadamente 5 g/100 g a 20°C, por ejemplo, al menos aproximadamente 10 g/100 g a 20°C. En otras modalidades, la al menos una sal altamente soluble en agua es una sal no hidrolizante. En aún modalidades adicionales, la al menos una sal altamente soluble en agua puede tener un

cación monovalente y puede incluir una sal basada en amonio, una sal basada en fosfato, o una sal basada en sulfato o combinaciones de las mismas.

[0014] En ciertas modalidades, los relaves tratados pueden
5 tener una concentración de sal-relave de al menos 0.5% en peso de la al menos una sal altamente soluble en agua y de manera preferente no menos de aproximadamente 0.70% en peso, tal como al menos aproximadamente 1% en peso, 1.25% en peso, 1.5% en peso, 1.75% en peso, 2% en peso y aún al menos
10 aproximadamente 2.5% en peso, 3% en peso, 4% en peso, 5% en peso, etc. de la al menos una sal altamente soluble en agua. En algunas modalidades, el al menos un floculante de polímero es una poliacrilamida o co-polímero del mismo. Los relaves tratados pueden tener una concentración de polímero-relaves
15 de la a menos un floculante de polímero de no menos de cero y hasta aproximadamente 0.001% en peso, por ejemplo, hasta aproximadamente 0.003% en peso, 0.005% en peso, 0.01% en peso o 0.04% en peso. En otras modalidades, los relaves se tratan con partículas gruesas, por ejemplo, arena, en una relación
20 de arena a afinos de menor que 4:1, por ejemplo, que incluye aproximadamente 2.5:1.0 a aproximadamente 0.5:1 o que incluye aproximadamente 2.25:1 a aproximadamente 0.75:1. Ventajosamente, cuando se agrega, el floculante de polímero puede formar floculos de alta densidad, por ejemplo que tiene

una densidad mayor que el agua de proceso, que facilita la separación y deshidratación de los materiales consolidados.

[0015] En varias modalidades, en el tratamiento de relaves pueden incluir combinar los relaves con una solución que
5 incluye al menos una sal altamente soluble en agua y el al menos un floculante de polímero. En algunas modalidades, el tratamiento de relaves puede incluir combinar una corriente de relaves, por ejemplo, relaves de procesamiento de mineral de metal tal como mineral de cobre, con una corriente de una
10 solución que incluye la al menos una sal altamente soluble en agua y se parar la corriente de una solución que incluye el al menos un floculante de polímero. De manera alternativa, o en combinación, el tratamiento de relave puede incluir combinar una corriente de relaves con una corriente de una
15 solución que incluye tanto la al menos una sal altamente soluble en agua y el al menos un floculante de polímero. Las partículas gruesas (por ejemplo, arena) también se pueden agregar a los relaves o corriente de los mismos y/o a cualquiera de o todas las corrientes de solución.
20 Ventajosamente, las corrientes se pueden mezclar en línea y/o con la ayuda de una mezcladora en línea. En ciertas modalidades, el tratamiento de relave se puede llevar a cabo a temperatura ambiente, por ejemplo, no más de aproximadamente 2°C a o aproximadamente 5°C arriba de la

temperatura ambiente. En otras modalidades, el tratamiento de relave se puede llevar a cabo a temperatura de no más de aproximadamente 50°C, por ejemplo, no más de aproximadamente 40°C o 30°C. En todavía aún modalidades adicionales, el tratamiento de relaves incluye utilizar una solución de una o más sales altamente solubles originadas de una fuente natural o existente tal como agua de mar o un cuerpo de agua hipersalina u originada de una corriente residual de salmuera.

10 **[0016]** En modalidades aún adicionales, el agua de proceso se puede separar del material consolidado por cualquiera de uno o más de decantación, filtración, vacío, drenaje por gravedad, electrofiltración, etc., o combinaciones de los mismos. En varias modalidades, la separación del agua de proceso del material consolidado puede incluir deshidratar mecánicamente el material consolidado, por ejemplo, deshidratar mecánicamente el material consolidado por un tornillo de deshidratación, filtro industrial, etc. Una vez separado, el material consolidado se puede transferir a deshidratación adicional o eliminación.

[0017] En una práctica de los aspectos de los proceso de la presente descripción y las diversas modalidades de la misma, el agua de proceso separada puede incluir la al menos una sal altamente soluble en agua y el proceso puede comprender

además uno o más de: (i) recuperar al menos una porción del agua de proceso separada; (ii) reciclar al menos una porción del agua de proceso separada recuperada para tratar relaves adicionales; (iii) purificar al menos una porción de agua de proceso recuperada; o (iv) concentrar la al menos una sal altamente soluble en agua en el agua de proceso recuperada para formar una salmuera y utilizar la salmuera para tratar relaves adicionales.

[0018] Todavía otro aspecto de la presente invención, incluye recuperar materiales valiosos de la composición acuosa de finos, por ejemplo, relaves. Los materiales valiosos pueden incluir elementos de tierras raras (REE) asociados con sólidos tal como arcillas en los relaves de varios tipos de finos acuosos tal como corriente de relaves. Por lo tanto, en la práctica de ciertos aspectos de los procesos de la presente descripción y las diversas modalidades de la misma, las composiciones acuosas pueden incluir además materiales de elementos de tierras raras que se pueden recuperar al tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua, por ejemplo, una sal basada en amonio tal como sulfato de amonio, para formar relaves tratados que incluye REE en el agua de proceso y/o en los materiales consolidados. En algunas modalidades, el proceso incluye además separar el agua de proceso del material

consolidado y recuperar el REE del agua de proceso separada y/o los materiales consolidados.

[0019] Ventajosamente, los proceso de la presente descripción pueden consolidar los sólidos de los relaves para
5 producir un material consolidado que tiene un contenido de sólidos en exceso de aproximadamente 45% en peso, por ejemplo, un contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% y mayor que aproximadamente 60%, 65%, 70% y 75% en peso.

[0020] En la práctica de ciertos aspectos de los procesos de
10 la presente descripción y las diversas modalidades de la misma, el material consolidado formado en los relaves tratados de acuerdo con ciertas modalidades puede dar por resultado un alto contenido de sólidos después del mezclado y/o deshidratación de los relaves tratados en un período de
15 tiempo corto. En algunas modalidades, el material consolidado puede tener un contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% y al menos aproximadamente 60%, 65%, 70%, 75% y 80% en peso después del mezclado y/o deshidratación.

[0021] Otro aspecto de la presente descripción incluye una
20 solución acuosa para tratar finos acuosos. La solución acuosa incluye una sal basada en amonio altamente soluble en agua y un floculante de polímero, por ejemplo, un polímero soluble en agua. Las modalidades incluyen, juntas o individualmente, una solución acuosa de una o más de la o las sales altamente

solubles en agua y que tienen una concentración de no menos de aproximadamente 1% en peso, por ejemplo, al menos aproximadamente 2% en peso, 5% en peso, 10% en peso, 20% en peso, 30% en peso y aún tan grande como un 40% en peso o como una suspensión espesa de sal acuosa. La solución acuosa también puede incluir uno o más del o los floculantes de polímero y tiene una concentración de menos de cero y hasta aproximadamente 0.005% en peso, por ejemplo, hasta aproximadamente 0.01% en peso, 0.04% en peso, 0.05% en peso, 0.1% en peso, 0.2% en peso, 0.4% en peso, por ejemplo.

[0022] Las ventajas adicionales de la presente invención serán fácilmente evidentes para aquellos expertos en esta técnica a partir de la siguiente descripción detallada, en donde solo la modalidad preferida de la invención se muestra y se describe, simplemente por medio de ilustración del mejor modo de contemplado para llevar a cabo la invención. Como se verá, la invención es susceptible de otras modalidades diferentes, y sus diversos detalles son susceptibles de modificaciones en varios aspectos obvios, todos ellos sin apartarse de la invención. Por consiguiente, las figuras y descripción se deben considerar como ilustrativas y no restrictivas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0023] Se hace referencia a las figuras adjuntas, donde los

elementos que tienen las mismas designaciones de números de referencia representan elementos similares en todas partes y en los que:

[0024] La Figura 1A ilustra esquemáticamente un proceso para consolidar una corriente de relaves de acuerdo con los aspectos de la presente descripción.

[0025] La Figura 1B ilustra esquemáticamente otro proceso para consolidar una corriente de relaves de acuerdo con los aspectos de la presente descripción.

[0026] La Figura 2 son imágenes de frascos que contienen suspensión espesa de carbón residual tratada de acuerdo con una modalidad de la presente descripción. Las imágenes muestran suspensión espesa de carbón después de adicionar una solución iónica (izquierda), luego centrifugación (centro) y después eliminación de la solución de sobrenadante (derecha).

[0027] La Figura 3 son imágenes de la suspensión espesa de carbón deshidratada de la Figura 2 después del retiro del frasco (izquierda) y prensado a mano subsecuente entre toallas de papel.

[0028] La Figura 4 muestra imágenes de los viales que contienen los relaves finos maduros del procesamiento de arenas petrolíferas tratadas con una solución de sal de dominio que incluye un floculante de poliacrilamida en las concentraciones indicadas en la Figura.

[0029] La Figura 5 muestra imágenes de los viales que contienen relaves finos maduros tratados con una sal de amonio y un floculante de poliacrilamida e ilustra los efectos de incrementar la concentración de sal y reducir la concentración de polímero bajo las condiciones probadas.

[0030] La Figura 6 muestra una imagen de viales que contienen relaves finos maduros de procesamiento de arenas petrolíferas tratadas con agua de mar que incluyen cantidades variantes de un floculante de poliacrilamida.

10 [0031] Las Figuras 7A, 7B y 7C muestran una imagen del tratamiento de relaves generados del procesamiento de mineral de cobre.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0032] La presente descripción se refiere a tratar relaves y
15 otras composiciones acuosas que incluyen sólidos para consolidar y deshidratar los relaves. Los relaves se producen habitualmente cuando se extraen y se procesan minerales tal como minerales basados en metal, por ejemplo, aluminio, cobre, zinc, plomo, hierro, oro, plata, molibdeno, litio,
20 etc., minerales no basados en metal, por ejemplo, mineral de fosfato, mineral de nitrato, mineral de yodo, arenas petrolíferas, etc. Las composiciones acuosas de los finos también se pueden producir cuando se procesa el carbón. Por ejemplo, ciertos procesos muelen finamente el carbón antes de

la combustión para liberar más fácilmente pirita (un compuesto basado en azufre) y por consiguiente reducir las emisiones de azufre en la combustión del carbón molido. Estos procesos pueden producir partículas de carbón finas así como
5 otro mineral fino o material mineral en una composición acuosa que es difícil de recapturar y reutilizar.

[0033] Los sólidos particulados en los relaves o composiciones acuosas de la presente descripción pueden ser minerales y materiales similar a mineral, es decir, materia
10 mineral, arcillas, hendidura y tamaños que varían de finos sólidos gruesos. El término finos como se utiliza en la presente es consistente con el sistema de clasificación de arenas petrolíferas Canadienses y significa partículas sólidas con tamaño iguales a o menores de 44 micras (mm). La
15 arena se considera partículas sólidas con tamaños mayores de 44 mm. La composición de los finos depende de la fuente de los materiales, pero en general los finos están comprendidos principalmente del limo y material de arcilla y algunas veces minerales o material mineral, dependiendo del mineral. Los
20 relaves pueden tener varios contenidos sólidos y varias cantidades de finos como su contenido de sólidos. Los relaves tratados de acuerdo con las modalidades de la presente descripción pueden incluir una cantidad significativa de finos en peso (>5% en peso) como su contenido de sólidos.

Estos relaves pueden incluir al menos aproximadamente 10% en peso, 20% en peso, 30% en peso, 40% en peso, 50% en peso, 60% en peso, 70% en peso o finos más altos como su contenido de sólidos.

5 **[0034]** Ventajosamente, el proceso de la presente descripción puede consolidar los sólidos relaves para producir material consolidado que tengan un contenido de sólidos en exceso de aproximadamente 45% en peso, por ejemplo, un contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% y mayor que
10 aproximadamente 60%, 65%, 70% y 75% en peso.

[0035] Los términos coagulación y floculación se utilizan frecuentemente de manera intercambiable en la literatura. Como se utiliza en la presente, sin embargo, coagulación significa agregación de partículas llevadas a cabo por la
15 adición de sales de hidrolización, mientras que floculación significa agregación de partículas inducida por polímeros de floculación. Las sales de hidrolización se someten a hidrólisis cuando se agregan al agua para formar hidróxidos de metal, que se precipitan de la solución, atrapando los
20 finos ciertos materiales en la masa de coagulación. Las sales de hidrolización tienen habitualmente baja solubilidad en agua y se utilizan como coagulantes. La agregación inducida por floculación, en contraste, se cree que es el resultado de la unión de polímero a las partículas uniendo de esta manera

las partículas conjuntamente en así llamado floculo que provoca la agregación de las partículas.

[0036] En la práctica de los aspectos de la presente descripción, los relaves, y otra composición acuosa de sólidos y agua de proceso, se pueden consolidar a tratar los relaves con una o más sales altamente solubles en agua o una solución acuosa de las mismas para desestabilizar y consolidar los sólidos en los relaves, por ejemplo, para desestabilizar y consolidar los sólidos gruesos de finos en los relaves. La agregación inducida por la adición de la sales se cree que es el resultado de desestabilizar las partículas suspendidas en el fluido por una alteración o una protección de la carga eléctrica superficial de la partículas para reducir las fuerzas repulsivas interpartícula que impiden la agregación. En ciertas modalidades, se tratan los relaves, por ejemplo, una suspensión de sólidos particulados, que pueden incluir finos, en el agua de proceso. Estos relaves que se pueden tratar incluyen corrientes de relaves de procesamiento de minerales basados en metal, minerales basados en no metal o una suspensión espesa de carbón. El proceso incluye tratar los relaves con una o unas sales altamente solubles en agua o una solución acuosa de las mismas para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado, por ejemplo, sólidos consolidados y/o finos, en

el agua de proceso. El agua de proceso luego se puede separar del material consolidado. Ventajosamente, el material consolidado tiene un contenido de sólidos de al menos 45% en peso, por ejemplo, un contenido de sólidos de mayor que
5 aproximadamente 50% y mayor que aproximadamente 60%, 65%, 70% y 75% en peso.

[0037] Las sales que son útiles en practicar la presente descripción incluyen sales que son altamente solubles en agua. Una sal altamente soluble en agua como se utiliza en la
10 presente es una que tiene una solubilidad en el agua de mayor que 2 g de sal por 100 g de agua (es decir, una sal/solubilidad en agua de 2g/100g) a 20°C. De manera preferente la sal altamente soluble en agua tiene una solubilidad en agua de al menos aproximadamente 5 g/100 g a
15 20°C, por ejemplo, al menos aproximadamente 10 g/100 g de sal/agua a 20°C.

[0038] Además, las sales altamente solubles en agua utilizadas en los procesos de la presente descripción no son de manera preferente hidrolizantes. Las sales de
20 hidrolización se someten a la hidrólisis cuando se agregan al agua para formar hidróxidos de metal, que se precipitan de la solución. Estas sales de hidrolización se cree que forman floculos abiertos con un contenido de sólidos inferior y no se pueden reciclar fácilmente para el uso con los relaves

adicionales en los procesos continuos o semi-continuos. Además, las sales de hidrolización tienen habitualmente baja solubilidad en agua y se utilizan a temperaturas elevadas para asegurar la suficiente solubilidad para la agregación,
5 que es un proceso intensivo de energía. Ver US 4,225,433 que describe el uso de cal como un agente coagulante en una temperatura de 75°C.

[0039] Además, las sales altamente solubles en agua no son de manera preferente sales de carboxilato puesto que estas
10 sales de ácido orgánico tienden a ser más costosas que las sales inorgánicas y pueden ser perjudiciales a la vida vegetal y/o animal.

[0040] Las sales altamente solubles en agua que no son hidrolizantes y útiles en practicar el proceso de la presente
15 descripción incluyen sales que tienen un catión monovalente, por ejemplo, sales de haluro alcalino tal como cloruro de sodio, cloruro de potasio; también sales con cationes monovalentes tal como nitrato de sodio, nitrato de potasio, fosfatos de sodio y potasio, sulfatos de sodio y potasio,
20 etc., son útiles en practicar los proceso de la presente descripción. Otras sales catiónica monovalentes útiles en practicar los procesos de la presente descripción incluyen sales basadas en amonio tal como acetato de amonio ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$), cloruro de amonio (NH_4Cl), bromuro de amonio

(NH_4Br), carbonato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), bicarbonato de amonio (NH_4HCO_3), nitrato de amonio (NH_4NO_3), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), sulfato de hidrógeno de amonio (NH_4HSO_4), fosfato de hidrógeno de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), fosfato de hidrógeno de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), fosfato de amonio ($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$), etc. También se pueden utilizar mezclas de estas sales.

[0041] Las sales basadas en amonio son útiles practicar la presente descripción puesto que las sales basadas en amonio residuales en el material consolidado después de combinar la sal con los finos acuosos, por ejemplo, relaves, pueden ser benéficos para la vida vegetal. De hecho, muchas de las sales basadas en amonio son útiles como fertilizantes, por ejemplo, cloruro de amonio, nitrato de amonio, sulfato de amonio, etc. Muchas de las sales de fosfato y sulfato monovalentes son útiles como fertilizantes. En ciertas modalidades de la presente descripción, la sal o sales altamente solubles en agua utilizadas en los procesos de la presente descripción pueden ser de manera preferente no tóxicas y benéficas para la vida vegetal para ayudar en el remedio ambiental y la restauración de sitios de minas.

[0042] Las sales altamente solubles que se pueden utilizar en la práctica del presente proceso también pueden incluir sales que tienen cationes multivalentes. Estas sales

incluyen, por ejemplo, sales de cationes divalentes tal como sales de cationes de calcio y magnesio, tal como cloruro de calcio (CaCl_2), bromuro de calcio (CaBr_2), nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), cloruro de magnesio (MgCl_2), bromuro de magnesio (MgBr_2), nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), sulfato de magnesio (MgSO_4); y sales de cationes trivalentes tal como sales de cationes de aluminio e hierro (III), por ejemplo, cloruro de aluminio (AlCl_3), nitrato de aluminio ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$), sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), cloruro de hierro (III) (FeCl_3), nitrato de hierro (III) ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), sulfato de hierro (III) ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, etcétera. Como se explica en lo anterior, las sales altamente solubles en agua utilizadas en los procesos de la presente descripción son de manera preferente no hidrolizantes. Muchas de las sales de cationes multivalentes se hidrolizan y de esta manera, son menos preferidas por las razones expuestas anteriormente. Además, la experimentación con sales multivalentes mostradas incrementaron el ensuciamiento de recipientes y la formación de materiales consolidados menos cohesivos como es comparado con las sales altamente solubles en agua que tienen cationes monovalentes. Además, algunas sales multivalentes, tal como FeCl_3 y $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, son particularmente corrosivas y $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ se forma de pirita oxidante y da por resultado escurrimiento ácido de la mina, lo cual hace estas sales menos preferibles para el uso en los

procesos de la presente descripción.

[0043] Cuando una concentración suficientemente alta de la sal altamente soluble en agua se incluye en los relaves tratados, la sal puede desestabilizar y consolidar sólidos en los relaves. Para tiempos de proceso relativamente cortos con una entrada de energía relativamente baja, la concentración de sal-relaves de la al menos una sal altamente soluble en agua debe ser de manera preferente al menos 0.5% en peso y de manera preferente no menor que aproximadamente 0.70% en peso, tal como al menos aproximadamente 1% en peso, 1.25% en peso, 1.5% en peso, 1.75% en peso, 2% en peso y aún al menos aproximadamente 2.5% en peso, 3% en peso, 4% en peso, 5% en peso, etcétera. El término "concentración de sal-relaves", como se utiliza en la presente se refiere a la concentración de la o las sales altamente solubles en agua en los relaves tratados y se determina al tomar el porcentaje de la masa de sales altamente solubles en agua dividido por la masa combinada de la o las sales más los relaves y cualquier agua utilizada para diluir la o las sales. Por ejemplo, combinar 1 parte de sal no diluida (es decir, pura) a 99 partes de relaves en peso da por resultado una concentración de sal-relaves de 1% en peso. Alternativamente, el tratamiento de relaves con un peso igual de una solución al 2% en peso de la sal da por resultado en una concentración de sal-relaves de

1% en peso en los relaves tratados.

[0044] La o las sales altamente solubles en agua se pueden utilizar para tratar composiciones de la presente descripción como un sólido, por ejemplo, al combinar la sal como un polvo
5 con relaves. Alternativamente, la sal se puede utilizar para tratar como una solución, por ejemplo, combinar una solución de sal acuosa con relaves. En algunos aspectos de la presente descripción, se puede preparar una solución acuosa de la sal altamente soluble en agua que tenga una concentración de no
10 menos de aproximadamente 1% en peso, por ejemplo, mayor que aproximadamente 2% en peso, 5% en peso, 10% en peso, 20% en peso, 30% en peso y aún tan grande como un 40% en peso o una suspensión espesa de sal acuosa. Los relaves y la solución de sal o suspensión espesa se deben mezclar en una relación
15 suficiente para desestabilizar los relaves para provocar la consolidación de los sólidos en los mismos. En un aspecto de la presente descripción, los relaves y la solución de sal se pueden mezclar en una relación de relaves a solución de sal en un intervalo de aproximadamente 80:1 a 1:1, por ejemplo,
20 70:1 a 1:1, 50:1 a 1:1, 30:1 a 1:1, 20:1 a 1:1, 15:1 a 1:1, 10:1 a 1:1, 5:1 a 1:1 y/o aproximadamente 2:1 a 1:1 de relaves a solución de sal.

[0045] En algunas modalidades de los presentes procesos, puede ser más ventajoso utilizar una fuente natural de sal o

sales altamente solubles tal como en un cuerpo de agua natural incluida estas sales en una concentración suficientemente alta tal como al menos aproximadamente 2% en peso y aún al menos aproximadamente 3% en peso o mayor. Por ejemplo, se puede utilizar el océano o agua de mar como una fuente de sales altamente solubles, que pueden mejorar significativamente la economía del proceso bajo ciertas condiciones. La vasta mayoría de agua de mar tiene una salinidad de entre 31 g/kg y 38 g/kg, es decir, 3.1-3.8%. En promedio, el agua de mar en los océanos del mundo tienen una salinidad de aproximadamente 3.5% (35 g/L, 599 mM). El agua de mar incluye de una mezcla de sales, que contiene no solo cationes de sodio y aniones de cloro (juntos totalizan aproximadamente 85% de las sales disueltas presentes), sino también aniones de sulfato y cationes de calcio, potasio y magnesio. Existen otros iones presentes (tal como bicarbonato), pero estos son los componentes principales. Otra fuente natural de sales altamente solubles que se pueden utilizar como una fuente de sales altamente solubles incluye un cuerpo de agua hipersalino, por ejemplo, un lago hipersalino, estanque, o depósito. Un cuerpo de agua hipersalino es un cuerpo de agua que tiene alta concentración de cloruro de sodio y otras sales altamente solubles con niveles salinos que superan el agua del océano, por ejemplo,

mayor que 3.8% en peso y típicamente mayor que aproximadamente 10% en peso. Estos cuerpos de agua hipersalinos se sitúan en la superficie de la tierra y también en la superficie, que se pueden llevar a la
5 superficie como resultado de las operaciones de extracción de minerales.

[0046] En otras modalidades de los presentes procesos, puede ser ventajoso utilizar una salmuera producida en la desalinización de agua de sal como una fuente de una o unas
10 sales altamente solubles. La salmuera se puede utilizar sola como una fuente de una o unas sales altamente solubles o en combinación con otra fuente de una o unas sales altamente solubles tal como agua de mar. El agua de mar se ha utilizado en procesos de molienda y flotación de extracción de mineral
15 de cobre. Ver Moreno et al., "The use of seawater as process water at Las Luces copper-molybdenum beneficiation plant in Taltal (Chile)", Minerals Engineering 2011:24:852-858. Sin embargo, el uso de agua de mar requiere capital y costos de mantenimiento incrementados para combatir los efectos
20 corrosivos del agua de mar. Id. El agua de mar también puede afectar adversamente el rendimiento de la producción de ciertos minerales de cobre. Ver Jeldres et al., "Effect of seawater on sulfide ore flotation: a review", Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review 2016:37(6):369-

384. Para compensar los efectos adversos del agua de mar, algunas operaciones de minería desalinizan el agua de mar para producir agua desalada para sus operaciones de minería. La desalinización del agua de mar, sin embargo, produce una corriente de salmuera residual. Ver Gálvez et al., "Innovative Solutions for Seawater Use in Mining Operations, Case Study of Innovative Projects Bernardo Llamas, IntechOpen", DOI: 10.5772/intechopen.68191, Publicada el 30 de Agosto de 2017. Se cree que ni el agua de mar tampoco la salmuera residual se ha utilizado para tratar relaves. Por consiguiente, en algunas implementaciones de los presentes procesos, los relaves de procesos minerales, tal como metal o procesos, se pueden tratar con una salmuera residual de desalinización como una fuente de al menos una sal altamente soluble en agua, con o sin otras fuentes de sales altamente solubles tal como agua de mar.

[0047] Después de tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua, los sólidos en los relaves se pueden consolidar tal como por mezclado seguido por sedimentación por gravedad en un tanque de sedimentación o mecánicamente por consolidación tal como por prensado o centrifugando para incrementar la velocidad de formación de un material consolidado en los relaves tratados. El material consolidado se puede separar del agua de proceso por

decantación, filtración, electrofiltración, filtración de flujo cruzado, vacío y/o por deshidratación mecánica, es decir, aplicar una fuerza externa al material consolidado. Una vez separado, el material consolidado se puede transferir
5 para deshidratación o eliminación adicional.

[0048] Aunque las sales altamente solubles en agua pueden desestabilizar y consolidar sólidos en los relaves, se encontró que el proceso se podría mejorar significativamente al agregar uno o más floculantes de polímero. La adición de
10 un floculante de polímero a los relaves tratados redujo el tiempo para formar un material consolidado.

[0049] El uno o más floculantes de polímero se pueden agregar concurrentemente con o subsecuentemente para tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua
15 para formar los relaves tratados. El uno o más floculantes de polímero también se pueden agregar antes de tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua pero parece más eficaz agregar floculante, aún con los relaves que ya contienen floculante de polímero tal como relaves de flujo
20 inferior más espesos, concurrente con o subsecuente con al menos una sal altamente soluble en agua para formar los relaves tratados.

[0050] Además, los procesos de la presente descripción también pueden incluir tratar finos acuosos con partículas

gruesas, por ejemplo, partículas con tamaños mayores que 44 μm , tal como arena, para incrementar significativamente el contenido de sólidos. El mezclado con arena es apropiado para los finos acuosos que tienen sólidos principalmente como finos, ya que las partículas finas pueden asentarse en los huecos entre las partículas gruesas, mejorando el empaque y contenido de sólidos. Se encontró, sin embargo, que para ciertas composiciones tal como suspensión espesa de carbón y relaves de mineral de metal, la adición de arena no necesitó lograr un alto contenido de sólidos, ya que hubo suficientes partículas gruesas presentes en los relaves para dar un material con alto contenido de sólidos dentro de un período de tiempo corto.

[0051] Por consiguiente, las implementaciones del proceso de la presente descripción incluyen, por ejemplo, (i) tratar relaves con al menos una sal altamente soluble en agua para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso, (ii) tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua y al menos un floculante de polímero para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso, (iii) tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua y partículas gruesas para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso, y (iv) tratar

los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua, al menos un floculante de polímero y partículas gruesas para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso. Cada una de estas implementaciones puede incluir soluciones acuosas de la sal y/o floculante de polímero para tratar los relaves. Cada una de estas implementaciones puede incluir separar el agua de proceso del material consolidado. Ventajosamente, el material consolidado tiene una densidad mayor que el agua de proceso. El agua de proceso entonces se puede separar fácilmente del material consolidado, por ejemplo, por uno o más de decantación, filtración, drenaje por gravedad, electrofiltración, filtración de flujo cruzado, vacío y otras técnicas de evaporación, etcétera, y/o por uno o más de un dispositivo para deshidratar el material consolidado tal como una centrífuga, centrífuga de decantación, tornillo de deshidratación, un hidrociclón, filtro de banda de vacío, prensa de filtro o dispositivos de prensado, etcétera. Además, el material consolidado separado se puede eliminar o colocar en una estructura de contención que permite la eliminación del agua liberada del material consolidado. Además, el agua de proceso separada de los relaves tratados se puede reciclar de nuevo para tratar los relaves adicionales.

[0052] Los polímeros que son útiles en practicar la presente descripción incluyen polímeros floculantes solubles en agua tal como poliacrilamidas o copolímeros de las mismas tal como una poliacrilamida no iónica, una poliacrilamida aniónica (APAM), tal como una ácido poliacrilamida-co-acrílico, y una poliacrilamida catiónica (CPAM), que puede contener comómeros tal como cloruro de acriloxietiltrimetil amonio, cloruro de metacriloxietiltrimetil amonio, cloruro de dimetildialilamonio (DMAAC), etcétera. Otros polímeros floculantes solubles en agua útiles para practicar la presente descripción incluyen una poliamina, tal como una poliamina o forma cuaternizada de la misma, por ejemplo, poliacrilamida-co-dimetilaminoetilacrilato en forma cuaternizada, una polietilenimina, un cloruro de polidialildimetil amonio, una poldiciandiamida, o sus copolímeros, poliamida-co-amina, polielectrolitos tal como poliestirenos sulfonados también se pueden utilizar. Otros polímeros solubles en agua tal como óxido de polietileno y sus copolímeros también se pueden utilizar. Los floculantes de polímero se pueden sintetizar en la forma de una variedad de pesos moleculares (MW), tipos de carga eléctrica y densidad de carga para adaptar los requisitos específicos. Ventajosamente, el polímero floculante utilizado en practicar los procesos de la presente descripción no incluye el uso de

polisacáridos activados o almidones activados, es decir, polisacáridos y almidones que se han tratado con calor, en cantidades suficientes para reducir la densidad del floculante abajo de la densidad del agua de proceso de la cual se separan. Estos polisacáridos activados y almidones
5 activados cuando se utilizan en dosificaciones suficientemente altas tienden a formar floculos de baja densidad que surgen a la superficie de una composición acuosa, los cuales pueden impedir la eliminación de los
10 sólidos en las operaciones a gran escala que implican un alto contenido de sólidos y también pueden impedir la deshidratación del material consolidado.

[0053] La cantidad de polímeros utilizados para tratar relaves de manera preferente debe ser suficiente para
15 flocular los sólidos en los relaves y cualquiera de las partículas gruesas agregadas, por ejemplo, arena. La cantidad de polímeros utilizados para tratar relaves se puede caracterizar como una concentración basada en el peso total de los relaves o como una dosificación basada en el
20 porcentaje en peso de los sólidos en los relaves.

[0054] En algunas modalidades de la presente descripción, la concentración del uno o más floculantes de polímero en los relaves tratados tiene una concentración de polímero-relaves de hasta aproximadamente 0.001% en peso, por ejemplo, hasta

aproximadamente 0.003% en peso, 0.005% en peso o hasta aproximadamente 0.01% en peso. Para tiempos de procesamiento relativamente cortos, la consolidación de los sólidos se puede obtener en las concentraciones de polímero-relaves de
5 no menos de aproximadamente 0.04% en peso. El término "concentración de polímero-relaves", como se utiliza en la presente, se refiere a la concentración del o los polímeros floculantes en los relaves tratados y se determina al tomar el porcentaje de la masa de o los polímeros dividido por la
10 masa combinada del o los polímeros más los relaves y cualquier agua utilizada para disolver el o los polímeros. Por ejemplo, combinar 1 parte de polímero no diluido (es decir, puro) a 9999 partes de relaves en peso da por resultado una concentración de polímero-relaves de 0.01% en
15 peso. Alternativamente, el tratamiento de relaves con un peso igual de una solución al 0.02% en peso del polímero también da por resultado una concentración de relaves de 0.01% en peso. En ciertas modalidades, los relaves se tratan con al menos un floculante de polímero para producir una
20 concentración de polímero-relaves de hasta aproximadamente 0.02% en peso, tal como hasta aproximadamente 0.03% en peso, 0.04% en peso, 0.05% en peso, y aún hasta aproximadamente 0.07% en peso, 0.09% en peso, 0.1% en peso, 0.2% en peso, etcétera. La cantidad de floculante de polímero se puede

utilizar en mayores concentraciones. Sin embargo, en altas concentraciones es difícil disolver el floculante, la solución se vuelve muy viscosa, y el proceso es menos económico.

5 **[0055]** En algunas modalidades de la presente descripción, la concentración del uno o más floculantes de polímero en los relaves tratados, tiene una dosificación (peso del o los floculantes al peso de los sólidos en los relaves) de no menos de cero y hasta aproximadamente 0.005% en peso, por
10 ejemplo, hasta aproximadamente 0.01% en peso y en algunas implementaciones hasta aproximadamente 0.015% en peso, 0.020% en peso, 0.025% en peso, 0.03% en peso, o 0.04% en peso.

[0056] La cantidad de floculante de polímero se puede reducir si la concentración de sal-relaves se incrementa.
15 Aunque la razón por este efecto no es claro, una concentración de polímero-relaves es muy baja de hasta aproximadamente 0.001% en peso, por ejemplo, hasta aproximadamente 0.003% en peso, 0.005% en peso, 0.01% en peso, 0.02% en peso, 0.03% en peso, 0.04% en peso, 0.05% en
20 peso, por ejemplo, puede lograr razonablemente una consolidación rápida de sólidos en los relaves, si la concentración de sal-relaves se incrementa.

[0057] Las partículas gruesas útiles para practicar ciertos procesos de acuerdo con la presente descripción son de manera

preferente arena y cuando se utiliza en tratar composiciones la cantidad de estas partículas son de manera preferente en una relación de arena a finos (relación SFR) de menos de 4:1, por ejemplo, incluido aproximadamente 2.5:1.0 a
5 aproximadamente 0.5:1 o incluido aproximadamente 2.25:1 a aproximadamente 0.75:1. La relación SFR se calcula al determinar la cantidad de la arena agregada a una cantidad estimada de finos sólidos en los finos acuosos sobre una base en peso. Se cree que el uso de partículas gruesas facilita el
10 empaque de los finos consolidados que incrementa ventajosamente el contenido de sólidos y aún puede formar una estructura atascada de sólidos consolidados, es decir, una estructura en la cual las partículas generalmente individuales del sólido consolidado ya no se puede mover
15 libremente con respecto a otras partículas.

[0058] El tratamiento de relaves, por ejemplo, relaves de procesos de mineral de metal y mineral no de metal, con al menos una sal altamente soluble en agua y opcionalmente con cualquiera o ambos de al menos un floculante de polímero y/u
20 opcionalmente arena se pueden llevar a cabo en una variedad de formas. En ciertas modalidades, el tratamiento de los relaves incluye combinar y/o mezclar los diversos componentes. Además, la al menos una sal se puede agregar directamente a los relaves ya sea como un sólido no diluido

en forma de polvo o como una solución; el al menos un
floculante de polímero se puede agregar directamente a los
relaves ya sea como un material no diluido o como una
solución, y opcionalmente partículas gruesas (por ejemplo,
5 arena) se pueden agregar a los relaves directamente o con la
sal y/o polímero o soluciones de los mismos. La sal y
polímero se pueden combinar en una sola solución, con o sin
arena, y se combinan con los relaves. El orden de combinación
de la sal, polímero, y opcionalmente arena, a los relaves
10 puede dar resultados equivalentes y optimización del proceso
dependerá de la naturaleza de los relaves, y la escala y
equipo utilizado en el proceso.

[0059] Sin embargo, tiende a ser más conveniente utilizar
una o más soluciones que incluyen la una o más sales
15 altamente solubles en agua y el uno o más floculantes de
polímero seguido al combinar la una o más soluciones con los
relaves. En ciertas modalidades, se puede utilizar una
solución acuosa de una o más sales altamente solubles en agua
que tenga una concentración de no menos de aproximadamente
20 0.5% en peso o 1% en peso, por ejemplo, al menos
aproximadamente 2% en peso, 3% en peso, 4% en peso, 5% en
peso, 6% en peso, 7% en peso, 8% en peso, 10% en peso, 15% en
peso, 20% en peso, 30% en peso y aún tan grande como 40% en
peso o como una suspensión espesa de sal acuosa para el uso

en tratar los relaves. El uno o más floculantes de polímero también se pueden incluir en la solución acuosa de las sales y pueden tener una concentración de hasta aproximadamente 0.005% en peso, por ejemplo, hasta aproximadamente 0.01% en peso, 0.04% en peso, 0.05% en peso, 0.1% en peso, 0.2% en peso, 0.4% en peso, por ejemplo. La solución acuosa de la o las sales altamente solubles en agua y el o los floculantes de polímero se pueden utilizar para tratar los relaves y se pueden combinar con estos relaves en una relación de relaves a solución de sal en un intervalo de aproximadamente 80:1 a 1:1, por ejemplo, 70:1 a 1:1, 50:1 a 1:1, 30:1 a 1:1, 20:1 a 1:1, 15:1 a 1:1, 10:1 a 1:1, 5:1 a 1:1, y/o aproximadamente 2:1 a 1:1 de relaves a solución de sal. Opcionalmente, la arena se puede combinar con los relaves antes, durante, o después de combinar los relaves con la solución acuosa de sal y/o floculante de polímero

[0060] Debido a que las sales altamente solubles en agua y los floculantes de polímero que son de manera preferente solubles en agua se utilizan en el proceso de la presente descripción, la temperatura de los relaves tratados no se necesita elevar arriba de temperatura ambiente para practicar el proceso. En ciertas modalidades, el tratamiento de los relaves de acuerdo con las diversas modalidades en la presente se pueden llevar a cabo a aproximadamente a

temperatura ambiente o no más de aproximadamente 2 a aproximadamente 5°C arriba de temperatura ambiente. En otras modalidades, el tratamiento de la composición residual de carbón acuoso se puede llevar a cabo en una temperatura de no más de aproximadamente 50°C, por ejemplo, no más de aproximadamente 40°C o 30°C.

[0061] En la práctica los aspectos de la presente descripción, los relaves, por ejemplo, relaves de procesos de mineral de metal y mineral no de metal, se pueden consolidar al tratar estos relaves con al menos una sal altamente soluble en agua o soluciones acuosas de las mismas y pueden incluir cualquiera o ambos del al menos un floculante de polímero, por ejemplo, un polímero floculante soluble en agua, o soluciones acuosas de los mismos, y/u opcionalmente partículas gruesas, por ejemplo, arena para formar relaves tratados. El tratamiento de los relaves de esta manera puede provocar la desestabilización y consolidación de los sólidos, por ejemplo, finos y sólidos gruesos, en los relaves tratados para formar un material consolidado, que puede agregarse relativamente rápido, en el agua de proceso.

[0062] Los relaves tratados y/o el material consolidado se pueden deshidratar adicionalmente para separar adicionalmente el agua del proceso del material consolidado y, en algunos casos, consolidar de esta manera los sólidos. En algunas

modalidades, el material consolidado formado en los relaves tratados se puede separar del agua del proceso por cualquiera de uno o más de decantación, filtración, por ejemplo, electrofiltración, filtración de flujo cruzado, drenaje por
5 gravedad, vacío y otras técnicas de evaporación, etcétera, y/o por cualquiera de uno o más de una deshidratación mecánica, es decir, aplicar una fuerza externa al material consolidado, con un dispositivo para deshidratar el material consolidado tal como al aplicar una centrífuga, centrífuga
10 por decantación, tornillo de deshidratación, hidrociclón, prensa de filtro, dispositivo de prensado, etcétera, o combinaciones de los mismos. En un aspecto de los procesos de la presente descripción, el agua de proceso se puede separar del material consolidado al hacer pasar una corriente de
15 relaves tratados a través de un filtro de flujo cruzado, por ejemplo, un tubo poroso o ranurado, que filtra y deshidrata la corriente de relaves tratados para separar el agua de proceso del material consolidado. El agua de proceso luego se puede separar fácilmente del material consolidado. En otro
20 aspecto de los procesos de la presente descripción, el agua de proceso se puede separar del material consolidado mediante drenaje por gravedad para lograr un contenido de sólidos de al menos aproximadamente 70% dentro de aproximadamente un mes después del tratamiento de los relaves, por ejemplo, dentro

de aproximadamente dos semanas o dentro de aproximadamente una semana del drenaje por gravedad después de tratar los relaves. En un aspecto aún adicional de los procesos de la presente descripción, el material consolidado se puede
5 deshidratar adicionalmente después de la separación de los relaves tratados al depositar el material consolidado separado en una deposición de elevación delgada.

[0063] El material consolidado formado en los relaves tratados puede tener ventajosamente un alto contenido de
10 sólidos, por ejemplo, un contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% y al menos aproximadamente 60%, 65%, 70% y 75% en peso. Además, el material consolidado formado en los relaves tratados de acuerdo con ciertas modalidades puede dar por resultado un alto contenido de sólidos después del
15 mezclado y/o deshidratación de los relaves tratados en un período corto. En las modalidades de la presente descripción, el material consolidado puede tener un contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% y al menos aproximadamente 60%, 65%, 70%, 75% y 80% en peso después del mezclado y/o
20 deshidratación. En ciertas modalidades, un contenido de sólidos de al menos aproximadamente 70% se logra dentro de aproximadamente un mes de drenaje por gravedad después de tratar los relaves, por ejemplo, dentro de aproximadamente dos semanas o dentro de aproximadamente una semana de drenaje

por gravedad después de tratar los relaves.

[0064] En una modalidad de la presente descripción, el proceso incluye mezclar los relaves con una sal altamente soluble en agua, por ejemplo, una sal basada en amonio, un
5 polímero soluble en agua, por ejemplo, una poliacrilamida, y opcionalmente arena, tal como en una relación de arena finos de aproximadamente 2.25:1 a aproximadamente 0.75:1 para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado que tiene un alto contenido de sólidos, por ejemplo, un
10 contenido de sólidos de mayor que aproximadamente 50% en peso, por ejemplo, al menos aproximadamente 60%, 65%, 70% en peso o mayor en menos de 10 minutos, dependiendo del método de deshidratación utilizado.

[0065] Otra ventaja de los procesos de la presente
15 descripción es la recuperación de los materiales de los relaves que incluyen elementos de tierras raras. Por ejemplo, ciertos relaves pueden incluir minerales valiosos que incluyen elementos de tierras raras. Un elemento de tierras raras (REE), como se define por IUPAC, es uno de un conjunto
20 de diecisiete elementos químicos en la tabla periódica, específicamente los quince lantánidos, así como escandio e itrio. El escandio e itrio se consideran elementos de tierras raras debido a que tienden a presentarse en los mismos depósitos de mineral como los lantánidos y muestran

propiedades químicas similares. Muchos de los REE se utilizan en los dispositivos electrónicos, imanes, recubrimientos de alto desempeño. Estos REE incluyen cerio (Ce), disprosio (Dy), erbio (Er), europio (Eu), gadolinio (Gd), holmio (Ho),
5 lantano (La), lutecio (Lu), neodimio (Nd), praseodimio (Pr), prometio (Pm), samario (Sm), escandio (Sc), terbio (Tb), tulio (Tm), iterbio (Yb) e itrio (Y).

[0066] REE en los finos acuosos están típicamente en la forma de un ion u óxido. Por ejemplo, el zirconio puede estar
10 presente como zircon, $ZrSiO_4$, el titanio puede estar presente como los minerales ilmenita, leucoxeno y rutilo. La ceniza de carbón y los residuos de limpieza de carbón contienen elementos de tierras raras. La ceniza de carbón de arcilla volante tiene usualmente altas concentraciones de itrio y
15 zirconio. Los relaves de arenas petrolíferas también contienen REE.

[0067] Los procesos de la presente descripción son útiles en recuperar REE. Se cree que en algunos relaves, REE se absorben a la superficie de las arcillas en los relaves. En
20 otros relaves, los REE se incluyen predominantemente entre los sólidos de los relaves pero también pueden estar en el agua de proceso. Los relaves REE absorbidos se pueden intercambiar con las sales altamente solubles en agua de la presente descripción, por ejemplo, sales basadas en amonio

debido a un intercambio de iones de amonio para los iones de REE. Los REE de los sólidos en los relaves se pueden obtener al lixiviar los sólidos con ácido seguido por extracción y precipitación o por descomposición caustica seguido por
5 lixiviación ácida.

[0068] Otro aspecto de los proceso de la presente descripción incluyen relaves de consolidación, que incluyen materiales de REE, al tratar los relaves con al menos una sal altamente soluble en agua, por ejemplo, una sal basada en
10 amonio tal como sulfato de amonio, para formar relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso que incluyen los materiales de REE en el agua de proceso y/o entre los materiales consolidados. En un aspecto de la presente descripción, los relaves tratados consolidan
15 los finos y también separan los materiales de REE de los sólidos y en el agua de proceso. El agua de proceso luego se puede separar del material consolidado y los materiales REE se pueden recuperar del agua del proceso separado. Los materiales REE se pueden recuperar del agua de proceso por
20 precipitación, por ejemplo, utilizando ácido oxálico, o extracción. Otros métodos para recuperar REE del agua de proceso incluyen procesamiento mineral y beneficio físico, solventes eutécticos profundos/extracción de líquidos iónicos, disolución ácida, separaciones de fase de alta

temperatura, uso de sorbentes selectivos de fotoforesis, inyección y extracción de salmuera in-situ, molienda reactiva, etc. En otro aspecto de la presente invención, los relaves tratados consolidan los finos y REE son entre los materiales consolidados. El agua de proceso luego se separa del material consolidado. El material consolidado luego se puede lixiviar con ácido, por ejemplo, ácido nítrico, ácido sulfúrico, etc., seguido por extracción con solvente y/o resinas de intercambio iónico y se precipitan. De manera alternativa, el material consolidado luego se puede tratar con un reactivo caustico tal como hidróxido de sodio para descomponer ciertos de los materiales para formar hidróxidos de los REE seguido por lixiviación en ácido, por ejemplo, HCl.

15 **[0069]** Además, los relaves que incluyen materiales de REE se pueden tratar con al menos un floculante de polímero y opcionalmente arena para formar los relaves tratados. Los relaves tratados pueden tener una concentración de sal-relaves de al menos 0.5% en peso de la al menos una sal altamente soluble en agua y de manera preferente no menos de aproximadamente 0.70% en peso, tal como al menos aproximadamente 1% en peso, 1.25% en peso, 1.5% en peso, 1.75% en peso, 2% en peso y aún al menos aproximadamente 2.5% en peso, 3% en peso, 4% en peso, 5% en peso, etc., de la al

20

menos una sal altamente soluble en agua.

[0070] El proceso de la presente descripción permite un tratamiento a gran escala de los relaves en un proceso continuo o semi-continuo con recuperación, reciclaje y purificación adicional de al menos una porción del agua de proceso en los relaves y recuperar opcionalmente los materiales de REE. Cuando no se hidrolizan, las sales altamente soluble en agua se utilizan en los proceso de la presente descripción, el agua de proceso separada de relaves tratados iniciales puede incluir ventajosamente una cantidad significativa de la una o más sales altamente solubles en agua inicialmente utilizadas para tratar los relaves.

[0071] Al practicar los aspectos de los procesos de la presente descripción y las diversas modalidades de la misma, el agua de proceso separada puede incluir la al menos una sal altamente soluble en agua y el proceso puede comprender además uno o más de: (i) recuperar al menos una porción del agua de proceso separada; (ii) reciclar al menos una porción del agua de proceso separada recuperada para tratar relaves adicionales; y/o (iii) purificar al menos una porción del agua de proceso recuperada. En algunas implementaciones, el agua de proceso separada recuperada, que incluye la o las sales altamente solubles, se pueden procesar para concentrar la o las sales altamente solubles en el agua. Por ejemplo, un

sistema de osmosis inversa, que genera agua desalada y una salmuera residual, se puede utilizar para generar una salmuera que incluye la o las sales altamente solubles del agua de proceso separada recuperada de los relaves tratados.

5 **[0072]** En otras modalidades, el agua de proceso separada incluye sal de materiales REE y el proceso incluye además recuperar al menos una porción del agua de proceso separada y recuperar los materiales de REE y/o purificar al menos una porción del agua de proceso recuperada.

10 **[0073]** La Figura 1A ilustra esquemática un proceso continuo o semi-continuo ejemplar. Como se muestra en la Figura, los relaves se tratan con una o más sales altamente solubles en agua, y opcionalmente uno o más floculantes de polímero y opcionalmente partículas gruesas (arena) al combinar una
15 corriente de la o las sales (101a), que pueden ser una solución acuosa con una corriente de los relaves (103a). Opcionalmente, los relaves también se pueden tratar con uno o más floculantes de polímero al combinar una corriente del o los floculantes (102a), que pueden ser como una solución
20 acuosa, con la corriente de relaves (103a). De manera alternativa, la o las sales y el o los floculantes se pueden combinar conjuntamente con una solución para tratar los relaves como una corriente del mismo. Las partículas gruesas (arena) también se pueden agregar a los relaves o la

corriente de los mismos y/o cualquiera o todas las corrientes de solución.

[0074] Las corrientes de solución de la o las sales y los polímeros se pueden obtener de tanques de contención 101 y 102 y las corrientes de relave y arena se pueden obtener de tanques de contención o estanques 103 y 105, respectivamente. De manera alternativa, los relaves se pueden obtener directamente de un proceso de extracción.

[0075] Para esta modalidad, la corriente de sales (101a) y polímeros (102a) y corriente de relaves (103a) se llevan al dispositivo de mezclado 107 y las combinaciones se mezclan. (Una corriente de arena (105a) se puede agregar opcionalmente). El dispositivo de mezclado 107 puede ser una mezcladora en línea, un tanque de mezclado, una mezcladora de visón u otro dispositivo de mezclado que puede mezclar las corrientes 101a, 102a, 103a y, opcionalmente 105a. Para esta modalidad, los relaves se combinan con la o las sales seguido por el o los polímeros y como soluciones. Sin embargo, los relaves se pueden tratar con una solución acuosa que incluye tanto las sales como los polímeros. En algunas modalidades, la combinación de las corrientes en línea pueden provocar suficiente mezclado para eliminar la necesidad de un dispositivo de mezclado separado, por ejemplo, mezclado en línea, y las corrientes combinadas se pueden llevar

directamente a un estanque de relaves o un dispositivo de deshidratación mecánica para separar el material consolidado del agua de proceso.

[0076] Como se muestra en la modalidad de la Figura 1A, después de la mezcladora 107, los relaves tratados, que incluyen un material consolidado y agua de proceso, se transfieren a un separador de Sólido/Líquido 109 para separar el agua de proceso del material consolidado. Estos dispositivos incluyen, por ejemplo, uno o más de decantación, filtración, electrofiltración, filtración de flujo cruzado, drenaje por gravedad, o dispositivo de vacío o combinación de los mismos y/o por uno o más de un dispositivo para deshidratar el material consolidado tal como una centrífuga, decantación, centrífuga, tornillo de deshidratación, hidrociclón, filtro de banda de vacío, prensa de filtro o dispositivos de prensado, etc., o combinaciones de los mismos.

[0077] El agua de proceso separada se puede recuperar y recolectar en un tanque o estanque (111) y el material consolidado separado se puede recuperar y recolectar o transportar (113). Para esta modalidad, una corriente de agua de proceso recuperada (111) incluye el agua de proceso de los relaves diluidos con la corriente 101a y de esta manera incluye sales residuales de la una o más sales altamente

solubles en agua y puede incluir posiblemente polímeros residuales del uno o más floculantes de polímero así como componentes de relaves. Si los relaves incluyen materiales de REE, la corriente recuperada del agua de proceso (111) y/o el

5 material consolidado (113) también puede incluir materiales de REE. También puede haber sales altamente solubles en agua que son constituyentes de los relaves tratados originales y estos se vuelven parte del agua del proceso recuperada (111). El agua de proceso recuperada (111) se puede transferir a un

10 sistema de purificación de agua (115) para purificar al menos una porción del agua de proceso recuperada 117 que se puede reciclar en el proceso de minería. Los sistemas de purificación de agua que se pueden utilizar para las modalidades de los procesos de la presente descripción

15 incluyen sistemas de osmosis inversa, sistemas de destilación por vacío, electrodiálisis, sistemas de filtración, etc. El agua de proceso recuperada no purificada, restante o salmuera, que incluye las sales altamente solubles en agua de la corriente 101a y potencialmente la o las sales altamente

20 solubles en agua que son constituyentes de los relaves originales, (119) se pueden reciclar de nuevo al proceso de tratamiento. Para esta modalidad, al menos una porción del agua de proceso recuperada no purificada se puede reciclar de nuevo al tanque de contención 101 y la deficiencia en la

concentración de la o las sales so polímeros se puede corregir al agregar sales altamente solubles en agua adicionales o floculantes de polímero de uno o más tanques de relleno tal como los recipientes de relleno 121 y 122.

5 **[0078]** El proceso de la presente descripción también puede incluir recuperar materiales de REE del agua de proceso separada reciclada o de los sólidos consolidados. Los materiales de REE se pueden recuperar del agua de proceso por precipitación por ejemplo, utilizando ácido oxálico, o
10 extracción. Otros métodos para recuperar REE del agua de proceso incluyen procesamiento de minerales y beneficio físico, extracción de solventes eutécticos profundos/líquidos iónicos, disolución ácida, separaciones de fase de alta temperatura, uso de sorbentes selectivos de REE, fotoforesis,
15 inyección de salmuera in-situ y extracción, molienda reactiva, etc. El proceso de la presente descripción también puede incluir recuperación de materiales de REE de los sólidos consolidados mediante lixiviación con ácido o descomposición caustica.

20 **[0079]** Además, se pueden recuperar los sólidos consolidados. Los sólidos consolidados recuperados incluyen sal o sales altamente solubles en agua residuales del tratamiento de los relaves. Cuando la sal utilizada en el tratamiento de los relaves es benéfica para la vida vegetal, tal como una sal

basada en amonio o sal basada en sulfato o sal basada en fosfato, la sal residual puede actuar como un fertilizante con los sólidos consolidados. Los sólidos consolidados recuperados pueden incluir materiales de REE que se pueden
5 separar de los sólidos consolidados como se explica en cualquier parte.

[0080] La Figura 1B ilustra esquemáticamente otro proceso continuo o semi-continuo ejemplar. Para esta modalidad, se ilustran relaves de un mineral de metal, tal como relaves del
10 procesamiento de mineral de cobre. Como se muestra en la Figura, las células de flotación o concentrador (201) generan los relaves 203. Muchos procesos de mineral de metal y aún no de metal incluyen un paso de concentración en el cual los minerales valiosos se concentran por flotación en una mezcla
15 acuosa que incluye varios agentes. Los minerales valiosos se separan y la corriente de relave se produce. En este ejemplo particular, los relaves pueden ser una corriente de relaves de flujo inferior espesos. Estas corrientes de flujo inferior espesas aún pueden beneficiarse del tratamiento con una sal
20 altamente soluble en agua y opcionalmente un floculante de polímero adicional para consolidar adicionalmente los sólidos de acuerdo con los procesos de la presente descripción. De acuerdo con los aspectos de los presentes procesos, la corriente de relave se trata con una corriente de una

solución acuosa que incluye al menos una sal altamente soluble en agua. Para esta modalidad, la solución acuosa también incluye el al menos un floculante de polímero. Como se muestra en la Figura 1B, la corriente de relaves 203 se combina con una corriente de solución acuosa que incluye la al menos una sal altamente soluble en agua y el al menos un floculante de polímero (202a) para producir una corriente de relave tratada 207. Para esta modalidad, la corriente de solución acuosa 202a y los relaves 203 se mezclan en línea para producir relaves tratados 207. La combinación de las corrientes (202a y 203) producen relaves tratados que incluyen un material consolidado en el agua de proceso.

[0081] Aunque no mostrados, los relaves podrían haber sido tratados con corrientes separadas de las sales y floculantes. Las corrientes acuosas de sales y floculantes de polímero se pueden obtener de almacenamiento 202. En ciertas modalidades, el agua de mar se utiliza como la fuente de sal altamente soluble en agua como una fuente de relleno de la sal en 220. En otras modalidades, la salmuera de un sistema de osmosis inversa se utiliza como la fuente de la sal altamente soluble en agua como una fuente de relleno de la sal en 220 y en aún modalidades adicionales, tanto el agua de mar como la salmuera se utilizan como la fuente de la sal altamente soluble en agua como una fuente de relleno de la sal en 220.

[0082] Para esta modalidad, los relaves tratados se llevan a un separador de sólidos/líquido (209). El separador S/L separa el agua de proceso de los relaves tratados del material consolidado. Estos separados S/L incluyen, por ejemplo, uno o más de una centrifuga, centrífuga de decantación, tornillo de deshidratación, hidrociclón, filtro de banda de vacío, prensa e filtro o dispositivos de prensado, etc., o combinaciones de los mismos. El separador S/L 209 generó una corriente de material consolidado 213 y una corriente de agua de procesos separada 211. La corriente de agua de proceso 211 incluye el agua de proceso de la corriente de relaves 203 diluida con la corriente de solución acuosa 202a y de esta manera incluye la o las sales residuales de la una o más sales altamente solubles en agua y pueden incluir posiblemente el o los polímeros residuales del uno o más floculantes de polímero. Al menos una porción, sino toda de la corriente de agua de proceso 211 se puede recuperar y purificar con un sistema de osmosis inversa 215.

[0083] El sistema de osmosis inversa 215 puede concentrar la al menos una sal altamente soluble en la porción recuperada del agua de proceso separada 211 para formar salmuera 219. Al menos una porción, sino toda de la salmuera 219 se puede reciclar de nuevo al almacenamiento de sal/floculante de polímero 202 para tratar relaves adicionales 203. El sistema

de osmosis inversa 215 puede concentrar a al menos una sal altamente soluble a una concentración de mayor que 2% en peso tal como mayor que 4% en peso, 5% en peso, 6% en peso, 7% en peso, 8% en peso, 9% en peso, 10% en peso y más alta que la
5 concentración de composición de sal en el almacenamiento de sal/floculante de polímero puede estar en un equilibrio de aproximadamente 2% en peso a aproximadamente 10% en peso, y los valores entre los mismos, o más altos. La corriente de solución acuosa que incluye el al menos una sal altamente
10 soluble en agua y el al menos un floculante de polímero (202a) se pueden combinar con una corriente de relaves 203 en un intervalo de relación de relaves a solución de sal que incluye aproximadamente 30:1 a 1:1, 20:1 a 1:1, 15:1 a 1:1, 10:1 a 1:1, 5:1 a 1:1, y/o aproximadamente 2:1 a 1:1 de
15 relaves a solución de sal.

[0084] El sistema de osmosis inversa 215 también se puede utilizar para generar agua deshidratada 240 del agua de mar 250 en la cual el agua desalada 240 se utiliza en otros procesos de la operación de minería. La salmuera residual del
20 sistema 215 se puede utilizar como una fuente de la sal altamente soluble para tratar relaves mejorando de esta manera la eficiencia de la operación total y reduciendo el impacto ambiental adverso de la descarga de salmuera en el medio ambiente. Además, el agua de mar se puede utilizar como

una fuente de la sal altamente soluble en agua para tratar relaves tal como proporcionar agua de mar en la fuente de relleno 250.

EJEMPLOS

5 **[0085]** Los siguientes ejemplos se proponen para ilustrar además ciertas modalidades preferidas de la invención y no son limitantes en naturaleza. Aquellos expertos en la técnica reconocen, o serán capaces de evaluar, utilizando no más de la experimentación de rutina, numerosos equivalentes a las
10 sustancias específicas y procedimientos descritos en la presente.

[0086] Consolidación de la Suspensión espesa de Ceniza de Carbón

[0087] Una muestra inicial de una suspensión espesa de
15 ceniza de carbón se analizó por espectroscopia infrarroja para determinar el contenido de sólidos. Además, la muestra se estimó que tiene 30% o más de finos de carbón presentes, es decir, una mezcla de partículas de carbón finas y partículas minerales finas. Aproximadamente 5 g de la
20 suspensión espesa de carbón se colocó en un frasco y un peso igual de una solución iónica acuosa se agregó y la suspensión espesa diluida se agitó para mezclar los componentes. La solución iónica acuosa se compuso de agua, 10% en peso de sulfato de amonio y 0.1% en peso de poliacrilamida (PAM). El

asentamiento se inició inmediatamente, como se puede observar en la imagen a la izquierda en la Figura 2. El frasco luego se centrifugó durante 30 segundos a 3000 rpm y las partículas se consolidaron en una masa de compacto, como se muestra en la imagen en el centro de la Figura 2. El líquido sobrenadante pareció ser claro, sin partículas suspendidas visibles. En la eliminación del líquido se encontró que los sólidos compactados tienen suficiente resistencia cohesiva para mantener su forma cuando el frasco se volteó, como se puede observar en la imagen a la derecha en la Figura 2.

[0088] El material se retiró del frasco (Figura 3, izquierda) y se secó una porción. El material consolidado tuvo un contenido de sólidos inicial de 54%. Algo del resto se prensó (a mano) entre toallas de papel (Figura 3, derecha). Este material prensado tuvo un contenido de sólidos de 74%.

[0089] Sal Variante y Concentración de Sal en Tratar Relaves de Arenas Petrolíferas

[0090] Se llevaron a cabo experimentos adicionales con varias sales altamente solubles en diferentes concentraciones y con y sin la arena para tratar relaves de arenas petrolíferas. Se prepararon una serie de soluciones de sal/polímero. Todas las soluciones de sal/polímero incluyeron 0.1% en peso de poliacrilamida (PAM) pero variaron en tipo y

concentración de la sal. Por ejemplo, una serie de 10% en peso, 5% en peso y 2% en peso en soluciones de cloruro de calcio cada una con 0.1% en peso de PAM se prepararon y se utilizaron para tratar MFT. Otros 10% en peso, 5% en peso y 2% en peso de soluciones de sal de sulfato de amonio, cloruro de potasio, etc., se prepararon cada una con 0.1% en peso de PAM. Un peso igual de una sal particular/solución de polímero luego se combinó con MFT, con o sin arena, en un frasco seguido por mezclador vigoroso. Los frascos luego se centrifugaron a 3000 rpm en una centrífuga de laboratorio a LW durante 30 segundos para formar un material consolidado en la forma de una suspensión espesa. Después de la centrifugación, se separó el líquido sobrenadante del material consolidado por una pipeta. El material consolidado luego se pesó, se secó y se volvió a pesar para determinar un contenido de sólidos del material consolidado. Las diversas sales y sus concentraciones que se utilizaron para tratar MFT y los datos de contenido de sólidos resultantes se resumen en las siguientes Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Contenido de sólidos de MFT tratados con un peso igual de una sal/solución de PAM sin la adición de arena y después de la centrifugación.

Sal (+ 0.1% en peso PAM) Sin arena	10% de Concentración ¹	5% de Concentración ²	2% de Concentración ³
Cloruro férrico (FeCl ₃)	34.9%	--	35.6%
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	33.1%	--	34.1%
Cloruro de calcio (CaCl ₂)	36.8%	37.1%	35.8%
Sulfato de amonio (NH ₄ SO ₄)	33.1%	31.8%	31.4%
Cloruro de potasio (KCl)	35.4%	32.4%	33.5%

Tabla 2: Contenido de sólidos de MFT tratados con un peso igual de una sal/solución de PAM con la adición de arena (relación SFR 1:1) después de la centrifugación

Sal (+ 0.1% en peso PAM) Con arena	10% de Concentración ¹	5% de Concentración ²	2% de Concentración ³
Cloruro férrico (FeCl ₃)	45.7%	--	52.8%
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	51.4%	--	53.7%
Cloruro de calcio (CaCl ₂)	58%	56.8%	56.1%
Sulfato de amonio (NH ₄ SO ₄)	53.6%	52.3%	53.5%
Cloruro de potasio (KCl)	53.4%	52.5%	53.9%

1. La concentración de sal-relaves fue de aproximadamente 5%

en peso.

2. La concentración de sal-relaves fue de aproximadamente 2.5% en peso.

3. La concentración de sal-relaves fue de aproximadamente 1%
5 en peso.

[0091] La Tabla 1 informa el contenido de sólidos del material consolidado seco después del tratamiento de MFT con las diversas soluciones de sal/polímero sin la arena. Después de la centrifugación durante solo 30 segundos, las sales
10 altamente soluble en agua dieron contenido para los materiales consolidados en un intervalo entre aproximadamente 31%-37%. Sin embargo, el uso de sales altamente solubles en agua que tienen un catión multivalente tal como los cationes de aluminio y férricos pareció que provocan ensuciamiento de
15 las paredes del frasco y dieron un material consolidado menos cohesivo como es comparado con las sales altamente solubles en agua que tienen un catión monovalente bajo las condiciones probadas. En algunas pruebas que utilizan concentraciones de sal de 10%, el agua clasificada que se asienta en la parte
20 superior de los materiales consolidados se eliminó utilizando una pipeta y los sólidos humedecidos se prensaron entre toallas de papel. Se encontró que las sales con cationes multivalentes, cloruro de aluminio (AlCl_3), cloruro férrico (FeCl_3) y cloruro de calcio (CaCl_2), que dieron depósitos

significativos de un material viscoso en las paredes del frasco, fueron menos cohesivos que los sólidos prensados obtenidos utilizando las sales con cationes monovalentes, tal como las sales de amonio NH_4Cl y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

5 **[0092]** La Tabla 2 informa el contenido de sólidos del material consolidado seco después del tratamiento de MFT con las diversas soluciones de sal/polímero y arena. La arena se agregó con una relación de arena a finos de 1:1 (es decir, 1.5 g de arena se agregó a 5 gm de MFT que tiene 30% de
10 sólidos para dar una relación de 1:1 del peso de la arena a aquella de los sólidos en el MFT). Después de la centrifugación por solo 30 segundos, las sales altamente solubles en agua dieron contenidos de sólidos para los materiales consolidados en un intervalo entre aproximadamente
15 46%-58%, que fue significativamente más alto que el intervalo de contenido de sólidos sin el uso de arena. Aunque el contenido de sólidos de los frascos que contienen arena agregada es dos veces que aquel sin arena, el volumen de la suspensión espesa centrifugada es aproximadamente el mismo.

20 **[0093]** Los datos en las Tablas 1 y 2 muestran la adición de 2% en peso de solución en sal para tratar el MFT que fue más eficaz que 10% en peso de solución de sal. Es decir, un 1% en peso de concentración de sal-relaves fue tan eficaz como 5% en peso de concentración de sal-relaves. Puesto que un peso

igual de la solución de sal/polímero se utilizó para tratar MFT, la concentración de sal de la sal agregada en los relaves tratados es la mitad de la concentración en la solución de sal/polímero, es decir, el 2% en peso de solución de sal agregada proporcionó 1% en peso de concentración de sal-relaves y el 10% en peso de solución de sal proporcionó un 5% en peso de concentración de sal-relaves. La concentración de sal-relaves en el MFT tratado se puede lograr en una variedad de formas. Para facilidad de manejo en las pruebas de frascos anteriores, fue conveniente combinar ocho pesos de soluciones de sal/polímero a MFT. Sin embargo, cantidades más pequeñas de soluciones de sal/polímero con mayores concentraciones de la misma para proporcionar la misma concentración de sal-relaves dio resultados equivalentes de materiales consolidados.

[0094] La centrifugación en los frascos de fondo plano es tan eficaz en términos de producir un material de alto contenido de sólidos como utilizando tubos de centrifuga. Se debe tener en mente que para todos los conjuntos de pruebas de frascos y tubos de laboratorio, siempre existe solución que permanece en los huecos entre las partículas. Se mostrará después que el contenido de sólidos del material consolidado se puede incrementar fácilmente del 46%-58% al drenar simplemente o el uso de los métodos de deshidratación

mecánicos conocidos en la técnica, tal como presas de filtro, filtros de banda, filtración de flujo cruzado, tornillos de arena de deshidratación, centrífugas de decantación, hidrociclones, etc.

- 5 **[0095]** Concentración de sal variante y Concentración de Polímero en el Tratamiento de Relaves de Arenas petrolíferas
- [0096]** Cuando la sal, el polímero y la arena se utilizan conjuntamente, las concentraciones de sal-relaves en exceso de 0.5% en peso y de manera preferente no menos de
- 10 aproximadamente 0.70% en peso, tal como al menos aproximadamente 1% en peso, se podría utilizar para lograr una consolidación razonablemente rápida de los sólidos en los relaves. Además, aunque un grado de consolidación de la mezcla de finos/arena se obtiene en las concentraciones de
- 15 polímero-relave tan baja como 0.01% en peso para los tiempos de procesamiento relativamente cortos, se obtienen resultados superiores en concentraciones de polímero-relaves de 0.05% y más alto. Estas preferencias se determinaron por un conjunto de experimentos de frasco. El conjunto superior de frascos en
- 20 la Figura 4 muestra resultados obtenidos al agregar 5 g de una solución de sulfato de amonio al 2% en peso ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) que contiene PAM a 5 g de MFT. La arena también se agregó para dar una relación de arena finos de 1:1 (es decir, se agregaron 1.5 g de arena). La cantidad de PAM en las

soluciones varió entre 0.1% (en peso) y 0.02% (en peso). El conjunto inferior de frascos muestran que se observa cuando se utilizó 1% en peso del sulfato de amonio. Los frascos se centrifugaron a 3000 rpm durante 30 segundos para acelerar el
5 asentamiento.

[0097] Se puede observar que para todos los frascos tratados con el 1% en peso de soluciones de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, existe un grado de asentamiento de los finos y la arena, pero el líquido sobrenadante contiene una cantidad significativa de
10 partículas suspendidas. Además, visualmente parece que hay un grado de segregación de la arena y los finos. En contraste, el MFT tratado con 2% en peso de solución de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ que contiene 0.1% en peso de PAM mostró asentamiento y sólidos compactados en contacto con un sobrenadante claro. Ya que la
15 cantidad de polímero en el polímero se reduce del frasco A4 a E4, la claridad del sobrenadante disminuye, ya que más partículas suspendidas permanecen en la fase líquida. Se puede lograr mayor claridad del líquido sobrenadante en tiempos de centrífuga más prolongados, pero para tiempos de
20 procesamiento cortos, tratar el MFT da por resultado una concentración de sal-relaves de no más de aproximadamente 0.5% en peso y una concentración de polímero-relaves de no menos de aproximadamente 0.04% en peso es preferible.

[0098] Los contenidos de sólidos de los materiales

consolidados en cada uno de los frascos mostrados en la Figura 4 se determinó por secado, es decir, el material consolidado centrifugado se separó de su líquido sobrenadante, la masa húmeda se pesó, se secó y se volvió a
 5 pesar para determinar un contenido de sólidos. El contenido de sólidos de los materiales consolidados para los conjuntos de viales se resume en la Tabla 3.

**Tabla 3: El contenido de sólidos del MFT tratado con sulfato de amonio/PAM centrifugado como se determina al separar y al
 10 secar el material consolidado.**

	0.1% de PAM % de Solidos	0.08% de PAM % de Solidos	0.06% de PAM % de Solidos	0.04% de PAM % de Solidos	0.02% de PAM % de Solidos
15 2% de (NH ₄) ₂ SO ₄	60.3%	58.8%	58.1%	52.0%	48.5%
1% de (NH ₄) ₂ SO ₄	54.4%	57.2%	58.1%	56.3%	44.6%

[0099] Se puede observar que para el 2% en peso de solución de (NH₄)₂SO₄ que contiene 0.1% en peso de PAM, se logró un
 20 contenido de sólidos de solo más de 60%. Esto disminuye solo ligeramente cuando se trata el MFT con soluciones que incluyen concentraciones de PAM de 0.08% en peso y 0.06% en peso, pero significativamente en soluciones concentradas de PAM más bajas. El tratamiento de MFT con un peso igual de las

soluciones de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ / polímero dio por resultado una concentración de sal-relaves de aproximadamente 1% en peso para cada uno de los frascos A4-E4, y para el frasco A4, una concentración de polímero-relaves de aproximadamente 0.05% en peso PAM, para el frasco B4 una concentración de polímero-relaves de aproximadamente 0.04% en peso de PAM, para el frasco C4 en una concentración de polímero-relave de aproximadamente 0.03% en peso PAM, para el frasco D4 una concentración de polímero-relave de aproximadamente 0.02% en peso PAM, y para el frasco E4 una concentración de polímero-relaves de aproximadamente 0.01% de PAM. Para las soluciones al 1% en peso de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, el contenido de sólidos fue muy variable reflejando los problemas con la segregación de las partículas gruesas y finas en los materiales consolidados en esos experimentos.

[00100] La concentración de sal implementada permite concentración de polímero más baja

[00101] Cuando la sal, el polímero y la arena se utilizan conjuntamente para tratar relaves, se observó que la concentración de polímero-relave se puede reducir si la concentración de sal-relave se incrementa bajo ciertas circunstancias. De esta manera, la concentración de polímero-relave es muy baja puede lograr razonablemente rápida consolidación de los sólidos en los relaves y la

concentración de sal-relave se incrementa. La Figura 5 ilustra que conforme la concentración de sal se incrementa, es necesario menos floculante de polímero para obtener soluciones de sobrenadante claras. Para estas pruebas, la
5 concentración de polímero-relave se incrementa de 0.01% a 0.05% en incrementos de 0.01% de derecha a izquierda mientras que la concentración de sal-relave se incrementa de 1% a 2% de arriba a abajo.

[00102] Concentración de Polímero Variante en el Tratamiento
10 de Relaves de arenas Petrolíferas con Agua de Mar

[00103] Para estos experimentos, se prepararon soluciones de agua de mar (obtenida de la costa este de Estados Unidos del Océano Atlántico) con varias concentraciones de una poliacrilamida no iónica (disponible de SNF como FA920) entre
15 0.1% (en peso) y 0.02% (en peso). La concentración de las sales altamente solubles en el agua de mar se cree que es mayor de 3% en peso. Las soluciones de agua de mar-polímero se utilizaron para tratar MFT de procesamiento de arenas petrolíferas. Una cantidad igual de solución de agua de mar-
20 polímero se utilizó para tratar MFT (aproximadamente 5 g de solución de agua de mar-polímero a aproximadamente 5 g de MFT) en un frasco. Las mezclas tratadas primero se agitaron y luego los frascos se centrifugaron a 3000 rpm durante 30 segundos para asegurar el asentamiento. Los resultados se

muestran en la imagen de la Figura 6. De izquierda a derecha, el agua de mar utilizada para tratar el MFT incluyó aproximadamente 0.1% en peso, 0.08% en peso, 0.06% en peso, 0.04% en peso y 0.02% en peso del floculante de polímero, respectivamente. Estos experimentos muestran una mezcla de sales altamente solubles obtenidas de un océano que se pueden utilizar en el proceso de la presente descripción.

[00104] Tratamientos de relaves de Procesamiento de Mineral de Cobre

10 **[00105]** Se combinó una muestra de relaves generada del procesamiento de mineral de cobre con una cantidad igual aproximada de una solución iónica acuosa en un vaso de 500 ml. La solución iónica acuosa comprendió agua, una sal altamente soluble en agua y floculante (poliacrilamida
15 (PAM)). Al combinar y al mezclar ligeramente los relaves con la solución iónica acuosa, los sólidos comenzaron a consolidarse casi inmediatamente. Después de reposar solo unos minutos, el producto vendido se agregó y se depositó en el fondo con una capa de agua clarificada sobre los sólidos
20 consolidados. Ver la Figura 7A. Los sólidos consolidados también fueron cohesivos. El material consolidado tomado del vaso se comprimió fácilmente a mano para formar una bola (ver Figura 7B). Un paso de prueba, en el cual la bola compactada a mano mostrada en la Figura 7B se colocó entre las toallas

de papel y pisada por un probador, mostró que el material consolidado no ensució las tollas de papel (ver Figura 7C). Esta prueba es una indicación de que tan fácilmente el material consolidado se puede filtrar y deshidratar mecánicamente en el cual un bajo ensuciamiento indica buena capacidad de filtración y deshidratación mecánica. El contenido de sólidos de los relaves prensados se midió para ser aproximadamente 75%.

[00106] La presente descripción solo se muestra y describen la modalidad preferida de la presente invención y ejemplos de su versatilidad. Se debe entender que la presente invención se puede utilizar en varias otras combinaciones y entornos y es capaz de cambios y modificaciones dentro del alcance del concepto inventivo tal como se expresa en la presente. De esta manera, por ejemplo, los expertos en la técnica reconocerán, o serán capaces de determinar, utilizando únicamente la experimentación rutinaria, numerosos equivalentes a las sustancias, procedimientos y exposiciones específicos en la presente. Se considera que estos equivalentes están dentro del alcance de esta invención y están cubiertos por las siguientes reivindicaciones.