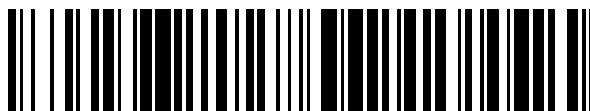


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 933**

51 Int. Cl.:

C22B 3/20 (2006.01)

B01D 21/01 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2013 PCT/EP2013/066528**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14023755**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2013 E 13745846 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2882878**

54 Título: **Proceso de lixiviación y recuperación de metales**

30 Prioridad:

10.08.2012 US 201261681641 P
10.08.2012 EP 12180009

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.05.2017

73 Titular/es:

BASF SE (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE

72 Inventor/es:

NISBETT, ANDREW;
ADKINS, STEPHEN;
FLANAGAN, IAN JOHN y
BERGER, ALEXSANDRO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 611 933 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso de lixiviación y recuperación de metales

La presente invención se relaciona con un proceso para lixiviación y recuperación de metales a partir de materiales que contienen metales. El proceso implica hacer reaccionar un material que contiene metales con un agente de lixiviación obteniendo por lo tanto una primera pulpa de lixiviación acuosa que comprende una mezcla de sólidos lixiviados, solución de lixiviación acuosa que contiene por lo menos un metal valioso, dicho agente de lixiviación y agua.

De acuerdo con los procesos esta primera pulpa de lixiviación acuosa se somete a separación de líquidos sólidos para proporcionar una primera solución de lixiviación acuosa clarificada y una segunda pulpa de lixiviación acuosa. Esta segunda pulpa de lixiviación acuosa se somete a por lo menos dos etapas de separación líquidos sólidos adicionales con el fin de recuperar por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional. Las soluciones de lixiviación acuosa respectivas se someten a extracción de disolvente para extraer metales valiosos en un líquido no acuoso que contiene un agente de extracción de metal y el resto de la solución acuosa se conoce como un refinado acuoso que se puede reciclar en el proceso. Se alcanzan mejoras significativas en eficiencia mediante la presente invención en el empleo del sistema de floculación para por lo menos una de las etapas de separación líquidos sólidos.

Durante muchos años se ha establecido el tratamiento hidrometalúrgico de materiales que contienen metal, tal como minerales metálicos, concentrados que contienen metales, y otras sustancias que contienen metales. Adicionalmente, la lixiviación de materiales que contienen metales es fundamental para la extracción de metales a partir de materiales que contienen metales. Normalmente, dicho proceso de lixiviación implica poner en contacto materiales que contienen metales con una solución acuosa que contiene por lo menos un agente de lixiviación que reacciona con metales o material que contiene metales extrayéndolos por lo tanto en la solución.

Por ejemplo, en operaciones de lixiviación de cobre, tal como por ejemplo, en la agitación de lixiviación de óxido de cobre, ácido acuoso, por ejemplo ácido sulfúrico, se pone en contacto con minerales de óxido de cobre. Durante el proceso de lixiviación, se consume ácido en la solución de lixiviación y se disuelve cobre aumenta por lo tanto el contenido de cobre de la solución acuosa.

La solución de lixiviación acuosa que contiene el metal lixiviado puede ser luego tratada mediante un proceso conocido denominado extracción de disolvente. La extracción de disolvente implica poner en contacto la solución de lixiviación acuosa con una solución no acuosa inmiscible que contiene un reactivo de extracción de metal. Los reactivos de extracción de metal extraen el metal de la fase acuosa en la fase no acuosa. En el caso en el que el metal es cobre y el agente de lixiviación es ácido sulfúrico, para cada tonelada de cobre retirada de solución de lixiviación se genera aproximadamente 1.5 toneladas de ácido sulfúrico en la solución de lixiviación.

Frecuentemente los agentes de lixiviación se reciclan al proceso de lixiviación para disolver minerales metálicos. Entre más agente de lixiviación se pueda reciclar, menos necesario es introducir nuevo agente de lixiviación. Un proceso de lixiviación de agitación estándar para metal, tal como el cobre, seguido por extracción de disolventes, implica la dilución de la solución de lixiviación a un menor o mayor grado con agua en conjunto con los procesos de separación líquidos sólidos necesarios para proporcionar residuos y licores de lixiviación clarificados. La solución de lixiviación clarificada diluida se trasfiere luego a una o más plantas de extracción de disolventes dependiendo del volumen de la solución de lixiviación y la capacidad de cada planta. La solución de lixiviación diluida experimenta extracción de disolvente en el que el metal, por ejemplo cobre, se retira de, y el agente de lixiviación, por ejemplo ácido sulfúrico, aumenta en concentración en, la fase acuosa.

Una parte de esta fase acuosa que contiene agente de lixiviación (por ejemplo ácido) agotada de metal (por ejemplo cobre), denominada ahora el refinado, generalmente se recicla de nuevo a los procesos de lixiviación. La otra parte se puede reciclar hacia el frente del proceso de separación líquidos sólidos en donde se diluye la solución de lixiviación que sale del proceso de lixiviación de agitación. Dependiendo del balance de agente de lixiviación (por ejemplo ácido) a través del proceso completo se puede neutralizar parcialmente algo de esta fase acuosa reciclada.

La solución de lixiviación de proceso de lixiviación por agitación normalmente se diluye durante la etapa de separación líquidos sólidos con el fin de maximizar el lavado de los sólidos lixiviados de tal manera que se minimice la pérdida de metal de los sólidos. Durante la extracción de disolvente cuando el metal se extrae, la concentración de agente de lixiviación (por ejemplo ácido) se acumula en la fase acuosa y la reacción se vuelve autolimitante en equilibrio. Sin embargo, en vista de la dilución inicial para maximizar la recuperación de metal de los sólidos lixiviados, la cantidad de agente de lixiviación (por ejemplo, ácido) regenerado es menor en concentración de lo que habría sido si cada solución de lixiviación no se hubiera diluido en el lavado de sólidos lixiviados. Desafortunadamente, entre más baja sea la concentración de agente de lixiviación (por ejemplo ácido) en el refinado reciclado, más fresco es el agente de lixiviación (por ejemplo ácido) que se necesita agregar y esto aumenta el coste de operación.

El documento US 7799294 supera esta desventaja y proporciona un proceso en el que una solución de lixiviación acuosa se divide en dos o más partes y somete por lo menos una parte a extracción de disolvente antes de cualquier dilución significativa. Normalmente este proceso proporcionará una primera solución de lixiviación acuosa que contiene una alta concentración de metal lixiviado, conocido frecuentemente como una solución de lixiviación cargada de alto grado (HGPLS), y una segunda solución de lixiviación acuosa que contiene una concentración relativamente baja de metal lixiviado, frecuentemente conocida como solución de lixiviación de carga de bajo grado (LGPLS). Esta técnica permite la extracción de metal significativamente mejorada y al mismo tiempo mejora significativamente la recuperación de agente de lixiviación. Dicho proceso se puede denominar como un circuito de división. El proceso de obtener el

LGPLS adecuado implica emplear una serie de etapas de separación líquidos sólidos en una disposición de decantación de contracorriente (CCD). Esta disposición CCD permite lavar sólidos para recuperar metales valiosos adicionales además del agente de lixiviación.

5 Sin embargo, la eficiencia de separación de líquidos sólidos y el coste de los productos químicos utilizados en los procesos tiene un impacto significativo en la viabilidad comercial del proceso. Es usual que el aumento de separación de los sólidos y líquidos ocurre con un creciente número de etapas de separación sólido líquido. No es común emplear un tren de diversas etapas de separación sólido líquido. Sin embargo, entre más grande es el número de etapas de separación sólido líquido más grande es el coste de capital para equipo de procesamiento adicional, tiempo de procesamiento, y la utilización de productos químicos en términos floculante y agente de lixiviación.

10 Sería deseable proporcionar mejoras adicionales en la eficiencia de los procesos de extracción de metal que implican lixiviación. Adicionalmente, un objeto de la presente invención es proporcionar un proceso altamente eficiente de extracción de metal y al mismo tiempo reducir el grado de procesamiento y utilización de productos químicos que de otra forma se requerirían.

15 De acuerdo con la presente invención proporcionamos un proceso de lixiviación y recuperación del metal que comprende:

(a) someter un material que contiene metal a un proceso reactivo al combinar dicho material que contiene metal con un agente de lixiviación para liberar por lo menos un metal valioso de dicho material que contiene metal y obtener una primera pulpa de lixiviación acuosa que comprende una mezcla de sólidos lixiviados y una solución de lixiviación acuosa que comprende por lo menos un metal valioso, un agente de lixiviación y agua;

20 (b) someter la primera pulpa de lixiviación acuosa a una etapa de separación líquidos sólidos para proporcionar una primera solución de lixiviación acuosa clarificada y una segunda pulpa de lixiviación acuosa, en el que la segunda pulpa de lixiviación acuosa comprende un mayor contenido de sólidos que la primera pulpa de lixiviación acuosa;

(c) Someter la primera solución de lixiviación acuosa clarificada a extracción de disolvente obteniendo por lo tanto un primer refinado acuoso;

25 (d) someter la segunda pulpa de lixiviación acuosa a por lo menos dos etapas adicionales de separación líquidos sólidos de las cuales todo o parte de las etapas de separación líquidos sólidos adicionales están en disposición de decantación contracorriente (CCD) en la que cada etapa de separación líquidos sólidos de los CCD resulta en una suspensión de sólidos acuosa y un licor acuoso, en el que cada suspensión de sólidos acuosa resultan de cada etapa de separación líquidos sólidos del CCD que se pasa a la etapa de separación líquidos sólidos posterior del CCD y la suspensión acuosa de sólidos que resultan de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD que se retira del proceso y en el que cada licor acuoso que resulta de cada etapa de separación líquidos sólidos del CCD se pasa a la etapa de separación líquidos sólidos anterior, en la que por lo menos una solución de lechada acuosa clarificada adicional resulta de por lo menos una de las etapas de separación sólido líquidos adicionales;

30 (e) someter por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional a extracción de solventes obteniendo por lo tanto por lo menos un refinado acuoso adicional;

(f) alimenta por lo menos una parte de uno o más de los por lo menos uno de los refinados acuoso adicionales en la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD;

En el que por lo menos una de las etapas de separación líquidos sólidos se somete a un sistema de floculación en el que el sistema de floculación comprende:

40 (i) adición de un floculante polimérico orgánico a por lo menos una etapa de separación líquido sólido, cuyo floculante polimérico orgánico se forma a partir de ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (ATBS) o sales del mismo como un homopolímero o copolímero con por lo menos un monómero insaturado etílicamente soluble en agua; y/o

45 (ii) adición de un floculante polimérico orgánico y por lo menos un agente de soporte a o antes de por lo menos una etapa de separación líquido sólido, en la que se selecciona por lo menos un agente de soporte de por lo menos uno del grupo que consiste de agentes oxidantes, agentes de reducción, agentes productores de radicales libres y de irradiación.

50 Mediante la adición del sistema de floculación antes de la etapa de separación líquidos sólidos queremos decir que el sistema de floculación se aplica a la línea de flujo o conducto que lleva la suspensión de sólidos (por ejemplo pulpa de lixiviación u otra suspensión de sólidos de disposición CCD) a la etapa de separación líquido sólido. Este puede ser por ejemplo un conducto que lleva la suspensión de sólidos en un recipiente de la etapa de separación líquidos sólidos en la que se permite decantar los sólidos. Alternativamente, se puede aplicar el sistema de floculación directamente a la etapa de separación de líquidos sólidos por ejemplo en el recipiente mencionado anteriormente.

55 La floculación y decantación de los sólidos en suspensión se pueden realizar de cualquier forma que se aplique el sistema de floculación, ya sea a la etapa de separación líquidos sólidos o antes de la etapa de separación líquido sólido. La etapa de separación líquidos sólidos implica normalmente decantación de sólidos. Esto ocurre normalmente dentro de un recipiente de la etapa de separación líquido sólido. En general, los sólidos tienden a decantarse para formar un lecho de sólidos decantados dentro del recipiente y un sobrenadante de licor clarificado.

La figura 1 representa un proceso de lixiviación y recuperación de metal adecuado de acuerdo con la invención.

La figura 2 representa una realización preferida de la invención en la que se aplica el sistema de floculación a por lo menos dos etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD.

La figura 3 representa una variación en los procesos de la presente invención en la que primera etapa de separación líquidos sólido no hace parte de la disposición CCD.

- 5 Una forma adecuada de realizar el proceso de la presente invención incluye aplicar el sistema de floculación a o antes de cualquiera de las etapas de separación líquidos sólidos del proceso descrito por la US 7799294. Se describen aquí puntos de adición adecuados para el sistema de floculación.

10 Los inventores de la presente invención encontraron inesperadamente que el sistema de floculación definido aquí anteriormente permite la extracción y recuperación mejorada de metal significativamente. Adicionalmente, la eficiencia del proceso se mejora de tal manera que puede ser posible suministrar por lo menos una de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD sin sufrir ninguna reducción significativa en las concentraciones de los metales valiosos de la solución de lixiviación acuosa.

15 De acuerdo con el primer aspecto de la invención el sistema de floculación comprende un floculante polimérico orgánico formado a partir de ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico o sales (ATBS). Para propósitos de esta especificación ATBS incluye el ácido libre y sales del mismo. Normalmente las sales pueden ser sales de amonio o sales de metales alcalinos tales como sales de potasio o sodio. El floculante polimérico orgánico se puede formar a partir de homopolímero de ATBS. Alternativamente, el floculante polimérico orgánico puede ser un copolímero de ATBS con por lo menos un monómero no iónico etilénicamente insaturado y/o por lo menos un monómero aniónico etilénicamente insaturado soluble en agua. En forma adecuada los monómeros solubles en agua tienen una solubilidad en agua de por lo menos 5g/100cc a 25° C. Los monómeros aniónicos particularmente adecuados se seleccionan de ácido carboxílico etilénicamente insaturado y monómeros de ácido sulfónico preferiblemente seleccionado de ácido (met) acrílico, ácido alil sulfónico y sus sales. Monómeros no iónicos particularmente adecuado se seleccionan de (met) acrilamida, ésteres de hidroxialquilo de ácido (met) acrílico y N-vinil pirrolidona. Floculantes poliméricos orgánicos especialmente adecuados comprenden 1 mol % a 100 mol % de ATBS y de monómeros aniónicos y/o no iónicos etilénicamente insaturados solubles en agua de 0 mol %.

25 Preferiblemente en este aspecto de la invención el floculante polimérico orgánico puede ser un copolímero de ATBS con acrilamida o metacrilamida.

De acuerdo con el segundo aspecto de la invención el sistema floculante comprende la adición de un floculante polimérico orgánico y por lo menos un agente de soporte a o antes de por lo menos una etapa de separación líquido sólido, cuyo por lo menos un agente de soporte se seleccione de por lo menos un grupo que consiste de agentes oxidantes, agentes de reducción, agentes productores de radicales libres e irradiación.

30 En este aspecto de la invención el floculante polimérico orgánico puede incluir polímeros de alto peso molecular que son catiónicos, no iónicos, aniónicos o anfótericos. Adicionalmente, el floculante polimérico orgánico puede ser un polímero sintético, natural o seminatural. Polímeros típicos naturales o seminaturales incluyen polisacáridos, por ejemplo almidón catiónico, almidón aniónico, almidón anfóterico y quitosano. Una clase particularmente deseable de polímeros naturales o seminaturales incluyen almidón, goma guar, dextrano, carboxi metilcelulosa o hidroxi etil celulosa.

35 Polímeros sintéticos adecuados como floculantes poliméricos orgánicos de acuerdo con este segundo aspecto de la invención incluyen poliéteres, tal como óxidos de polialquileno. Normalmente estos polímeros con unidades de repetición alquileño en la estructura central del polímero. Otra clase de polímeros sintéticos adecuados incluyen polímeros de monómeros etilénicamente insaturados solubles en gua. Dichos polímeros incluyen adecuadamente polímeros anionicos que se forman a partir de ácido carboxílico etilénicamente insaturado y monómeros de ácido sulfúrico etilénicamente insaturado. Preferiblemente, estos polímeros aniónicos se forman a partir de uno o más del grupo que consisten de ácido (met) acrílico, ácido alil sulfónico y ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfónico (ATBS) que incluye sus sales, opcionalmente en combinación con comonómeros no iónicos, preferiblemente seleccionados de (met) acrilamida, ésteres de hidroxí alquilo de ácido (met) acrílico y N-vinil pirrolidona.

40 Se forman polímeros no iónicos preferidos a partir de por lo menos un monómero etilénicamente insaturado no iónico soluble en agua seleccionado del grupo que consiste de (met) acrilamida, ésteres de hidroxí alquilo de ácido (met) acrílico y N-vinil pirrolidona.

45 Se forman polímeros catiónicos preferidos a partir de monómeros etilénicamente insaturados seleccionados de cloruro dimetil amonio dialilo (DADMAC); cloruro de trimetil amino propil (met) acrilamida (APTAC); sal de cloruro de metilo amonio cuaternario de dimetil amino etil (met) acrilato (DMAEA. MeCl); opcionalmente en combinación con comonómeros no iónicos, seleccionados preferiblemente de (met) acrilamida, ésteres de hidroxialquilo de ácido (met) acrílico y N-vinil pirrolidona. Polímeros especialmente preferidos: para este aspecto de la invención incluyen el homopolímero de acrilato de sodio, homopolímero de acrilamida y un copolímero de acrilato de sodio con acrilamida. Otro sistema de floculación efectivo emplearía el polímero ATBS de acuerdo con el primer aspecto de la invención como el floculante polimérico orgánico en el segundo aspecto de la invención en conjunto con dicho agente de soporte.

50 Para el floculante polimérico orgánico del primer aspecto de la invención y los polímeros sintéticos floculantes poliméricos orgánicos de monómeros etilénicamente insaturados del segundo aspecto de la invención generalmente el polímero puede ser de alto peso molecular, que es por lo menos 1.000.000 Da y frecuentemente por lo menos 4.000.000 Da o 5.000.000 Da. El peso molecular puede ser mayor de 6.000.000 Da o incluso mayor de 7.000.000 Da.

Frecuentemente el peso molecular será considerablemente mayor, por ejemplo 10.000.000 Da o más. El peso molecular puede ser tan alto como 15.000.000 Da o más y en algunos casos puede ser deseable que el peso molecular sea hasta 20.000.000 Da o incluso hasta 30.000.000 Da o más. En forma adecuada los polímeros mencionados anteriormente pueden presentar una viscosidad intrínseca de por lo menos 4 dl/g. Aunque preferiblemente, el polímero puede tener mayor viscosidad intrínseca, por ejemplo por lo menos 5 dl/g o incluso por lo menos 7 dl/g y usualmente por lo menos 10 o 12 dl/g y puede ser tan alto como 18 o 20 dl/g o más. Por ejemplo, la viscosidad intrínseca puede ser incluso tan alta como 25 o 30 dl/g o más.

La viscosidad intrínseca de los polímeros se puede determinar al preparar una solución acuosa del polímero (0.5-1% p/p) en función del contenido activo del polímero. Se diluye 2 g de esta solución de polímero 0.5-1% a 100 ml en un matraz volumétrico con 50 ml de solución de cloruro de sodio 2 M que se regula a pH 7,0 (utilizando 1.56 g fosfato dihidrógeno de sodio y 32.26 g de fosfato hidrógeno disódico por litro de agua desionizada) y el total se diluye hasta la marca de 100 ml con agua desionizada. La viscosidad intrínseca de los polímeros se mide utilizando un viscometro de nivel suspendido número 1 a 25° C en solución salina regulada 1 M.

En la invención, el polímero de monómero etilénicamente insaturado se puede formar mediante cualesquier técnicas de procesos de polimerización convencional adecuados. Los polímeros se pueden preparar por ejemplo como polímeros de geles mediante polimerización de solución, que posteriormente se secan y convierten en polvo. Alternativamente, los polímeros se pueden formar mediante polimerización de suspensión agua en aceite o mediante técnicas de polimerización de emulsión agua en aceite para proporcionar perlas de polímeros o emulsiones agua en aceite respectivamente.

Los documentos EP 150933, EP 102760, EP 126528, WO 01/55228 y WO 97/29316 se describen técnicas de polimerización adecuadas.

Los Floculantes poliméricos orgánicos de ambos aspectos de la invención son generalmente solubles en agua y por ejemplo pueden tener una solubilidad en agua de por lo menos 5g/100 cc a 25° C.

Generalmente, el floculante polimérico orgánico se puede formar en una solución acuosa antes de aplicación al proceso. Normalmente se puede obtener una solución acuosa de polímero soluble en agua al disolver el polímero en agua. En forma adecuada, el polímero particulado sólido, por ejemplo en la forma de polvo para perlas, se dispersaría fácilmente en agua y permitiría disolverse con agitación. Esto se puede alcanzar utilizando equipo de composición convencional, por ejemplo utilizando el Auto Jet Wet (marca registrada), suministrado por BASF. En el caso de las emulsiones agua en aceite o dispersiones de polímero agua en aceite, el polímero se puede disolver al invertir las emulsiones o dispersiones en un equipo de disolución adecuado, por ejemplo utilizando equipo EMU, suministrado por BASF.

El floculante polimérico orgánico en ambos aspectos se puede dosificar como una solución acuosa en cualquier concentración adecuada. Puede ser deseable emplear una solución relativamente concentrada, por ejemplo hasta 10% o más basado en el peso del polímero. Usualmente aunque sería deseable emplear una solución de polímero a una menor concentración para minimizar los problemas que resultan de la alta viscosidad de la solución de polímero y para facilitar la distribución del polímero a través de la suspensión. La solución de polímero se puede agregar a una concentración relativamente diluida, por ejemplo tan baja como 0.01% en peso de polímero. Normalmente la solución de polímero se utilizará normalmente en una concentración entre 0.05 y 5% en peso del polímero. Preferiblemente la concentración de polímero estará en el rango de 0.1% a 2 o 3%. Más preferiblemente la concentración estará en el rango de 0.25% a aproximadamente 1 o 1.5%. Alternativamente se puede agregar el floculante polimérico orgánico a la suspensión en la forma de partículas secas o en cambio como una dispersión o emulsión de fase inversa. Las partículas de polímero seco se pueden disolver en la suspensión acuosa y la dispersión o emulsión de fase inversa se invertirá directamente en la suspensión acuosa en la que luego se disolvería el polímero.

De acuerdo con ambos aspectos de la invención las dosis de floculante polimérico orgánico varían de 5 gramos a 10.000 gramos por tonelada de sólidos de material. Generalmente la dosis adecuada puede variar de acuerdo con la composición y contenido de sólidos particular. Las dosis preferidas están en el rango de 10 a 3.000 gramos por tonelada, especialmente entre 10 y 1000 gramos por tonelada, aunque más preferiblemente las dosis están en el rango de entre 60 a 200 o 400 gramos por tonelada.

Por lo menos un agente de soporte de acuerdo con el segundo aspecto de la invención se selecciona a partir de por lo menos uno del grupo que consiste de agentes oxidantes, agentes de reducción, agentes de producción de radicales libres e irradiación.

En forma adecuada se puede seleccionar el agente oxidante a partir de percloratos, hipocloritos, perbromatos, hipobromitos, peryodatos, hipoyoditos, perboratos, percarbonatos, persulfatos, peracetatos, ozono y peróxidos. El uso de peróxidos, ozono, hipocloritos, peracetatos, perboratos, Percarbonato y persulfatos se ha encontrado que es particularmente efectivo para propósitos de oxidación.

Los agentes oxidantes preferidos para uso en la presente invención son peróxidos y ozono. Un peróxido particularmente preferido es peróxido de hidrógeno. En forma adecuada el peróxido de hidrógeno estará en una solución acuosa que contiene por lo menos peróxido de hidrógeno al 1% sobre la base de peso, normalmente por lo menos 5% y frecuentemente por lo menos 10% y frecuentemente por lo menos 20%, preferiblemente por lo menos 30% a lo sumo 50 o 60% o más. Cuando se utiliza ozono se prefiere que este esté en la forma de agua ozono. Normalmente el agua ozono tendría una concentración de por lo menos de 0.1 ppm y usualmente por lo menos 1 ppm. La concentración puede ser tanto como 1000 ppm pero usualmente se obtienen resultados efectivos a menores concentraciones, tal

como hasta 500 ppm o incluso hasta 100 ppm. Frecuentemente la concentración estará en el rango entre 5 ppm y 50 ppm, por ejemplo entre 10 ppm y 40 ppm, especialmente entre 20 ppm y 30 ppm.

La cantidad de por lo menos un agente oxidante variará de acuerdo con las condiciones específicas de proceso, el tipo de sustrato y floculante. El agente oxidante se debe introducir preferiblemente en una dosis en una cantidad de por lo menos 1 ppm en función del peso de agente sobre volumen de la suspensión acuosa. El agente oxidante puede ser efectivo en niveles bajos por ejemplo entre 1 y 10 ppm. Generalmente el agente de soporte se agregará en una cantidad de entre por lo menos 100 ppm y en algunos casos puede ser por lo menos 1000 ppm basado en el volumen de la primera suspensión. En algunos casos puede ser deseable agregar niveles significativamente mayores del agente oxidante, por ejemplo tanto como 40.000 o 50.000 ppm o más. Las dosis efectivas estarán usualmente en el rango entre 150 y 20.000 ppm, especialmente entre 1000 y 15.000 ppm.

Cuando el agente de soporte es un agente reductor pueden por ejemplo ser sulfitos, bisulfitos, fosfitos, hipofosfitos y ácido fosforoso etc. Estos se pueden proporcionar como sales de metal alcalino o amonio tal como sales de sodio o potasio.

Agentes de radicales libres adecuados incluyen compuestos químicos seleccionados del grupo consistente en sulfato de amonio ferroso, nitrato de amonio sérico etc.

La cantidad de por lo menos un agente de reductor o por lo menos un agente radical libre puede ser deseable en los mismos rangos que aquel del agente oxidante mencionado anteriormente.

Cuando el agente de soporte es irradiación se prefiere energía ultrasónica. En forma adecuada se puede aplicar energía ultrasónica a o antes de la etapa de separación líquido sólido. Se prefiere aplicar energía ultrasónica en cualquier parte dentro del lecho de sólidos decantado dentro del recipiente en toda la etapa de separación de líquidos. Normalmente esto significaría que se debe aplicar energía ultrasónica en cualquier parte por debajo del nivel del lecho decantado. La cantidad de energía ultrasónica aplicada se considera generalmente que es efectiva en inducir una reducción en viscosidad y/o estrés de rendimiento para un contenido de sólidos dado del material floculado o induciendo alternativamente un aumento en sólidos para un estrés de rendimiento dado del material floculado. La cantidad actual de energía ultrasónica que se va a aplicar se puede determinar sobre un espesante mediante base de espesante y se debe determinar generalmente mediante los sólidos particulares en la suspensión o sobre varias condiciones de operación.

En general la intensidad de la energía ultrasónica aplicada al lecho de sólidos, el subdesbordamiento o corriente de reciclaje debe estar en el rango de 10 a 1000 wats/Centimetro².

En forma adecuada la frecuencia de la energía ultrasónica aplicada al lecho de sólidos, el subdesbordamiento o a la corriente de reciclaje debe estar en el rango de 20 KHz a 10 MHz. Preferiblemente el rango debe estar entre 20 KHz a 1 MHz (denominado ultrasonido e baja frecuencia), más preferiblemente entre 20 KHz a 100 KHz.

Se puede utilizar por lo menos un agente de soporte en conjunto con por lo menos un agente de control. El por lo menos un agente de control consiste de iia) por lo menos un componente activador y/o iib) por lo menos un componente supresor, en el que por lo menos un componente activador aumenta la actividad del agente de oxidación y el componente supresor reduce la concentración del componente activador.

Cuando el agente de control comprende por lo menos un componente activador, el componente activador puede ser cualquier entidad que aumenta la actividad de los agentes de oxidación, agentes de reducción, agentes de producción de radicales libres e irradiación. El componente activador dentro del alcance de la presente invención también incluye materiales que son precursores o se pueden convertir en materiales que aumentan la actividad de aquellos agentes. Por ejemplo, el componente activador puede interactuar con el agente de oxidación para formar radicales de oxidación. Convenientemente, la formación de estos radicales de oxidación estará en una tasa más rápida y/o proporcionará un aumento de concentración de radicales de oxidación que si el agente de oxidación se hubiera formado si no se hubiera agregado el componente activador.

La dosis típica de componente activador puede variar de 0.1 ppm basado en el peso de activador en volumen de suspensión acuosa de sólidos. Preferiblemente el componente activador se debe introducir en una dosis en una cantidad de por lo menos 1 ppm. El componente activador puede ser efectivo a niveles bajos por ejemplo entre 1 y 10 ppm. Generalmente el componente activador se agregará en una cantidad de entre por lo menos 100 ppm y en algunos casos puede ser por lo menos 1000 ppm basado en el volumen de la suspensión acuosa. En algunos casos puede ser deseable agregar niveles significativamente mayores del componente activador, por ejemplo tanto como 40.000 o 50.000 ppm o más. Las dosis efectivas estarán usualmente en el rango entre 150 y 20.000 ppm, especialmente entre 1000 y 15.000 ppm.

Preferiblemente el componente activador de por lo menos un agente de control se selecciona del grupo que consiste de iones de hierro (II) (Fe²⁺) (iones ferrosos), iones de hierro (III) (Fe³⁺) (iones férricos), iones de hierro (IV) (Fe⁴⁺) (iones ferrilo) e iones de cobre (II) (Cu²⁺) (iones cúpricos). Normalmente los iones de hierro (II), hierro (III), hierro (IV) o cobre (II) se pueden emplear en la forma de sales adecuadas de los iones respectivos. Dichas sales pueden ser por ejemplo sulfato de hierro (II), nitrato de hierro (II), fosfato de hierro (II), cloruro de hierro (II), sulfato de hierro (III), nitrato de hierro (III), fosfato de hierro (III), cloruro de hierro (III), sulfato de hierro (IV), nitrato de hierro (IV), fosfato de hierro (IV), cloruro de hierro (IV), sulfato de cobre (II), nitrato de cobre (II), fosfato de cobre (II), cloruro de cobre (II). Los iones respectivos tienden a interactuar con el agente de oxidación para generar más rápidamente radicales reactivos adecuados,

acelerando por lo tanto el efecto del agente oxidante. Por ejemplo iones de hierro (II) e iones de cobre (II) tienden a interactuar con peróxidos para promover la formación rápida del radical hidroperoxilo ($\bullet\text{OOH}$) y radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) que es un agente de oxidación extremadamente poderoso.

Puede ser deseable utilizar una combinación de todos los diferentes componentes activadores o una combinación de compuestos que liberan los componentes activadores adecuados. Por ejemplo un compuesto en un alto estado de oxidación se puede utilizar en combinación con compuestos que contienen cobre (I) para generar compuestos de cobre (II). Por ejemplo, se puede utilizar cloruro férrico en combinación con cloruro (I) de cobre generando por lo tanto cloruro ferroso y cloruro cúprico. Dichos compuestos que pueden ser precursores para componentes activadores o que se pueden convertir en componentes activadores también se consideran como componentes activadores dentro del significado de la presente invención.

El componente supresor puede ser cualquier material u otra entidad que reduce la concentración de por lo menos un componente activador. En forma adecuada el componente supresor puede incluir material seleccionado de por lo menos uno del grupo que consiste de:

i) supresor de radicales,

II) agente secuestrante; y

III) sales de metal que promueven la formación de especies laterales y desactivadas (complejas).

Los supresores de radicales tienden a ser compuestos químicos que retiran radicales del entorno en el que ellos existen. En forma adecuada los supresores de radicales incluyen compuestos, tal como Bisulfito de sodio. Los supresores de radicales tienden a reducir el efecto del componente activador.

Los agentes secuestrantes pueden incluir cualquier compuesto que es capaz de quelar o secuestrar los componentes activados, por ejemplo iones de metal. Los agentes secuestrante adecuados incluyen EDTA (ácido etilenodiamina tetra acético o sales del mismo, por ejemplo la sal de tetra sodio); etilenodiamina; DTPA (ácido dietileno triamina pentaacético o sales del mismo, por ejemplo la sal penta sodio); HEDPA (ácido hidroxietilideno bifosfonico o sales del mismo, por ejemplo la sal tetra sodio); NIL (ácido nitrilotriacético o sales del mismo, por ejemplo la sal tri sodio); ATMP (ácido Trimetileno fosfónico o sales del mismo, por ejemplo la sal hexa sodio); EDTMPA (ácido etileno diamina tetra metileno fosfónico o sales del mismo, por ejemplo la sal octa sodio); DTPMPA ácido dietileno triamina penta metileno fosfónico o sales del mismo, por ejemplo la sal deca sodio); PBTCA (ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico o sales del mismo, por ejemplo la sal penta sodio); éster polihídrico de alcohol fosfato; ácidos 2-hidroxi fosfono carboxílico o sales del mismo, por ejemplo la sal di sodio; y BHMTMPA (Bis (hexametileno triamina penta (ácido metileno fosfónico)) o sales del mismo, por ejemplo la sal deca sodio).

Las sales de metal que promueven la formación de especies colaterales y desactivadas (complejos) de magnesio (II) y manganeso (II).

Sales de metal tales como sales de magnesio (II) y manganeso (II) incluyen por ejemplo sulfato de magnesio (II), nitrato de magnesio (II), fosfato de magnesio (II), cloruro de magnesio (II), sulfato de manganeso (II), nitrato de manganeso (II), fosfato de manganeso (II), cloruro de manganeso (II). Estos compuestos sirven para reducir la energía de oxidación del agente oxidante.

En este segundo aspecto del proceso el agente y el floculante polimérico orgánico se pueden agregar a la suspensión secuencialmente o simultáneamente. Algunas operaciones pueden funcionar mejor si el agente de soporte se agrega posteriormente al floculante polimérico. Esto puede ser especialmente de tal manera que si el agente de soporte actúa relativamente rápidamente en razón a que se debe permitir tiempo suficiente para formar primero substancialmente la estructura floculada antes que ocurra cualquier efecto sustancial del agente de soporte. En este caso se prefiere que el agente de soporte se agregue en la capa o lecho de sólidos formados durante la separación líquido sólido.

Sin embargo, en algunas situaciones el agente de soporte, y cuando se agrega el agente de control, se pueden aplicar a la suspensión antes de o substancialmente simultáneamente al agregar el floculante polimérico orgánico. Puede ser deseable en determinadas situaciones agregar al agente de soporte antes de cualquier formación substancial de la estructura floculada ya que esta puede permitir que el agente se distribuya a través de la estructura floculada formada posteriormente.

Además del agente de soporte y cuando se agrega al agente de control, y el floculante puede simultáneamente también proporcionar la ventaja de un único punto de adición específicamente si el agente de soporte y el floculante se premezclan. Sin embargo, con mezclas de agente de soporte y floculante puede ser necesario asegurar que la mezcla se aplique a la suspensión antes de cualquier efecto perjudicial significativo del agente de soporte sobre el floculante. Se prefiere agregar el agente de soporte después de la adición de floculante e incluso después de la formación de una estructura floculada. Generalmente, los sólidos floculados se decantarían para formar una capa o lecho de sólidos decantados. El punto de adición más preferido para el agente de soporte es directamente en la capa o lecho de sólidos.

El agente de soporte, y cuando se agrega el agente de control, se pueden agregar en una forma similar a aquella descrita en el documento WO 2011/125047 o como se describe en la solicitud de patente europea 12178645.3 (no publicada en la fecha de presentación). Adicionalmente, se puede emplear energía ultrasónica en la forma indicada en cualquier solicitud de patente europea 13165652.2 (no publicada en la fecha de presentación).

El sistema de floculación de la presente invención se puede aplicar a o antes de por lo menos una de las etapas de separación líquido sólido. Adicionalmente, el sistema de floculación se puede aplicar a o antes de todas las etapas de separación líquidos sólidos del proceso actual.

Inesperadamente el proceso de la presente invención que emplea el sistema de floculación descrito aquí, produce mejoras significativas en la eficiencia de separación líquidos sólidos y mejora adicionalmente la recuperación de metales valiosos y/o costes de procesos reducidos que no se pueden alcanzar con los floculantes convencionales en la lixiviación de metales de circuito dividido y los procesos de extracción de metales.

Se prefiere aplicar el sistema de floculación a o antes de cualquiera o ambas de las etapas de separación líquidos sólidos finales o penúltimas de a disposición CCD. Adicionalmente, se han encontrado mejoras significativas al aplicar el sistema de floculación de la presente invención sólo a o antes de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD. Lo que es más sorprendente es que las mejoras significativas sobre los sistemas de la técnica anterior se exhiben aún en el sistema de floculación de la presente invención cuando se aplican solo a las etapas de separación líquidos sólidos finales o penúltimas o más preferiblemente las etapas finales y penúltimas. Los inventores han encontrado que incluso aplicando solo el sistema de floculación a o antes de cualquiera o ambas de estas etapas de separación de líquidos sólidos finales o penúltimas de la disposición CCD se han observado mejoras significativas en la recuperación de metal y recuperación de agente de lixiviación.

Se prefiere especialmente que el sistema de floculación de acuerdo con el primer aspecto de la invención se aplique a o antes de por lo menos una de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD salvo el final de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD y que el sistema de floculación de acuerdo con el segundo aspecto de la invención se agrega a o antes de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD. Aún más preferiblemente, el sistema de floculación de acuerdo con el primer aspecto de la invención se agregaría a o antes de todas las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD salvo la final y el sistema de floculación de acuerdo con el segundo aspecto de la invención agregado o antes de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD. De esta manera en esta realización especialmente preferida se puede agregar un polímero ATBS a o antes de cualquier número o todas las etapas de separación de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD salvo la etapa final y el floculante polimérico orgánico y el agente de soporte agregados a o antes de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD.

Al aplicar el sistema de floculación a o antes de por lo menos una de las etapas de floculación de la disposición CCD como se describió aquí anteriormente, se ha encontrado que un número de etapas de separación líquidos sólidos CCD se puede reducir en por lo menos uno y en algunos casos en dos. Esto produciría mejoras significativas en términos de costes operativos de mantener la disposición CCD y también el consumo de productos químicos de floculación para la separación líquido sólido.

Las pulpas de lixiviación acuosas de las operaciones de lixiviación (es decir, la etapa de lixiviación) tienden a comprender una mezcla de sólidos lixiviados y solución de lixiviación acuosa. Las soluciones de lixiviación acuosas normalmente comprenderían agua, un agente de lixiviación y un metal. Las soluciones de lixiviación acuosas pueden contener adicionalmente otros metales, impurezas y una pequeña cantidad de sólidos lixiviados residuales. Los sólidos lixiviados son los residuos que resultan de la lixiviación de material que contiene metal (por ejemplo minerales que contienen metal). Las pulpas de lixiviación acuosas se pueden obtener a partir del tratamiento de tierra o minerales molidos con solución acuosa de un agente de lixiviación.

El flujo de las pulpas de lixiviación acuosa, soluciones de lixiviación acuosas, refinados y otros flujos descritos en el proceso de la presente invención se pueden alcanzar al convertirlos respectivamente en tuberías o cualquier otro conducto natural o hecho por el hombre.

La forma en que se lleva a cabo la separación líquidos sólidos no es especialmente crítica. Por ejemplo, los sólidos se pueden separar de los líquidos mediante métodos que incluyen, pero no se limitan a, decantación y/o centrifugación y/o filtración. Se prefiere decantación.

El proceso de acuerdo con la presente invención se puede utilizar en cualquier operación de recuperación de metal que emplea una operación de lixiviación acuosa (denominada frecuentemente como una operación de lixiviación por agitación acuosa) en donde el agente de lixiviación se regenera en el proceso de extracción de disolvente. De esta manera, los procesos de acuerdo con la presente invención se pueden aplicar a cualquier metal lixiviado mediante solución acuosa. Dichos metales incluyen metales de transición. Los procesos de acuerdo con la presente invención se emplean preferiblemente en la lixiviación de metales que se presentan en la naturaleza como óxido y/o minerales de azufre. Los procesos de acuerdo con la presente invención se utilizan más preferiblemente en la lixiviación de minerales de metales divalentes. Dichos metales incluyen cobre, zinc, cobalto y níquel. Los procesos de acuerdo con la presente invención se utilizan más preferiblemente para lixiviación de cobre.

Las soluciones de lixiviación acuosas tratadas en los procesos de acuerdo con la presente invención contienen un agente de lixiviación que es capaz de lixiviar el metal del mineral. Los procesos de acuerdo con la presente invención se pueden aplicara a operaciones de lixiviación en las que se emplea un agente de lixiviación acuoso. En determinadas realizaciones preferidas de la presente invención el agente de lixiviación comprende ácido sulfúrico. En aquellas realizaciones preferidas de la presente invención en donde el metal comprende cobre, se prefiere que se utilice ácido sulfúrico como agente de lixiviación. Otros agentes de lixiviación que se pueden utilizar en el proceso de la presente invención incluyen, pero no se limitan a ácidos tal como ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácidos orgánicos y

combinaciones de los mismos, y sustancias básicas tales como amoníaco (es decir, hidróxido de amonio cuando se combina con agua). Esencialmente, se puede utilizar cualquier agente de lixiviación, que sea miscible en agua, capaz de lixiviar metal del mineral y que produzca un compuesto de metal agente de lixiviación soluble en agua.

En el proceso de la presente invención la primera solución de lixiviación acuosa clarificada se somete normalmente a extracción de solvente sin ninguna dilución significativa. A este respecto la primera solución de lixiviación acuosa clarificada puede ser directamente fluida para extracción de solvente desde la primera etapa de separación líquidos sólidos (es decir primera etapa de separación líquidos sólidos luego de la etapa de lixiviación). En forma adecuada la única solución acuosa clarificada que se diluye significativamente puede ser por lo menos una de las soluciones de lixiviación acuosas clarificadas adicionales.

Por dilución significativa damos a entender la adición de una cantidad de agua medible u otra solución acuosa para una solución de lixiviación acuosa. De acuerdo con lo anterior, la dilución significativa de por lo menos una de las soluciones de lixiviación acuosa adicionales se refiere generalmente a la adición de agua u otra solución acuosa a aquella pulpa de lixiviación acuosa adicional en una cantidad tal que la concentración de metal en la primera solución de lixiviación acuosa clarificada es mayor que la concentración de metal en por lo menos una de las soluciones de lixiviación acuosas clarificadas adicionales. En realizaciones preferidas de la presente invención, la concentración de metal en la primera solución de lixiviación acuosa clarificada es por lo menos 20% mayor, por lo menos 30% mayor, por lo menos 40% mayor, por lo menos 50% mayor, por lo menos un 60% mayor, por lo menos 70% mayor, por lo menos un 80% mayor, por lo menos un 90% mayor, por lo menos 100% mayor, por lo menos un 200% mayor, por lo menos un 300% mayor, por lo menos un 400% mayor y 500% mayor, o incluso más que la concentración de metal en por lo menos una de las soluciones de lixiviación acuosas clarificadas adicionales. En la mayoría de las realizaciones preferidas de la presente invención, la primera solución de lixiviación acuosa clarificada se somete a extracción de disolvente sin ninguna dilución. Sin embargo, se entiende que el agua u otra solución acuosa se puede agregar a la primera solución de lixiviación acuosa clarificada antes de la extracción de disolvente, pero solo en dichas cantidades que las concentraciones de metal en su primera solución de lixiviación acuosa clarificada antes de extracción de disolvente permanecen mayor que la concentración de metal en cualquiera de las soluciones de lixiviación acuosas clarificadas adicionales. Sin embargo, cuando aumenta la dilución de la primera solución de lixiviación acuosa clarificada se reduce la recuperación de agente de lixiviación, se prefiere menos dilución.

La extracción de disolvente de acuerdo con el proceso de la presente invención se puede llevar a cabo en cualquier forma conocida en la que la solución de lixiviación acuosa se pone en contacto con la fase orgánica que contiene un reactivo de extracción de metal. Cada extracción realizada de acuerdo con la presente invención se puede llevar a cabo al mezclar la fase orgánica y el agente de lixiviación acuoso y permitir que se decanten las dos fases. Esta mezcla y decantación se pueden llevar a cabo en múltiples series de tanques de mezclado y decantación con flujo contracorriente de fases acuosas y no acuosas.

La fase acuosa que resulta de una operación de extracción de disolvente se denomina como un refinado. En el proceso de acuerdo con la presente invención, la primera solución de lixiviación acuosa clarificada se somete a extracción de disolvente como se indicó anteriormente y se obtiene un primer refinado acuoso. En el proceso de acuerdo con la presente invención por lo menos una solución de lixiviación acuosa adicional, opcionalmente con dilución con un vapor acuoso, se somete a extracción de disolvente como se indicó anteriormente y se obtiene por lo menos un refinado acuoso adicional. El primer refinado producido de acuerdo con este proceso de la presente invención tendrá generalmente una concentración de agente de lixiviación que es mayor que la concentración de agente de lixiviación presente en cualquiera de por lo menos uno de los refinados adicionales. En realizaciones preferidas de la presente invención, el primer refinado tendrá una concentración de agente de lixiviación que es por lo menos 10% mayor que la concentración de agente de lixiviación presente en por lo menos un refinado adicional. En determinadas realizaciones mas preferidas de la presente invención, el primer refinado tendrá una concentración de agente de lixiviación que es por lo menos 20% mayor, 30% mayor, 40% mayor, 50% mayor, 60% mayor, 70% mayor, 80% mayor, 90% mayor, 100% mayor, 200% mayor, o más que la concentración de agente de lixiviación presente en por lo menos uno de los refinados adicionales.

En el proceso de acuerdo con la presente invención, por lo menos una de las soluciones de lixiviación acuosas se puede diluir antes de ser sometida a extracción de disolvente. Esto se puede lograr mediante la adición de agua o una solución acuosa a la segunda pulpa de lixiviación acuosa antes de la separación líquido sólido. De esta manera la segunda pulpa de lixiviación acuosa se puede diluir con un vapor acuoso. El vapor acuoso para diluir la segunda pulpa de lixiviación acuosa puede comprender agua fresca introducida en el proceso, por lo menos una parte de por lo menos un refinado acuoso adicional, o combinaciones de los mismos. En determinadas realizaciones preferidas de la presente invención, la segunda pulpa de lixiviación acuosa se diluye con por lo menos una parte del segundo refinado acuoso. En donde el agente de lixiviación comprende un ácido, la segunda o cualquier refinado acuoso adicional puede ser neutralizado por lo menos parcialmente antes de su uso para diluir la segunda pulpa de lixiviación acuosa. Se puede lograr neutralización mediante la adición de cualquier sustancia básica. En aquellas realizaciones en las que el agente de lixiviación comprende ácido sulfúrico, cal es el agente de neutralización preferido. Adicionalmente, se necesita completar neutralización. Normalmente un rango de pH adecuado para el segundo neutralizado parcialmente para refinado adicional es cualquier pH hasta aproximadamente 8, por ejemplo 6 a 7.5 u 8.

En los procesos de la presente invención puede ser deseable purgar una parte del segundo refinado acuoso adicional del circuito para mantener el equilibrio de agua. Adicionalmente, en determinadas realizaciones preferidas de la presente invención, se recicla por lo menos una parte del primer refinado acuoso a una operación de lixiviación en

donde se emplea allí el agente de lixiviación contenido para lixiviar más metal del mineral. En realizaciones más preferidas, por lo menos una parte del segundo refinado acuoso se recicla a la misma operación de lixiviación de la cual se obtuvo la solución de lixiviación acuosa. En realizaciones aún más preferidas de la presente invención se recicla por lo menos una parte del primero y segundo refinados acuosos a una operación de lixiviación en donde se emplea el agente de lixiviación contenido allí para lixiviar más metal del mineral. En aun todavía realizaciones más preferidas, por lo menos una parte del primero y segundo refinados acuosos adicionales se reciclan en la misma operación de lixiviación en a que se obtuvo la solución de lixiviación acuosa.

En una realización del proceso de la invención la primera solución de lixiviación acuosa clarificada y por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional se pueden cargar en las plantas separadas de extracción de solución (extracción de disolvente) cada una con unidades de depuración separadas. No obstante, puede ser preferible dirigir por lo menos dos de estas soluciones de lixiviación acuosas clarificadas a una única planta de extracción de solución que tiene el número de requisito de unidades de extracción para tratar con los vapores respectivos de las soluciones de lixiviación acuosa clarificados. De esta manera la primera solución de lixiviación acuosa clarificada y por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional se cargan (si hay más de dos) en una única planta de extracción de solución que comprende por lo menos dos extractores de solución y por lo menos una unidad de depuración. También puede ser deseable para la planta de extracción incluir adicionalmente por lo menos una etapa de lavado.

En una ilustración de utilización de una planta de extracción de solución, se puede cargar una primera solución de lixiviación acuosa clarificada (que se puede considerar como una HGPLS) a una unidad extractora de solución dentro de una única planta de extracción de solución; luego producir un refinado (que se puede considerar como un refinado de grado alto) y una solución orgánica cargada con metal al poner en contacto la primera solución de lixiviación acuosa clarificada con una solución orgánica parcialmente cargada en el extractor de solución; proporcionar una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional (que puede ser considerada como una LGPLS) a una unidad extractora de solución diferente dentro de la misma planta de extractor de solución; luego producir un refinado (un refinado de grado bajo) y la solución orgánica parcialmente cargada al poner en contacto la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional con un flujo orgánico estéril que contiene un reactivo de extracción de metal. El caudal de flujo orgánico y la concentración de reactivo se pueden variar con el fin de mantener una recuperación constante a través de la extracción. Esto puede ser considerado como mantener el contenido de metal residual en el refinado acuoso de salida a un nivel deseado. A este respecto la concentración de metal en la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional se puede ajustar al mezclar una parte de la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional con la primera solución de lixiviación acuosa clarificada de tal manera que la cantidad de metal que ingresa al circuito de extracción para la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional permanece sustancialmente constante.

La operación de separación sólido líquido adicional del presente proceso puede comprender etapas de separación líquidos sólidos que hacen parte completamente de la disposición CCD. Con esta característica de proceso puede ser deseable que solo se produzca una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional. Generalmente, esta sería de la primera etapa de separación sólido líquido de la disposición CCD. Así en este aspecto del proceso habría una corriente de la primera solución de lixiviación acuosa clarificada y una corriente en la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional. Estas dos corrientes se cargarían a la extracción de disolvente. Normalmente sería posible emplear una serie entrelazada de etapas de depuración y etapas de lavado como un tren de extracción de disolvente. Una planta de extracción de disolvente puede tener una serie de trenes. El refinado acuoso adicional producido mediante la extracción solvente de la solución de lixiviación acuosa clarificada adicional se puede reciclar en la etapa final de la disposición CCD.

En una variante del proceso actual puede ser deseable que la operación de separación sólido líquido adicional del proceso actual comprenda una etapa de separación sólido líquido intermedia que no hace parte de la disposición CCD con las etapas de separación sólido líquido posteriores que hacen parte de la disposición CCD. Se pueden producir dos soluciones de lixiviación acuosa clarificadas adicionales que comprende una segunda solución de lixiviación acuosa que resulta de la etapa de separación sólida líquida intermedia (es decir, que no hace parte de la disposición CCD), y una solución de lixiviación acuosa clarificada terciaria que resulta de la primera de sus etapas de separación sólido líquido de la disposición CCD. En forma adecuada la segunda y tercera soluciones de lixiviación acuosas clarificadas se someterían luego a extracción de disolvente para producir un segundo refinado y un tercer refinado respectivamente. Las tres corrientes de la primera, segunda y tercera soluciones de lixiviación acuosas se cargarían deseablemente a unidades de extractor separadas, opcionalmente dentro de una o más plantas de extractor de solución (trenes). Sería deseable cargar por lo menos una parte del segundo refinado en cualquiera o ambos de la segunda pulpa de lixiviación acuosa o la primera pulpa de lixiviación acuosa. Preferiblemente, esencialmente todo el segundo refinado se carga en la segunda pulpa de lixiviación acuosa. Normalmente en esta disposición el primer refinado acuoso se reciclaría a la primera pulpa de lixiviación acuosa; el segundo refinado acuoso se reciclaría a la segunda pulpa de lixiviación acuosa; y el tercer refinado acuoso se reciclaría a la etapa de separación final líquido sólido de la disposición CCD.

Como una ilustración de presente invención se hace referencia a las figuras 1 a 3

La figura 1 describe un proceso de lixiviación y recuperación de metal adecuado de acuerdo con la invención. El PLT es una etapa de lavado prelixiviación llevada a cabo sobre el material que contiene metal (no esencial para el proceso). LIXIVIACIÓN es la etapa de lixiviación en la que el agente de lixiviación se combina con el material que contiene metal. SLS es la primera etapa de separación líquidos sólidos que proporciona una primera solución de lixiviación acuosa clarificada y una segunda pulpa de lixiviación acuosa. CCD1, CCD2-4 y CCD 5 todas son etapas de separación líquidos sólidos adicionales y todas parten de la disposición CCD. CCD2-4 es una representación diagramática de las tres

etapas de separación sólido líquido CCD2, CCD3 y CCD4. El SX1 de alto grado es una unidad de extracción de disolvente para la primera solución de lixiviación acuosa producida a partir de SLS. El SX2 de bajo grado es la unidad de extracción de disolvente para la solución de lixiviación acuosa adicional producida por CCD1

El proceso de extracción de disolvente está compuesto normalmente de dos operaciones; la extracción y depuración. En la extracción, el metal se debe transferir en la fase orgánica desde el PLS (solución de lixiviación cargada) y en la depuración, el metal se transfiere generalmente desde la fase orgánica cargada con metal en una solución acuosa de la cual luego se recupera el metal. En términos del cobre, el proceso de depuración implicará normalmente poner en contacto el orgánico cargado con metal con un electrolito que contiene 30-40 gpl de cobre y 175-200 gpl de ácido sulfúrico. Las cantidades exactas de cobre y ácido dependerán de las condiciones de operación en electrolisis. Los procesos de depuración resultan adecuadamente en una fase orgánica estéril de metal que regresa a extracción y un electrolito rico que contiene 40-50 gpl de cobre y 150-160 gpl de ácido. El electrolito rico se puede cargar para electrolisis cuando el cobre se recupere como metal de cobre y se genere el electrolito que regresa para depuración.

La figura 2 representa una realización preferida de la presente invención en la que el sistema de floculación (floculante) se aplica a por lo menos dos etapas de la disposición CCD. Se muestra una primera etapa de lixiviación (lixiviación) de la cual una primera pulpa de lixiviación acuosa pasaría a una primera etapa de separación líquidos sólidos (LS). Una primera solución de lixiviación acuosa se produciría desde esta primera etapa de separación líquidos sólidos y pasa a la extracción de disolvente (SX1); un refinado acuoso producido de esta etapa se reciclaría en lixiviación. Una segunda pulpa de lixiviación acuosa que resulta de la primera etapa de separación líquidos sólidos pasaría a etapas de separación líquidos sólidos adicionales en secuencia representada por tres cajas (LS) en una disposición CCD. Una solución de lixiviación acuosa adicional se produciría a partir de la primera de estas separaciones adicionales líquido sólido y luego pasaría a extracción de disolvente (SX2). Un refinado acuoso producido de esta extracción de disolvente se indica por estar reciclado a la última etapa de la disposición CCD. La neutralización es una etapa opcional en casos en donde el refinado pueda ser muy ácido. Los residuos representan los sólidos que resultan de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD, eliminados del proceso. Recuperación de Co representa un proceso óptimo para la recuperación de cobalto.

En algunos casos, determinados minerales pueden contener un segundo metal. Determinados depósitos de mineral de tipo de óxido de cobre grado alto contienen cantidades pequeñas de cobalto. En dichos casos se extraería el cobre personalmente y el cobalto se pueden recuperar al tratar una corriente de purga del segundo refinado o refinado acuoso adicional de la segunda extracción de disolvente y luego precipitar el cobalto como una sal, tal como el sulfuro de cobalto. También puede ser deseable extraer el cobalto del vapor de purga neutralizado con un reactivo de extracción de disolvente tal como un ácido organofosfínico. En este caso el líquido acuoso empobrecido con cobalto regresaría a la segunda corriente de refinado acuoso adicional antes de la adición al tren CCD.

La figura 3 representa una variación del proceso de la presente invención en la que la primera etapa de separación líquidos sólidos adicional no hace parte de la disposición CCD. El material que contiene metal se carga en la etapa de lixiviación (Lixiviación 1) y luego se somete a la primera separación líquidos sólidos representada por la primera caja de la izquierda marcada (LS); luego se pasa la primera solución de lixiviación acuosa clarificada a extracción de disolvente (SX1) de la cual se recicla el primer refinado acuoso a Lixiviación 1. Una segunda pulpa de lixiviación acuosa que resulta de la primera etapa de separación líquidos sólidos que se pasa luego a una segunda etapa de lixiviación (Lixiviación 2) y luego se somete a una segunda etapa de separación líquidos sólidos representada por la segunda caja de la izquierda marcada (LS); la segunda solución de lixiviación acuosa clarificada se pasa luego a extracción de disolvente (SX2) de la cual por lo menos una parte del segundo refinado acuoso se recicla a Lixiviación 2; una parte también puede ir a Lixiviación 1. Los sólidos que resultan de esta segunda etapa de separación líquidos sólidos se pasan a través de una serie de etapas de separación líquidos sólidos en una disposición CCD en la que se produce una tercera solución de lixiviación acuosa y se pasan a extracción de disolvente (SX3); el refinado acuoso de esta etapa se recicla a la última etapa de separación sólido líquido de la disposición CCD. Los sólidos que resultan de esta etapa se retirarían del proceso, indicado como Residuos. De acuerdo con el proceso de la presente invención la corriente de floculación se puede agregar a o antes de cualquier número de etapas de separación sólido líquido o incluso todas las etapas de separación sólidos líquidos.

Los sistemas de floculación típicos de acuerdo con la presente invención que se puede utilizar en conjunto con cualquiera de las etapas de separación líquido sólido, especialmente cualquiera o ambas de las dos etapas de separación líquidos sólidos del tren CCD, de las ilustraciones de acuerdo con las figuras 1 a 3 son como sigue:

Descripción de polímeros que se pueden utilizar:

Polímero A-un poliacrilato de sodio de peso molecular de aproximadamente 15.000.000;

Polímero B-un homopolímero de acrilamida de peso molecular de aproximadamente 15.000.000;

Polímero C-una sal de sodio de ácido 2-acrilamido-2-propano sulfónico copolímero (ATBS) de acrilamida de peso molecular de aproximadamente 15.000.000;

Polímero de D- copolímero de acrilato 10/90 peso/peso acrilamida de sodio de peso molecular aproximadamente 15.000.000;

Polímero E-copolímero 30/70 peso/peso acrilato/acrilamida de sodio de peso molecular aproximadamente 15.000.000;

Polímero F-copolímero 50/50 peso/peso acrilato/acrilamida de sodio de peso molecular aproximadamente 20.000.000;

Polímero G- copolímero 30/70 peso/peso acrilato/acrilamida de sodio de peso molecular aproximadamente 17,000,000;
 PolímeroH - coopolímero 60/40 peso/peso cloruro de metilo cuaternizado dimetil aminoacrilado/acliramida de etilo de peso molecular de aproximadamente 12.000.000.

Todos los polímeros tendrían una viscosidad intrínseca de más de 4 dl/g.

- 5 Agentes de soporte adecuados que se pueden utilizar
- Agente 1 - solución acuosa de peróxido de hidrógeno (30% en peso);
- Agente 2 - perborato de sodio;
- Agente 3 - hipoclorito de sodio;
- Agente 4 - persulfato de sodio;
- 10 Agente 5 - metabisulfito de sodio;
- Agente 6 - sulfito de sodio;
- Agente 7 - persulfato de amonio;
- Agente 8 - nitrito de sodio;
- Agente 9 - nitrato de sodio;
- 15 Agente 10 - agua ozono (10% en peso)

En todos los casos el polímero se aplicaría directamente al pozo de alimentación de la etapa de separación líquido sólido. El agente de soporte más deseable se agregaría directamente en el lecho de sólidos decantados. Los sistemas de la invención mejorarían la recuperación de metal y lixiviarían la recuperación y/o reducirían el número de etapas de separación líquidos sólidos requeridas en el tren CCD mediante comparación para emplear sistemas de floculación convencionales no de acuerdo con la invención.

Ejemplo 1

Una muestra de la suspensión de la carga a la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición de decantación contracorriente de un proceso de lixiviación y recuperación de metal se extrae y utiliza en las pruebas de separación líquido sólido.

- 25 Se utilizan los siguientes parámetros como floculante:

Polímero B

Polímero G

Polímeros C

- 30 En el que la definición de los polímeros respectivos se proporcionó anteriormente. Como agente de soporte se emplea ozono o hipoclorito de sodio y ozono como sigue:

Floculante: Agente de soporte

Polímero B: Ozono

Polímero C: Ozono e hipoclorito de sodio

Polímero G: Ozono e hipoclorito de sodio

- 35 Los resultados de las pruebas indicaron un proceso de lixiviación y metal mejorados utilizando el sistema de floculación de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de lixiviación y recuperación de metal comprende:

(a) Someter un material que contiene metal a un proceso activo al combinar dicho material que contiene metal con un agente de lixiviación para liberar por lo menos un metal valioso de dicho material que contiene metal y obtener una primera pulpa de lixiviación acuosa que comprende una mezcla de sólidos lixiviados y una solución de lixiviación acuosa que comprende por lo menos un metal valioso, un agente de lixiviación y agua;

(b) Someter la primera pulpa de lixiviación acuosa a una etapa de separación líquidos sólidos para proporcionar una primera solución de lixiviación acuosa clarificada y una segunda pulpa de lixiviación acuosa, en la que la segunda pulpa de lixiviación acuosa comprende un mayor contenido de sólidos que la primera pulpa de lixiviación acuosa;

(c) Someter la primera solución de lixiviación acuosa clarificada a extracción de disolvente obteniendo por lo tanto un primer refinado acuoso;

(d) Someter la segunda pulpa de lixiviación acuosa a por lo menos dos etapas separación líquidos sólidos adicionales de las cuales algo o todas las etapas de separación líquidos sólidos adicionales están en disposición de decantación contracorriente (CCD) en la que cada etapa de separación líquidos sólidos de la disposición CCD resulta en un licor acuoso y una suspensión de sólidos acuosa, en donde cada suspensión acuosa de sólidos resulta de cada etapa de separación líquidos sólidos de la disposición CCD que pasa a la etapa de separación líquidos sólidos posterior de la disposición CCD y la suspensión de sólidos acuosa que resulta de la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD se retira del proceso y en el que cada licor acuoso que resulta de cada etapa de separación líquidos sólidos de la disposición CCD se pasa a la etapa de separación líquidos sólidos anterior, en el que por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional resulta de por lo menos una de las etapas de separación líquido sólidos adicionales;

(e) Someter por lo menos una solución de lixiviación acuosa clarificada adicional a extracción obteniendo por lo tanto por lo menos un refinado acuoso adicional;

(f) Alimentar por lo menos una parte de uno o más refinados acuosos adicionales en la etapa de separación líquidos sólidos final de la disposición CCD;

en donde por lo menos una de las etapas de separación líquidos sólidos se somete a un sistema de floculación en el que el sistema de floculación comprende:

(i) Adición de un floculante polimérico orgánico a o antes de por lo menos una etapa de separación líquido sólido, cuyo floculante polimérico se forma de ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (ATBS) o sales del mismo como un homopolímero o un copolímero con por lo menos un monómero etilénicamente insaturado soluble en agua; o

(ii) Adición de un floculante polimérico orgánico y por lo menos un agente de soporte a o antes de por lo menos una etapa de separación líquido sólido, que en por lo menos un agente de soporte se selecciona de por lo menos uno del grupo que consiste de agentes oxidantes, agentes de reducción, agentes que producen radicales libres e irradiación.

2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el floculante polimérico orgánico es un copolímero de ATBS y ya sea acrilamida o metacrolamida.

3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el floculante polimérico orgánico es un copolímero de acrilato de sodio y ya sea acrilamida o metacrilamida y se utiliza en conjunto con el agente de soporte.

4. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que se utiliza floculante polimérico orgánico en conjunto con un agente de oxidación, preferiblemente peróxido de hidrógeno u ozono.

5. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que el floculante polimérico orgánico se utiliza en conjunto con una irradiación, preferiblemente irradiación ultrasónica.

6. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que el agente de soporte se utiliza en conjunto con por lo menos un agente de control, en el que por lo menos un agente de control consiste de iia) por lo menos un componente activador o iib) por lo menos un componente supresor, en el que por lo menos un componente activador incrementa la actividad del agente de oxidación y el componente supresor reduce la concentración del componente activador.

7. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que el floculante polimérico orgánico exhibe una viscosidad intrínseca de por lo menos 4 dl/g.

8. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que se aplica el sistema floculante a cualquiera o ambas de las etapas de separación líquidos sólidos finales o penúltimas de la disposición CCD.

9. Un procedimiento de acuerdo con una reivindicación precedente en el que la primera solución de lixiviación acuosa clarificada y la por lo menos una solución de lixiviación acuosa adicionalmente clarificada son ambas/todas cargadas a una planta de extracción de solución que comprende por lo menos dos extractores de solución y por lo menos una unidad de depuración.

10. Un proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que la segunda pulpa de lixiviación se somete a una etapa de lixiviación adicional y luego pasa a etapas de separación líquidos sólidos adicionales en la que las

etapas de separación de líquido sólido adicionales comprenden una etapa de separación líquidos sólidos intermedia que no hace parte de las etapas de separación líquidos sólidos posteriores y CCD que hacen parte de la disposición CCD,

5 en el que se producen dos soluciones de lixiviación acuosa clarificadas adicionales que comprenden una segunda solución de lixiviación acuosa clarificada que resultan de la etapa de separación líquidos sólidos intermedia que no hace parte de la disposición CCD y una solución de lixiviación acuosa clarificada terciaria que resulta de la primera de las etapas de separación líquidos sólidos de la disposición CCD,

en la que la segunda y tercera soluciones acuosas clarificadas se someten ambas a extracción de disolvente para producir un segundo refinado y un tercer refinado

10 11. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 10, en el que por lo menos una parte del segundo refinado se carga en cualquiera o ambas de la segunda pulpa de lixiviación acuosa o la primera pulpa de lixiviación acuosa.

12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 10 o reivindicación 11 en la que esencialmente todo el segundo refinado se carga en la segunda pulpa de lixiviación acuosa.

Figura 1

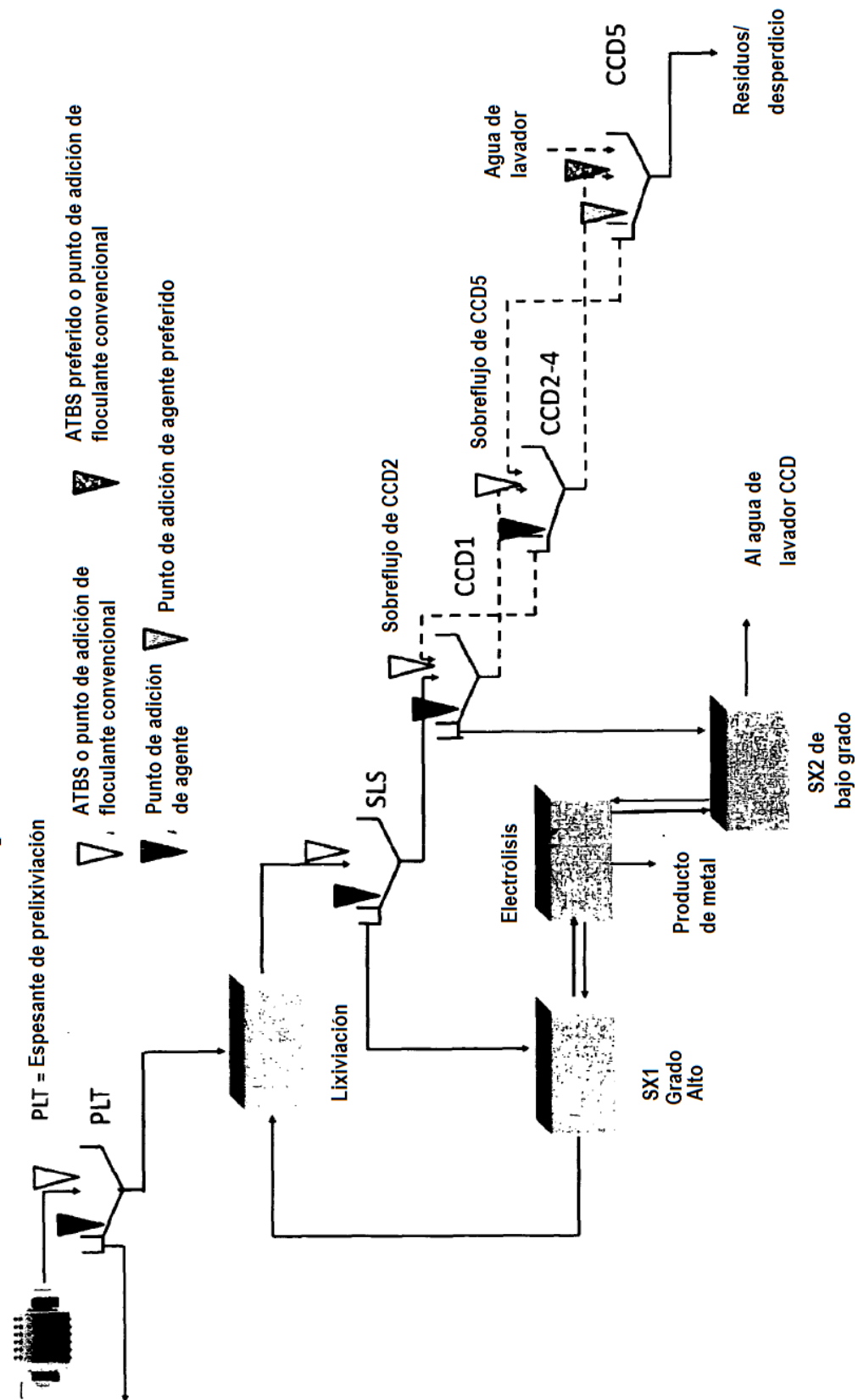


Figura 2

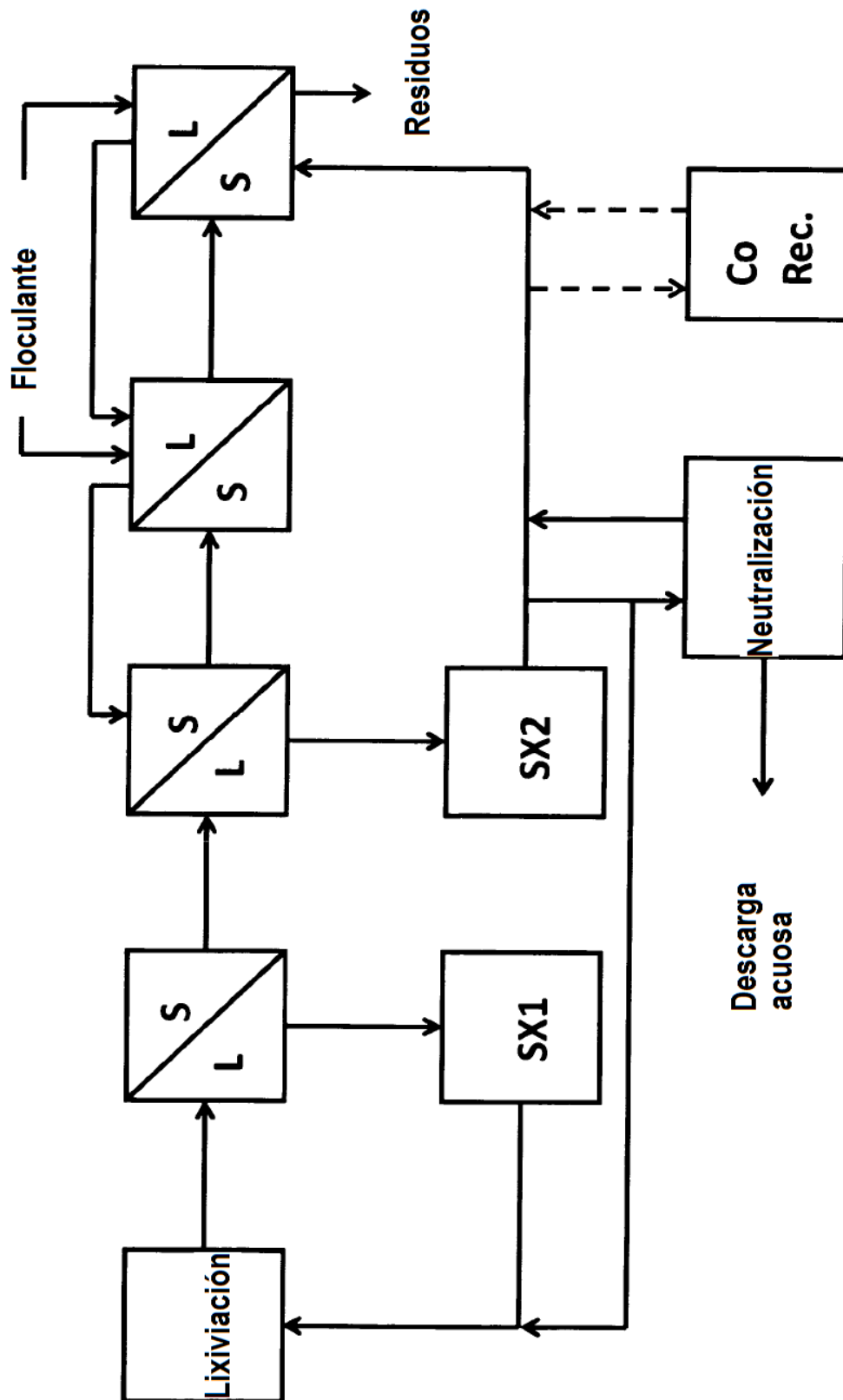


Figura 3

