

MÉTODOS Y SISTEMAS PARA CLASIFICACIÓN Y RECUPERACIÓN

REFERENCIA CRUZADA A LAS SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de los EE.UU. nro. 63/482.185, presentada el 30 de enero de 2023, la cual se incorpora a la presente a modo de referencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Diversos procesos industriales y de la minería producen corrientes de residuos que son descartadas. Estas corrientes de residuos, no obstante, pueden incluir uno o más materiales de valor.

Con frecuencia se utiliza una forma de clasificación (por ejemplo, separación ciclónica) y beneficiamiento (por ejemplo, flotación de minerales o separación magnética) cuando se intenta recuperar sólidos de corrientes líquidas, tales como corrientes de residuos líquidos. Estas técnicas, sin embargo, pueden ser inefectivas y/o ineficientes, especialmente cuando una corriente incluye sólidos de tamaños relativamente pequeños. Generalmente, se somete una corriente a separación ciclónica en un esfuerzo para remover materiales que no son susceptibles de ciertos procesos de separación, tales como flotación, debido por ejemplo, al tamaño de partícula. Sin embargo, con la separación ciclónica es difícil remover materiales que tienen tamaños de partícula menores que aproximadamente 40 μm , debido a que ciclones más pequeños configurados para remover tales materiales pueden enfrentar una o más dificultades operativas.

Sigue existiendo una necesidad de métodos más efectivos y/o eficientes para la recuperación de sólidos, tales como sólidos valiosos, de corrientes, tales como corrientes de residuos, inclusive métodos que puedan remover sólidos que tienen tamaños más pequeños que impactan negativamente sobre los esfuerzos de recuperación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

En la presente se proporcionan métodos y sistemas que pueden incluir clasificar una corriente que contiene sólidos con una centrífuga de recipiente sólido antes de la valorización (por ejemplo, flotación o separación magnética) a fin de eliminar o reducir la cantidad de partículas más pequeñas y/o más grandes y/o contaminantes en la corriente. Sorprendentemente, las centrífugas de recipiente sólido de los métodos y

sistemas descritos en la presente, pueden lograr una clasificación relativamente precisa, tal como una clasificación que es más precisa que las logradas mediante ciclones u otros aparatos. Después de la clasificación con una o más centrífugas de recipiente sólido, una corriente puede ser sometida a cualquier proceso de valorización conocido, inclusive, entre otros, los descritos en la presente, los cuales pueden incluir flotación, tal como un proceso de flotación de paso dual (por ejemplo, un proceso de flotación que incluye flotación inversa y flotación directa o combinaciones con separación magnética). Debido a la clasificación mediante una o más centrífugas de recipiente sólido se pueden mejorar uno o más parámetros del proceso de valorización.

En un aspecto, se proporcionan métodos de clasificación y recuperación. En algunas modalidades, los métodos incluyen proporcionar una primera corriente que incluye una primera pluralidad de sólidos. La primera pluralidad de sólidos puede incluir un material de interés, tal como cualquiera de los descritos en la presente. La primera pluralidad de sólidos puede incluir una primera porción que tiene tamaños mayores que un tamaño de partícula de un primer valor de corte, y una segunda porción que tiene tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte.

Los métodos pueden incluir la disposición de la primera corriente en una primera centrífuga de recipiente sólido para producir una primera torta y un primer centrifugado. La primera torta puede incluir una segunda pluralidad de sólidos, la cual puede incluir al menos 50% en peso, de la primera porción de la primera pluralidad de sólidos. El primer centrifugado puede incluir una tercera pluralidad de sólidos, la cual puede incluir al menos 50% en peso de la segunda porción de la primera pluralidad de sólidos.

Los métodos pueden incluir someter la primera torta o el primer centrifugado a un procedimiento de valorización para producir una corriente de producto que incluye al menos una porción del material de interés; o disponer la primera torta o el primer centrifugado en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir a) una segunda torta que comprende una cuarta pluralidad de sólidos y b) un segundo centrifugado que comprende una quinta pluralidad de sólidos, y someter la segunda torta o el segundo centrifugado a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que incluye al menos una porción del material de interés.

En otro aspecto, se proporcionan sistemas que incluyen sistemas para clasificación y recuperación. En algunas modalidades, los sistemas incluyen una primera centrífuga de recipiente sólido, opcionalmente una segunda centrífuga de recipiente sólido, y un aparato de valorización, tal como un aparato de flotación. El aparato de valorización puede estar configurado para recibir una torta, un centrifugado, o una torta

diluida de la primera centrífuga de recipiente sólido u opcionalmente de la segunda centrífuga de recipiente sólido. El aparato de valorización puede ser un aparato de flotación, el cual puede incluir un aparato de flotación inversa y un aparato de flotación directa. El aparato de valorización puede ser un aparato capaz de realizar la separación magnética mediante la concentración de materiales que son ferromagnéticos o paramagnéticos.

En la descripción a continuación se establecerán en parte aspectos adicionales, y en parte resultarán obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender mediante la práctica de los aspectos descritos en la presente o derivados del trabajo de investigación específico. Las ventajas descritas en la presente se pueden realizar y obtener por medio de los elementos y las combinaciones particularmente señalados en las reivindicaciones adjuntas. Se ha de entender que tanto la descripción general precedente como la descripción detallada a continuación son a modo de ejemplo y solamente explicativas y no son restrictivas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La **FIG. 1A** ilustra una modalidad de un sistema y un método para clasificación con una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 1B** ilustra una modalidad de un sistema y un método para clasificación con una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 1C** ilustra una modalidad de un sistema y un método para clasificación con una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 1D** ilustra una modalidad de un sistema y un método para clasificación con una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 1E** ilustra una modalidad de un sistema y un método para clasificación con una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 2** ilustra una modalidad de un sistema y un método para procesar una corriente antes de la clasificación.

La **FIG. 3** ilustra una modalidad de un sistema y una modalidad de un método de flotación.

La **FIG. 4** ilustra una modalidad de un sistema y un método para procesar una o más corrientes con un espesador y un aparato deshidratador, tal como una centrífuga de recipiente sólido.

La **FIG. 5** ilustra un trazado de curvas de recuperación de grado por flotación observados para varias modalidades de los métodos descritos en la presente.

La **FIG. 6** ilustra un trazado de porcentaje de recuperación de metales del grupo platino (MGP) por flotación frente a la tasa de concentración para modalidades de los métodos descriptos en la presente.

La **FIG. 7** ilustra un trazado de curvas cinéticas de flotación correspondientes a modalidades de los métodos descriptos en la presente.

La **FIG. 8** ilustra un trazado de curvas de recuperación de grado por flotación de limpieza para modalidades de los métodos descriptos en la presente.

La **FIG. 9** ilustra un trazado de la cinética de limpieza rápida y lenta observada para las modalidades de los métodos descriptos en la presente.

La **FIG. 10** ilustra un trazado de la concentración de hierro en un centrifugado versus el caudal.

La **FIG. 11** ilustra un trazado de la concentración de hierro en un centrifugado versus el caudal.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la presente se proporcionan métodos y sistemas para clasificación y recuperación.

En algunas modalidades, los métodos incluyen proporcionar una primera corriente que incluye una primera pluralidad de sólidos. La primera pluralidad de sólidos puede incluir un material de interés. Los sólidos pueden incluir partículas de cualquier forma y/o tamaño. Los sólidos pueden incluir partículas con formas regulares o irregulares.

La primera pluralidad de sólidos puede incluir una primera porción y una segunda porción, las cuales se distinguen por un tamaño de partícula de un primer valor de corte. En algunas modalidades, una primera porción de la primera pluralidad de sólidos tiene tamaños mayores a un tamaño de partícula de un primer valor de corte, y una segunda porción de la primera pluralidad de sólidos tiene tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte.

En algunas modalidades, los métodos pueden incluir la disposición de la primera corriente en una primera centrífuga de recipiente sólido para producir una primera torta y un primer centrifugado.

Las frases “tamaño de partícula de un valor de corte” o “punto de corte”, como se usan en la presente, se refieren a un tamaño de partícula en el cual, 50% en peso de las partículas del tamaño de partícula en una corriente está presente en una torta, y 50% en peso de las partículas de un tamaño de partícula en una corriente está presente en

el centrifugado, cuando se procesa la corriente con una centrífuga de recipiente sólido. Un tamaño de partícula de un valor de corte se puede determinar de varias maneras, pero, a los fines de esta descripción, cada tamaño de partícula de un valor de corte (tal como cada tamaño de partícula de un primer valor de corte y cada tamaño de partícula de un segundo valor de corte) se determina según el procedimiento a continuación. (1) **Muestreo:** se toman muestras de una torta (por ejemplo, una primera torta) y un centrifugado (por ejemplo, un primer centrifugado) y se determinan las tasas de sus masas sólidas (toneladas de sólidos secos por hora). (2) **Análisis:** se miden la torta y el centrifugado para determinar sus distribuciones de tamaño, inclusive las distribuciones de masa en los rangos de tamaño. La distribución de tamaño se determina dimensionándola con tamiz o dimensionándola con láser dentro de sus respectivas limitaciones de tamaño. Los tamices generalmente se usan para fracciones gruesas (por ejemplo, mayores de 20 μm), mientras que se usan láseres para fracciones que no son susceptibles de tamizaje. (3) **Determinación del tamaño de corte:** Para cada fracción de tamaño medida (por ejemplo, 5-7 micrones) la tasa de masa de sólidos secos (tph secas) de esa fracción (% en peso de la fracción de tamaño multiplicada por la tasa de masa de sólidos secos (tph secas) de la corriente) en la torta se divide por la suma de la tasa de masa de esa fracción en ambos, la torta y el centrifugado. De este cálculo surge un porcentaje de esa fracción presente en la torta. Esta determinación se aplica a todas las fracciones de tamaño medidas. El punto en el cual el porcentaje en peso presente en la torta es 50%, es el tamaño de partícula del valor de corte.

La primera torta puede incluir una segunda pluralidad de sólidos, y la segunda pluralidad de sólidos puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99%, en peso, de la primera porción de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente. Por ejemplo, si la primera corriente incluye 100 unidades de sólidos que tienen tamaños mayores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte, entonces, al menos 50 unidades, al menos 55 unidades, al menos 60 unidades, al menos 65 unidades, al menos 70 unidades, al menos 75 unidades, al menos 80 unidades, al menos 85 unidades, al menos 95 unidades, o al menos 99 unidades pueden estar presentes en la primera torta.

El primer centrifugado puede incluir una tercera pluralidad de sólidos, y la tercera pluralidad de sólidos puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99% en peso, de la segunda porción de la primera pluralidad de sólidos

de la primera corriente. Por ejemplo, si la primera corriente incluye 100 unidades de sólidos que tienen tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte, entonces, al menos 50 unidades, al menos 55 unidades, al menos 60 unidades, al menos 65 unidades, al menos 70 unidades, al menos 75 unidades, al menos 80 unidades, al menos 85 unidades, al menos 95 unidades, o al menos 99 unidades pueden estar presentes en el primer centrifugado.

En algunas modalidades, los métodos incluyen someter la primera torta y/o el primer centrifugado a un proceso de valorización para producir una corriente de producto. La corriente de producto puede incluir al menos una porción del material de interés, como se describe en la presente.

Se describen modalidades de sistemas y métodos en la **FIG. 1A**, en la **FIG. 1B**, en la **FIG. 1C**, y en la **FIG. 1D**.

En la modalidad ilustrada en la **FIG. 1A**, una primera corriente **1** que incluye una primera pluralidad de sólidos se dispone en una primera centrífuga de recipiente sólido **10** para producir una primera torta **2** y un primer centrifugado **3**. La primera corriente **1** incluye una primera porción de sólidos que tienen tamaños mayores a un tamaño de partícula de un primer valor de corte, y una cantidad de la primera porción de la pluralidad de sólidos (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99% en peso, etc.) están presentes en la primera torta **2**. La primera corriente **1** incluye una segunda porción de sólidos que tienen tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte, y una cantidad de la segunda porción de la primera pluralidad de sólidos (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99% en peso, etc.) están presentes en el primer centrifugado **3**. Por lo tanto, la primera centrífuga de recipiente sólido **10**, según se describe en la presente, puede alcanzar una clasificación de la primera corriente **1** en un tamaño de partícula de un primer valor de corte. El tamaño de partícula del valor de corte puede ser cualquiera de aquellos descritos en la presente; por ejemplo, el tamaño de partícula del valor de corte puede ser aproximadamente 40 μm o menos, o aproximadamente 20 μm o menos, tal como 3 μm o 4 μm . La primera torta **2** se puede descartar (no se muestra), disponer en una segunda centrífuga de recipiente sólido (ver, por ejemplo, **FIG. 1B**, **FIG. 1C**), o someterla a un proceso de valorización **80**, tal como cualquiera de los descritos en la presente. De modo similar, el primer centrifugado **3** se puede descartar (no se muestra), disponer en una segunda centrífuga de recipiente

sólido (ver, por ejemplo, **FIG. 1D**, **FIG. 1E**), o someterlo a un proceso de valorización **80**, tal como cualquiera de los descriptos en la presente.

Una primera torta producida por los métodos descriptos en la presente se puede descartar, someter a un proceso de valorización, o disponer en una segunda centrífuga de recipiente sólido.

En algunas modalidades, los métodos incluyen la disposición de la primera torta en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir una segunda torta y un segundo centrifugado. La segunda torta puede incluir una cuarta pluralidad de sólidos, y el segundo centrifugado puede incluir una quinta pluralidad de sólidos. La segunda torta y/o el segundo centrifugado pueden someterse a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que incluye al menos una porción del material de interés.

La primera torta, tal como se explicó en la presente, puede incluir una segunda pluralidad de sólidos. La segunda pluralidad de sólidos puede incluir una primera porción que tiene tamaños mayores a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción que tiene tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte.

La cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, de la primera porción de la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta; y la quinta pluralidad de sólidos del segundo centrifugado puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, de la segunda porción de la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta.

En la modalidad ilustrada en la **FIG. 1B**, el primer centrifugado **3** de la **FIG. 1A** se descarta, y la primera torta **2** de la **FIG. 1A** se dispone en una segunda centrífuga de recipiente sólido **70**. La primera torta **2** puede opcionalmente diluirse antes de disponerla en la segunda centrífuga de recipiente sólido **70**. La segunda centrífuga de recipiente sólido **70** produce una corriente que incluye un segundo centrifugado **72** y una segunda torta **71**. La primera torta **2** puede incluir una primera porción de sólidos que tiene tamaños mayores a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción de sólidos que tiene tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del segundo valor de corte. Una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos

85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de la primera porción de los sólidos de la primera torta **2** puede estar presente en la segunda torta **71**, y una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de la segunda porción de los sólidos de la primera torta **2** puede estar presente en el segundo centrifugado **72**. El segundo centrifugado **72** puede descartarse (no se muestra) o someterse a un proceso de valorización **80**. La segunda torta **71** puede descartarse (no se muestra) o someterse a un proceso de valorización **80**.

La **FIG. 1C** ilustra un esquema de una modalidad de una pluralidad de sólidos **500**, y de cómo, en algunas modalidades, la pluralidad de sólidos **500** se puede procesar mediante el método y sistema de la **FIG. 1B**. En la modalidad ilustrada en la **FIG. 1C**, un tamaño de partícula de un primer valor de corte **510** es menor que un tamaño de partícula de un segundo valor de corte **520**. La pluralidad de sólidos **500** de la **FIG. 1C** incluye sólidos **501** que tienen tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte **510**, sólidos **501**, **502** que tienen tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte **520**, y sólidos **503** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520**. Una primera corriente **1** que incluye la pluralidad de sólidos **500** está dispuesta en una primera centrífuga de recipiente sólido **10** para alcanzar una clasificación de la pluralidad de sólidos **500** en el tamaño de partícula del primer valor de corte **510**. Por lo tanto, una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de los sólidos **501** que tienen tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del primer valor de corte **510** están presentes en el primer centrifugado **3**, y los sólidos **502**, **503** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del primer valor de corte **510** pueden estar presentes en la primera torta **2**. La primera torta **2**, opcionalmente, una primera torta diluida **2**, está dispuesta en la segunda centrífuga **70** para alcanzar una clasificación de los sólidos **502**, **503** en el tamaño de partícula del primer valor de corte **510**. Por lo tanto, los sólidos **502** que tienen tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520** aparecen en el segundo centrifugado **72**, y los sólidos **503** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520** pueden estar presentes en la segunda torta **71**. La segunda torta **71** luego puede ser sometida a un proceso de valorización, como se muestra, por ejemplo, en la **FIG. 1B** (**80**). Además, o alternativamente, el segundo centrifugado **72** puede ser sometido a un proceso de valorización, como se muestra, por

ejemplo, en la **FIG. 1B (80)**.

Un primer centrifugado producido por los métodos descriptos en la presente se puede descartar, someter a un proceso de valorización, o disponer en una segunda centrífuga de recipiente sólido.

En algunas modalidades, los métodos incluyen la disposición del primer centrifugado en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir una segunda torta y un segundo centrifugado. La segunda torta puede incluir una cuarta pluralidad de sólidos, y el segundo centrifugado puede incluir una quinta pluralidad de sólidos. La segunda torta y/o el segundo centrifugado pueden someterse a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que incluye al menos una porción del material de interés.

Una primera porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado puede tener tamaños mayores a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado puede tener tamaños menores o iguales al tamaño de partícula de un segundo valor de corte. Por lo tanto, la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, de la primera porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado; y la quinta pluralidad de sólidos puede incluir al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, de la segunda porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado.

En la modalidad ilustrada en la **FIG. 1D**, la primera torta **2** de la **FIG. 1A** se descarta, y el primer centrifugado **3** de la **FIG. 1A** se dispone en una segunda centrífuga de recipiente sólido **70**. El primer centrifugado **3** puede opcionalmente diluirse o concentrarse antes de disponerlo en la segunda centrífuga de recipiente sólido **70**. La segunda centrífuga de recipiente sólido **70** produce un segundo centrifugado **72** y una segunda torta **71**. El primer centrifugado **3** puede incluir una primera porción de sólidos que tiene tamaños mayores a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción de sólidos que tiene tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del segundo valor de corte. Una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de la primera porción de los sólidos del primer centrifugado **3** puede estar presente en la segunda torta **71**, y

una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de la segunda porción de los sólidos del primer centrifugado **3** puede estar presente en la corriente que incluye el segundo centrifugado **72**. El segundo centrifugado **72** puede descartarse (no se muestra) o someterse a un proceso de valorización **80**, tal como cualquiera de los descriptos en la presente. La segunda torta **71** puede descartarse (no se muestra) o someterse a un proceso de valorización **80**, tal como cualquiera de los descriptos en la presente.

La **FIG. 1E** ilustra un esquema de una modalidad de una pluralidad de sólidos **500**, y de cómo la pluralidad de sólidos **500** se puede procesar mediante el método y sistema de la **FIG. 1D**. En la modalidad ilustrada en la **FIG. 1E**, el tamaño de partícula del primer valor de corte **510** es mayor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte **520**. La pluralidad de sólidos **500** de la **FIG. 1E** incluye sólidos **501** que tienen tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520**, sólidos **501**, **502** que tienen tamaños de partícula menores o iguales al tamaño de partícula del primer valor de corte **510**, y sólidos **503** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del primer valor de corte **510**. Una primera corriente **1** que incluye la pluralidad de sólidos **500** está dispuesta en una primera centrífuga de recipiente sólido **10** para alcanzar una clasificación de la pluralidad de sólidos **500** en el tamaño de partícula del primer valor de corte **510**. Por lo tanto, una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 65%, al menos 75%, al menos 85%, al menos 95%, al menos 99% en peso, etc.) de los sólidos **501**, **502** (o en algunos casos, el material de interés) que tienen tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del primer valor de corte **510** están presentes en el primer centrifugado **3**, y los sólidos **501** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del primer valor de corte **510** están presentes en la primera torta **2**. El primer centrifugado **3** está dispuesto en la segunda centrífuga **70** para para alcanzar una clasificación de los sólidos **502**, **503** en el tamaño de partícula del primer valor de corte **520**. Por lo tanto, una cantidad (por ejemplo, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95% o al menos 99% en peso, etc.) de los sólidos **501** que tienen tamaños menores o iguales al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520** pueden estar presentes en el segundo centrifugado **73**, y los sólidos **502** que tienen tamaños mayores al tamaño de partícula del segundo valor de corte **520** pueden estar presentes en la segunda torta **71**. La segunda torta **71** luego puede ser sometida a un proceso de valorización, tal como cualquiera de los descriptos en la presente, como se

muestra, por ejemplo, en la **FIG. 1D (80)**. Además, o alternativamente, el segundo centrifugado **73** puede ser sometido a un proceso de valorización, la como cualquiera de los descriptos en la presente, como se muestra, por ejemplo, en la **FIG. 1D (80)**.

Tamaños de partícula de valores de corte

Como se explicó en la presente, las modalidades de los métodos descriptos en la presente pueden aplicar un tamaño de partícula de un primer valor de corte, o a un tamaño de partícula de un primer valor de corte y un tamaño de partícula de un segundo valor de corte. Cuando se aplican un tamaño de partícula de un primer valor de corte y un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, entonces el tamaño de partícula del primer valor de corte puede ser mayor (por ejemplo, **FIG. 1D**) o menor (por ejemplo, **FIG. 1C**) al tamaño de partícula del segundo valor de corte.

Generalmente, el tamaño de partícula del primer valor de corte y, de aplicarse, el tamaño de partícula del segundo valor de corte pueden tener cualquier valor, y el valor seleccionado puede depender, por ejemplo, del carácter de una primera pluralidad de sólidos de una primera corriente. En algunas modalidades, el tamaño de partícula del primer valor de corte y el tamaño de partícula del segundo valor de corte se seleccionan independientemente entre aproximadamente 2 μm a aproximadamente 100 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 75, aproximadamente 2 μm a aproximadamente 50 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 30 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 20 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 15 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 10 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 5 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 4 μm o aproximadamente 2 μm a aproximadamente 3 μm . Los tamaños de partícula del valor de corte se pueden seleccionar independientemente entre cualquier valor dentro de estos rangos, y el valor puede ser un número entero (por ejemplo, 5 μm , 10 μm , 20 μm , etc.) o un número no entero (por ejemplo, 3,5 μm , 5,2 μm , etc.).

En algunas modalidades, el tamaño de partícula del primer valor de corte es aproximadamente 2 μm , aproximadamente 3 μm , aproximadamente 4 μm , aproximadamente 5 μm , aproximadamente 6 μm , aproximadamente 7 μm , aproximadamente 8 μm , aproximadamente 9 μm , aproximadamente 10 μm , aproximadamente 11 μm , aproximadamente 12 μm , aproximadamente 13 μm , aproximadamente 14 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 16 μm , aproximadamente 17 μm , aproximadamente 18 μm , aproximadamente 19 μm ,

aproximadamente 20 μm , aproximadamente 21 μm , aproximadamente 22 μm , aproximadamente 23 μm , aproximadamente 24 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 26 μm , aproximadamente 27 μm , aproximadamente 28 μm , aproximadamente 29 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 31 μm , aproximadamente 32 μm , aproximadamente 33 μm , aproximadamente 34 μm , aproximadamente 35 μm , aproximadamente 36 μm , aproximadamente 37 μm , aproximadamente 38 μm , aproximadamente 39 μm , o aproximadamente 40 μm ; y, de aplicarse, el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 2 μm , aproximadamente 3 μm , aproximadamente 4 μm , aproximadamente 5 μm , aproximadamente 6 μm , aproximadamente 7 μm , aproximadamente 8 μm , aproximadamente 9 μm , aproximadamente 10 μm , aproximadamente 11 μm , aproximadamente 12 μm , aproximadamente 13 μm , aproximadamente 14 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 16 μm , aproximadamente 17 μm , aproximadamente 18 μm , aproximadamente 19 μm , aproximadamente 20 μm , aproximadamente 21 μm , aproximadamente 22 μm , aproximadamente 23 μm , aproximadamente 24 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 26 μm , aproximadamente 27 μm , aproximadamente 28 μm , aproximadamente 29 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 31 μm , aproximadamente 32 μm , aproximadamente 33 μm , aproximadamente 34 μm , aproximadamente 35 μm , aproximadamente 36 μm , aproximadamente 37 μm , aproximadamente 38 μm , aproximadamente 39 μm , o aproximadamente 40 μm .

En algunas modalidades, el tamaño de partícula del primer valor de corte es aproximadamente 15 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 30 μm o aproximadamente 18 μm a aproximadamente 22 μm , y el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 2 μm a aproximadamente 12 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 8 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 6 μm o aproximadamente 2 μm a aproximadamente 4 μm . En algunas modalidades, el tamaño de partícula del primer valor de corte es aproximadamente 2 μm a aproximadamente 12 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 8 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 6 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 4 μm , y el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 15 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 30 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 25 μm o aproximadamente 18 μm a aproximadamente 22 μm .

Procesamiento previo de la primera corriente

Una primera corriente puede ser cualquier corriente, especialmente una corriente que pueda brindar uno o más beneficios cuando se la somete a clasificación. Generalmente, una primera corriente se puede obtener de cualquier fuente. Una primera corriente se puede procesar en forma cruda (tal como se recibió), o una primera corriente se puede procesar en alguna forma antes de ser dispuesta en una primera centrífuga de recipiente sólido. Por ejemplo, una corriente, tal como una corriente cruda o cualquier otra corriente descrita en la presente, se puede disponer en un dispositivo espesador. En algunas modalidades, una corriente se dispone en un espesador para producir un subflujo del espesador, donde la primera corriente incluye el subflujo del espesador.

En algunas modalidades, la primera corriente incluye una corriente de relaves. Si bien una primera corriente puede incluir una corriente de relaves, la primera corriente puede incluir corrientes no residuales, tales como aquellas producidas por un proceso o aparato corriente arriba. En algunas modalidades, la primera corriente incluye una corriente de suministro de flotación. En algunas modalidades, la primera corriente incluye un rebalse del ciclón.

Se describe una modalidad de un sistema y un método en la **FIG. 2**. Específicamente, la **FIG. 2** ilustra una modalidad para proporcionar una primera corriente, tal como la primera corriente **1** de las **FIG. 1A—FIG. 1E**. En la **FIG. 2**, se proporciona una corriente de relaves **21**, tal como una corriente de rechazo de lavadero. La corriente de desecho **21** se puede disponer en un espesador **25**. El subflujo del espesador **22** de la **FIG. 2** luego es dispuesto en una centrífuga de recipiente sólido **10**, tal como la centrífuga de recipiente sólido **10** ilustrada en las **FIG. 1A—FIG. 1E**. El subflujo del espesador **22** se puede poner en contacto con un aditivo químico **23**, el cual puede incluir un dispersante. El aditivo químico **23** se puede proporcionar mediante una carga de suministro de aditivo, como se describe en la presente. Si bien el aditivo **23** de la **FIG. 2** está en contacto con el subflujo del espesador **22** antes de que el subflujo del espesador **22** esté dispuesto en la centrífuga de recipiente sólido **10**, se pueden considerar otras configuraciones, como se describe en la presente.

Clasificación

La primera centrífuga de recipiente sólido y, si se la utiliza, la segunda centrífuga de recipiente sólido de los métodos descriptos en la presente pueden ser la misma centrífuga, o dos centrífugas diferentes. Cuando la primera centrífuga de recipiente sólido y la segunda centrífuga de recipiente sólido son la misma centrífuga, entonces,

opcionalmente, uno o más parámetros de operación de la centrífuga de recipiente sólido se pueden modificar durante los procesos descritos en la presente, tal como antes de disponer la primera torta o el primer centrifugado en la segunda centrífuga de recipiente sólido. Cuando la primera centrífuga de recipiente sólido y la segunda centrífuga de recipiente sólido son diferentes centrífugas de recipiente sólido, la primera y la segunda centrífuga de recipiente sólido pueden tener uno o más parámetros de operación diferentes.

En algunas modalidades, los métodos descritos en la presente también incluyen configurar y/o ajustar uno o más parámetros de operación de la primera centrífuga de recipiente sólido y/o, si se la utiliza, la segunda centrífuga de recipiente sólido. El único o los varios parámetros de operación se pueden configurar y/o ajustar antes y/o durante la disposición de la primera corriente en la primera centrífuga de recipiente sólido, y/o antes y/o durante la disposición de la primera torta o el primer centrifugado en la segunda centrífuga de recipiente sólido.

En algunas modalidades, el ajuste del único o los varios parámetros de operación de la primera centrífuga de recipiente sólido y/o, si se la utiliza, la segunda centrífuga de recipiente sólido se realizan en tiempo real, tal como en respuesta a inconsistencias de una corriente (por ejemplo, cambios en la concentración de sólidos, cambios en el caudal, etc.) dispuesta en la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido. El único o los varios parámetros de operación incluyen velocidad del recipiente, caudal de alimentación, velocidad diferencial, etc. (ver Ejemplos 1-8).

En algunas modalidades, la clasificación específica de material ultra fino con un tamaño de partícula del valor de corte deseado puede requerir el control minucioso de la fuerza centrífuga G y el régimen de flujo. Las condiciones óptimas de flujo (cuando las condiciones de flujo determinan el tiempo de residencia de sólidos y el líquido) puede variar con las características del material de suministro, ya que las propiedades de sedimentación de los materiales pueden variar con la densidad del mineral, la distribución del tamaño de partícula, el factor dado por la forma de la partícula, el potencial zeta, y/o una o más propiedades superficiales, tales como hidrofobicidad. El comportamiento variable de sedimentación de las partículas también puede llevar a una sedimentación dificultosa, donde las partículas más pequeñas/livianas pueden obstaculizar la vía y retardar la sedimentación de partículas más grandes/pesadas y también pueden quedar atrapadas dentro de una torta formada.

Las variables de operación de una centrífuga de recipiente sólido pueden permitir el control de la fuerza centrífuga G y el régimen de flujo al que se somete un material de

suministro (por ejemplo, una primera corriente, una primera torta o un primer centrifugado), con lo cual se proporciona al menos algún control sobre la tasa de sedimentación, la proporción de sólidos recuperados de la torta, la proporción de agua recuperada de la torta, y/o el tamaño de partícula del valor de corte al cual se produce la separación. Las variables que afectan el desempeño de la clasificación pueden incluir las siguientes: velocidad del recipiente, altura del rebalse, y velocidad diferencial, más una o más variables, tales como caudal volumétrico y/o concentración de sólidos. La clasificación específica puede requerir el control de estas variables para alcanzar el valor de corte deseado para un material determinado.

Por ejemplo, aumentar el caudal de suministro puede aumentar la velocidad de flujo axial, con lo cual se reduce el tiempo de residencia y se aumenta la turbulencia, lo cual puede impactar sobre el tiempo de sedimentación, particularmente en el caso de las fracciones de tamaño más pequeño. Para contrarrestar este efecto, se puede aumentar la profundidad del estanque (por ejemplo, controlada mediante la altura del rebalse) para aumentar el tiempo de residencia, pero esto puede aumentar el diferencial de velocidad tangencial entre la pared del recipiente y la superficie del estanque, lo cual puede resultar en un aumento del tiempo insumido por un material para acelerar a la velocidad angular del recipiente.

Asimismo, el aumentar la velocidad del recipiente puede aumentar la fuerza G a la que están sometidos los sólidos, pero esto también puede llevar a un gradiente mayor de velocidad tangencial dentro del fluido; por lo tanto, a los sólidos alimentados cercanos a la superficie del estanque les puede insumir más tiempo acelerar a la velocidad angular del recipiente. El aumento de la profundidad del estanque puede reducir la velocidad de flujo axial promedio, con lo cual aumenta el tiempo de residencia. El aumento de la profundidad del estanque también puede permitir un incremento en la tasa de suministro volumétrico, con lo cual se reduce el tiempo efectivo de residencia, ya que los sólidos se desplazan adicionalmente en la dirección axial antes de alcanzar la velocidad angular del recipiente. Las partículas próximas a la superficie del estanque puede estar sometidas a una menor fuerza centrífuga, y, por lo tanto, les tomará inclusive más tiempo sedimentar hacia la pared del recipiente. La combinación de este efecto y el período de aceleración más prolongado pueden reducir la recuperación de sólidos de ultra finos alrededor del punto de corte especificado.

El material de interés que está presente en una primera corriente puede incluir cualquier material, especialmente un material de valor.

Ejemplos no limitantes de materiales de interés incluyen un compuesto que contiene fósforo, un metal nativo, un compuesto que contiene un metal, un mineral, etc.

El compuesto que contiene fósforo puede incluir fosfato, un óxido de fósforo, o una combinación de estos. Por ejemplo, el compuesto que contiene fósforo puede incluir hueso fosfato de cal (BPL, por sus siglas en inglés), pentóxido de fósforo, etc. La frase “hueso fosfato de cal” es una expresión muy conocida en la técnica, la cual se entiende generalmente que está referida e incluye fosfato tricálcico (TCP) ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (comúnmente conocido como “fosfato de calcio”). Por lo tanto, la frase “hueso fosfato de cal” puede estar referida e incluir carbonato-apatita [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaCO}_3$], fluorapatita [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$], hidroxiapatita [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$], sulfoapatita [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaSO}_4$], o una mezcla residual heterogénea de estos.

El metal puede incluir uno o más metales del grupo platino (MGP), tales como “MGP 4e” (platino, paladio, rodio y oro), o MGP 6e (platino, paladio, rodio, rutenio, osmio e iridio). El metal puede incluir rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino, cobre, hierro o una combinación de estos.

El compuesto que contiene metal puede incluir un óxido metálico, un carbonato metálico, o una combinación de estos. El óxido metálico puede incluir óxido de hierro. El mineral puede incluir yeso.

Procesos de valorización

Los procesos de valorización aplicados en los métodos descritos en la presente pueden incluir cualquiera de aquellos conocidos en la técnica y cualquiera de los descritos en la presente.

Debido a una clasificación lograda por una primera centrífuga de recipiente sólido o una clasificación dual lograda por una primera centrífuga de recipiente sólido y una segunda centrífuga de recipiente sólido, como se describe en la presente, se pueden mejorar uno o más elementos (por ejemplo, recuperación de producto, capacidad de producción, grado, etc.) de un proceso de valorización en comparación con un proceso de valorización idéntico aplicado a una primera corriente que no está clasificada (por ejemplo, deslodada) mediante una o más centrífugas de recipiente sólido. Sin desear quedar ligados a ninguna teoría en particular, se cree que, en algunos casos, la remoción de ciertos sólidos ultra finos, tales como talco ultra fino, puede llevar a una sorprendente e inesperada mejora de un proceso de valorización.

Por ejemplo, en algunas modalidades, un proceso de valorización recupera en una corriente de producto al menos 5%, al menos 10%, al menos 15%, al menos 20%, al menos 25%, al menos 30%, al menos 35%, al menos 40%, al menos 45% o al menos 50%, en peso, más del material de interés que está presente en la primera corriente que un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente (es decir, sin disponer la primera corriente en una primera y/o segunda centrífuga de recipiente sólido).

Adicional o alternativamente, en algunas modalidades, un proceso de valorización tiene una capacidad de producción que es al menos 20%, al menos 30% o al menos 40% mayor (sin pérdida de desempeño) a un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente (es decir, sin disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido).

Adicional o alternativamente, en algunas modalidades, un proceso de valorización logra elevar el grado del material de interés en al menos 4 puntos porcentuales, al menos 6 puntos porcentuales, o al menos 10 puntos porcentuales en relación con un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente.

En algunas modalidades, el proceso de valorización incluye un procedimiento físico, un procedimiento químico, o una combinación de estos. El proceso de valorización puede incluir un proceso de beneficio. Ejemplos no limitantes de procesos de valorización incluyen un proceso de flotación, un proceso de lixiviación (por ejemplo, lixiviación de tanque alcalina), un procedimiento de separación magnética (por ejemplo, una separación magnética de baja intensidad, húmeda (WLIMS), una separación magnética de alta intensidad, húmeda (WHIMS)) u otros procesos de separación, un proceso de refinación (por ejemplo, un proceso de refinación hidrometalúrgica), un proceso de fundición, etc.

Los métodos proporcionados en la presente pueden incluir la reducción del tamaño promedio de partícula de sólidos en una corriente sometida a un proceso de valorización. Por ejemplo, los métodos pueden incluir reducir un tamaño promedio de partícula de (i) la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta y/o (ii) la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta, y este proceso se puede producir antes de someter la primera torta o la segunda torta a un proceso de valorización. La reducción del tamaño promedio de partícula se puede lograr usando cualquier técnica conocida, tal como molienda (por ejemplo, molino de bolas, molino de chorro, etc.), triturado, etc.

En algunas modalidades, el proceso de valorización incluye un procedimiento de

flotación. El procedimiento de flotación puede incluir (i) flotación inversa, (ii) flotación directa, (iii) flotación inversa y flotación directa (en cualquier orden), (iv) una primera flotación directa y una segunda flotación directa, o (v) una primera flotación inversa y una segunda flotación inversa. En estos casos, los aparatos de flotación empleados pueden variar.

En algunas modalidades, una corriente de producto, después del proceso de flotación, no incluye —o incluye una cantidad reducida (en relación con la corriente sometida al proceso de flotación (por ejemplo, primera torta, primer centrifugado, segunda torta o segundo centrifugado)— minerales de ganga tales como carbonatos minerales (que contienen Ca, Mg, Fe y/o Mn), silicatos minerales que pueden incluir Mg, sílice, talco, dolomita o una combinación de estos.

En algunas modalidades, el proceso de flotación incluye poner en contacto la primera torta o la segunda torta y un líquido para producir una torta diluida; someter la torta diluida a flotación inversa para producir una primera espuma y una segunda corriente que incluye un subflujo de la flotación inversa, donde la segunda corriente incluye una primera cantidad del material de interés; y someter la segunda corriente a flotación directa para producir un segundo producto de espuma y una segunda corriente que incluye un subflujo de la flotación directa; donde la segunda espuma es la corriente de producto, la cual incluye al menos una porción del material de interés.

Cuando se diluye una torta (por ejemplo, primera torta o segunda torta), la torta se puede diluir en cualquier medida que se desee. En algunas modalidades, (i) la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta o (ii) la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta está presente en una torta diluida con una concentración de aproximadamente 10% a aproximadamente 30%, aproximadamente 15% a aproximadamente 30%, aproximadamente 15% a aproximadamente 25% o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la torta diluida.

En algunas modalidades, la primera espuma incluye al menos 50%, al menos 60%, al menos 70% o al menos 80%, o al menos 90% en peso, de minerales de ganga (percolados) presentes en la primera torta o en la segunda torta. En algunas modalidades, (A) la primera espuma incluye al menos 50%, al menos 60%, al menos 70% o al menos 80% o al menos 90% en peso de carbonatos presentes en la primera torta o la segunda torta; (B) la segunda corriente incluye al menos 50%, al menos 60%, al menos 70% o al menos 80% o al menos 90% en peso de sílice presente en la primera torta, la segunda torta, la primera espuma o el primer subflujo; o (C) una combinación

de estos.

Antes y/o durante la flotación inversa, los métodos pueden incluir poner en contacto una primera torta, una segunda torta, o una torta diluida con (i) un agente efectivo para mantener un pH deseado, (ii) un colector (que puede ser un colector orgánico o un colector inorgánico), tal como un colector de carbonato, o (iii) una combinación de estos. El agente efectivo para mantener el pH deseado puede ser un ácido. El agente efectivo para hacer que los minerales seleccionados (por ejemplo, minerales de ganga no deseados) sean hidrófilos puede ser un depresor, tal como un depresor de apatita, que puede incluir H_3PO_4 . Un pH deseado puede ser cualquier pH que impacte positivamente sobre la flotación de un mineral seleccionado (por ejemplo, mineral de ganga o mineral de interés). El pH puede ser alcalino o ácido. En algunas modalidades, el pH es menor a 7, tal como aproximadamente 5 a aproximadamente 6,5; aproximadamente 5 a aproximadamente 6, o aproximadamente 5 a aproximadamente 5,5. El colector de carbonato puede adherirse a la superficie de carbonatos, tales como calcita, dolomita, etc. La segunda corriente, antes de la flotación directa, se puede poner en contacto con un modificador de pH, un depresor, un colector o una combinación de estos.

La segunda corriente, antes y/o durante la flotación directa, se puede poner en contacto con (i) un depresor (por ejemplo, un depresor de mineral de ganga), (ii) un modificador de pH para mantener un pH deseado, (iii) un colector (por ejemplo, un colector de mineral de valor), (iv) un espumador o (v) una combinación de estos. El depresor puede incluir Na_2SiO_3 . El modificador de pH y/o el depresor puede ser Na_2CO_3 . El modificador de pH puede ser NaOH . El pH deseado puede ser aproximadamente 9 a aproximadamente 10, o aproximadamente 9 a aproximadamente 9,5.

Se describe una modalidad de un sistema y un método en la **FIG. 3**. Específicamente, la **FIG. 3** ilustra una modalidad de un proceso de valorización, que en la modalidad de la **FIG. 3** es un proceso de flotación. Como se ilustra en la **FIG. 3**, una primera torta **2** (ver, por ejemplo, la **FIG. 1A**) se pone en contacto con un líquido diluyente **6** para formar una torta diluida **5**. Aunque la primera torta de la **FIG. 1A** se ilustra en la **FIG. 3**, el método de la **FIG. 3** se puede aplicar al primer centrifugado **3** de la **FIG. 1A**, la segunda torta **71** de la **FIG. 1B—FIG. 1E**, o el segundo centrifugado **72** de la **FIG. 1B—FIG. 1E**. El líquido diluyente **6** se puede proporcionar mediante un líquido de suministro, como se describe en la presente. La torta diluida **5** de la **FIG. 3** puede someterse a flotación inversa **30**. Antes y/o durante la flotación inversa **30**, la torta diluida **5** se puede poner en contacto con (i) un agente efectivo para mantener un pH deseado,

(ii) un colector, tal como un colector de carbonato, o (iii) una combinación de estos. La flotación inversa **30** puede formar una primera espuma **7** y una segunda corriente **8** que incluye el subflujo de la flotación inversa **30**. La primera espuma **7** puede incluir al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, o al menos 80%, o al menos 90% en peso de carbonatos presentes en la primera torta **2** o la torta diluida **5**. La segunda corriente **8** se puede someter a flotación directa **40**, lo cual resulta en una segunda espuma **9** y una tercera corriente **10** que incluye el subflujo de la flotación directa **40**. La tercera corriente **10** puede incluir al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, o al menos 80%, o al menos 90% en peso de sílice presente en la primera torta **2** o la torta diluida **5**. Aunque no se ilustra en la **FIG. 3**, la segunda espuma **9** se puede disponer en un espesador. Antes y/o durante la flotación directa **40**, la segunda corriente **8** se puede poner en contacto con (i) un depresor (por ejemplo, un depresor de mineral de ganga), (ii) un modificador de pH para mantener un pH deseado, (iii) un colector (tal como un colector de mineral de valor), (iv) un espumador o (v) una combinación de estos. Aunque no se ilustra en la **FIG. 3**, uno o más alimentadores pueden proporcionar cualquiera de los materiales precedentes, tales como los colectores, depresores, modificadores de pH, etc.

Características y procesamiento de la segunda corriente

La segunda corriente producida por flotación inversa generalmente puede incluir cualquier porcentaje de los sólidos presentes en la corriente de entrada (por ejemplo, primera torta, segunda torta, torta diluida, primer centrifugado o segundo centrifugado). En algunas modalidades, aproximadamente 60% a aproximadamente 80%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75%, o aproximadamente 70% a aproximadamente 75% en peso de la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta (o la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado, o la cuarta pluralidad de sólidos o la quinta pluralidad de sólidos de la segunda torta o el segundo centrifugado, respectivamente) está presente en la segunda corriente. En algunas modalidades, la segunda corriente tiene un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a aproximadamente 20%, o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la segunda corriente.

En algunas modalidades, se diluye una segunda corriente antes de la flotación directa. Después de la dilución, la segunda corriente puede tener un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a

aproximadamente 20%, aproximadamente 10% a aproximadamente 15% o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la segunda corriente.

Características de la segunda espuma

Una segunda espuma producida por flotación directa generalmente puede tener cualquier contenido de sólidos. Por ejemplo, la segunda espuma puede tener un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a aproximadamente 20% o aproximadamente 10% a aproximadamente 15% en peso, sobre la base del peso de la segunda espuma.

En algunas modalidades, aproximadamente 65% a aproximadamente 85%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75%, o aproximadamente 70% a aproximadamente 75% en peso de sólidos presentes en la segunda corriente están presentes en la segunda espuma. En algunas modalidades, aproximadamente 70% a aproximadamente 90% o aproximadamente 80% a aproximadamente 85% en peso de material de interés presente en la segunda corriente está presente en la segunda espuma.

Recuperación global

En algunas modalidades, al menos 20%, al menos 30%, al menos 40%, al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto (por ejemplo, la segunda espuma).

En algunas modalidades, al menos 20%, al menos 30%, al menos 40%, al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto (por ejemplo, la segunda espuma).

Tratamiento de corrientes de producto, espumas, subflujos y centrifugados

Cualquiera o todas las corrientes obtenidas por los métodos descritos en la presente se pueden procesar de cualquier forma conocida en cualquiera de los puntos de los métodos descritos en la presente.

En algunas modalidades, los métodos incluyen modificar una concentración de sólidos en una corriente (por ejemplo, un subflujo, un rebalse (por ejemplo, una espuma), un primer centrifugado, un segundo centrifugado, etc.) entre los pasos (por

ejemplo, entre la clasificación y la valorización, entre la flotación inversa y la flotación directa, etc.), donde la modificación de la concentración de sólidos puede incluir espesar la corriente.

Una corriente de producto, por ejemplo, se puede procesar de cualquier manera que facilite o simplifique el aislamiento de una porción del material de interés. En algunas modalidades, los métodos incluyen disponer una corriente de producto en un espesador. En algunas modalidades, los métodos incluyen disponer el primer centrifugado, el segundo centrifugado, la primera espuma, la segunda corriente o una combinación de estos en un espesador. En algunas modalidades, los métodos incluyen coleccionar un rebalse del espesador. El rebalse de un espesador puede incluir agua clarificada. Un subflujo de un espesador se puede procesar con un aparato deshidratador, y opcionalmente, el subflujo del espesador se puede poner en contacto con uno o más aditivos antes, durante y/o después de disponer el subflujo del espesador en el aparato deshidratador. El aparato deshidratador puede incluir una centrífuga. En algunas modalidades, el aparato deshidratador incluye un filtro prensa de banda, un filtro de vacío de banda horizontal, un tambor de vacío rotatorio, un filtro rotatorio de discos de vacío, una centrífuga de canasta, un espesador de pasta de cono profundo, una prensa de filtro con membrana, una centrífuga de recipiente sólido diferente de la primera y segunda centrífuga de recipiente sólido de cualquiera de las modalidades precedentes. El aparato deshidratador puede producir una torta y un centrifugado y se puede recuperar el agua del centrifugado.

Se describe una modalidad de un sistema y un método en la **FIG. 4**. Como se ilustra en la **FIG. 4**, uno o más de la primera espuma **7** de la **FIG. 3**, la tercera corriente **10** de la **FIG. 3**, y el primer centrifugado **3** de la **FIG. 1A** (o el segundo centrifugado **72** de las **FIG. 1B—FIG. 1E**) se pueden disponer en un espesador **50**. El rebalse del espesador **50** puede ser (o incluir) agua clarificada **11**. El subflujo del espesador **15** se puede poner en contacto con un aditivo, tal como un floculante **14**, y disponerlo en un aparato deshidratador, tal como una centrífuga **60**. La centrífuga puede producir una torta **13**. La torta **13** se puede descartar. La centrífuga **60** puede producir un centrifugado **12** que puede incluir agua. El centrifugado **12** se puede combinar con el agua clarificada **11**. Aunque el aparato de deshidratación ilustrado en la modalidad de la **FIG. 4** es una centrífuga **60**, se pueden usar otros aparatos deshidratadores, tal como aquellos descriptos en la presente.

Características de la primera corriente

La primera pluralidad de sólidos puede estar presente en la primera corriente en cualquier cantidad o concentración. En algunas modalidades, la primera pluralidad de sólidos está presente en la primera corriente con una concentración de aproximadamente 10% a aproximadamente 60%, aproximadamente 10% a aproximadamente 50%, aproximadamente 15% a aproximadamente 45%, aproximadamente 20% a aproximadamente 40%, aproximadamente 25% a aproximadamente 35% o aproximadamente 30% en peso, sobre la base del peso de la primera corriente.

La primera pluralidad de sólidos de la primera corriente generalmente puede tener cualquier tamaño o forma. En algunas modalidades, la primera pluralidad de sólidos incluye partículas que tienen tamaños menores a 100 μm . En algunas modalidades, la primera pluralidad de sólidos que está presente en la primera corriente tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 70 a 99, aproximadamente 75 a aproximadamente 95, aproximadamente 80 a aproximadamente 95, aproximadamente 85 a aproximadamente 95, o aproximadamente 85 a aproximadamente 90
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 45 a aproximadamente 80, aproximadamente 50 a aproximadamente 75, aproximadamente 55 a aproximadamente 75, aproximadamente 60 a aproximadamente 70, o aproximadamente 65
% acumulado que pasa 25 μm	aproximadamente 45 a aproximadamente 75, aproximadamente 50 a aproximadamente 70, aproximadamente 55 a aproximadamente 65, aproximadamente 60 a aproximadamente 65, o aproximadamente 60
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 40 a aproximadamente 65, aproximadamente 40 a aproximadamente 60, aproximadamente 45 a aproximadamente 55, aproximadamente 50 a aproximadamente 55, o

	aproximadamente 52
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 30 a aproximadamente 50, aproximadamente 35 a aproximadamente 45, aproximadamente 38 a aproximadamente 42, o aproximadamente 40
% acumulado que pasa 4 μm	aproximadamente 10 a aproximadamente 30, aproximadamente 15 a aproximadamente 25, aproximadamente 15 a aproximadamente 20, aproximadamente 20 a aproximadamente 25, o aproximadamente 20
% acumulado que pasa 2 μm	aproximadamente 5 a aproximadamente 25, aproximadamente 5 a aproximadamente 20, aproximadamente 5 a aproximadamente 15, aproximadamente 5 a aproximadamente 10, aproximadamente 10 a aproximadamente 15, o aproximadamente 10

Características y procesamiento de tortas y centrifugados

En algunas modalidades, la primera torta y/o la segunda torta es una corriente de partículas gruesas. Los sólidos generalmente pueden estar presentes en la primera torta y/o la segunda torta en cualquier cantidad o concentración.

En algunas modalidades, la primera porción de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la primera torta con una concentración de aproximadamente 60% a aproximadamente 95%, aproximadamente 60% a aproximadamente 90%, aproximadamente 60% a aproximadamente 85%, aproximadamente 60% a aproximadamente 80%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75%, o aproximadamente 70% en peso, sobre la base del peso de la primera torta.

En algunas modalidades, la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la primera porción de la
-----------------------------------	--

	pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 65 a aproximadamente 98, aproximadamente 70 a aproximadamente 95, aproximadamente 70 a aproximadamente 90, aproximadamente 75 a aproximadamente 85 o aproximadamente 80
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 3 a aproximadamente 60, aproximadamente 10 a aproximadamente 60, aproximadamente 20 a aproximadamente 60, aproximadamente 30 a aproximadamente 50, aproximadamente 35 a aproximadamente 45, aproximadamente 40 a aproximadamente 45, o aproximadamente 40
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 15 a aproximadamente 40, aproximadamente 15 a aproximadamente 35, aproximadamente 15 a aproximadamente 30, aproximadamente 20 a aproximadamente 30, o aproximadamente 25
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 3 a aproximadamente 25, aproximadamente 5 a aproximadamente 20, aproximadamente 10 a aproximadamente 20, o aproximadamente 15

En algunas modalidades, la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la segunda porción de la pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 85 a aproximadamente 100, aproximadamente 90 a aproximadamente 100, aproximadamente 95 a aproximadamente 100, o aproximadamente 98 a aproximadamente 100
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 80 a aproximadamente 100, aproximadamente 85 a aproximadamente 100,

	aproximadamente 90 a aproximadamente 100, o aproximadamente 95 a aproximadamente 100
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 75 a aproximadamente 100, aproximadamente 80 a aproximadamente 100, aproximadamente 85 a aproximadamente 95, o aproximadamente 85 a aproximadamente 90
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 65 a aproximadamente 90, aproximadamente 65 a aproximadamente 85, aproximadamente 70 a aproximadamente 85, aproximadamente 70 a aproximadamente 80, o aproximadamente 70 a aproximadamente 75

En algunas modalidades, la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos incluye al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80%, o al menos 90% en peso del material de interés que está presente en la primera corriente (en otras palabras, se recupera al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso, del material de interés que está presente en la primera corriente).

Aditivos

Cualquiera de las corrientes de los métodos descritos en la presente se puede poner en contacto con uno o más aditivos. En algunas modalidades, los métodos incluyen poner en contacto (i) una primera corriente y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición de la primera corriente en la primera centrífuga de recipiente sólido, (ii) una primera torta y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición de la primera torta en una segunda centrífuga de recipiente sólido (iii) un primer centrifugado y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición del primer centrifugado en la segunda centrífuga de recipiente sólido, o (iv) una combinación de estos.

Los métodos proporcionados en la presente pueden incluir el uso de uno o más aditivos. En algunas modalidades, uno o más aditivos se seleccionan del grupo que consiste en un floculante, un coagulante, un acondicionador, un dispersante y un tensioactivo. Por lo tanto, el único o los varios aditivos pueden incluir un floculante, un coagulante, un acondicionador, un dispersante, un tensioactivo o una combinación de estos.

En algunas modalidades, el único o los varios aditivos incluyen un dispersante. En los métodos descritos en la presente se puede emplear cualquier dispersante conocido.

En algunas modalidades, el único o los varios aditivos incluyen un floculante. En algunas modalidades, el floculante es un floculante no iónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante aniónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante catiónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante lipídico/de ácidos grasos. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico, que incluye un polímero, tal como un polímero acrílico (por ejemplo, una poliacrilamida), un óxido de polietileno, un polisacárido (por ejemplo, almidones y gomas naturales), poli (cloruro de dimetildialilamonio), etc. Cuando el floculante es un floculante polimérico, el polímero puede ser un polímero con peso molecular alto (es decir, un polímero que tiene un M_w de al menos 100.000 g/mol), o un polímero con peso molecular muy alto (es decir, un polímero que tiene un M_w de al menos 10.000.000 g/mol). En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico no iónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico no iónico con peso molecular alto o muy alto. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico aniónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico aniónico con peso molecular alto o muy alto. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico catiónico. En algunas modalidades, el floculante es un floculante polimérico catiónico con peso molecular alto o muy alto. En algunas modalidades, el floculante es un floculante disponible comercialmente.

Un aditivo, tal como un dispersante, floculante, etc. puede estar en cualquier forma antes de su uso en los métodos proporcionados en la presente. Un aditivo, por ejemplo, puede estar en la forma de un polvo antes de su uso en los métodos proporcionados en la presente. El polvo puede incluir una pluralidad de partículas que tienen cualquier forma o tamaño. En algunas modalidades, menos del 2% de las partículas de un polvo pueden ser retenidas con una malla de alambre tejido de 20 mesh, una malla de alambre tejido de 25 mesh, una malla de alambre tejido de 30 mesh, o una malla de alambre tejido de 35 mesh.

Un aditivo, tal como un dispersante o floculante en la forma de un polvo, se puede combinar con un líquido, generalmente agua limpia, antes de su uso en los métodos proporcionados en la presente. Un aditivo se puede disolver completa o parcialmente en el líquido. En algunas modalidades, un aditivo está en la forma de un polvo, y el polvo se combina con agua limpia para formar una combinación. El pH del agua se puede

modificar, de ser necesario o si se lo desea, antes de la disposición del aditivo en el agua. La selección de un pH que incrementa el carácter iónico de un aditivo puede permitir el uso de una tasa de dosificación más baja del aditivo. Los aditivos comercialmente disponibles incluyen líquidos en los cuales está dispuesto un aditivo; por lo tanto, en algunas modalidades, los métodos de la presente incluyen proporcionar un líquido en el cual está dispuesto un polvo aditivo.

Cuando se emplea, un aditivo se puede usar en cualquier cantidad o concentración que logre el efecto deseado. En algunas modalidades, una primera corriente, una primera torta (o una corriente que incluye la primera torta) y/o un primer centrifugado (o una corriente que incluye un primer centrifugado) se pone en contacto con el aditivo, tal como un dispersante, en una cantidad de aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 100 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 200 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 250 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 400 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 300 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 200 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 150 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 100 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 75 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 50 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 40 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 30 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 20 gramos, o aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 10 gramos del dispersante por tonelada seca del contenido de sólidos de la primera corriente, la primera torta, y/o el primer centrifugado, donde las cantidades precedentes son cantidades de aditivo solamente (por ejemplo, un líquido no dispersante), tal como agua, con el cual se puede combinar un dispersante.

Sistemas

En la presente también se proporcionan sistemas, los cuales se pueden usar para realizar cualquiera de los métodos aquí descriptos.

En algunas modalidades, los sistemas incluyen una primera centrífuga de recipiente sólido, y un aparato de valorización (por ejemplo, de beneficio). En algunas modalidades, los sistemas incluyen una primera centrífuga de recipiente sólido, una segunda centrífuga de recipiente sólido, y un aparato de valorización (por ejemplo, de beneficio). El aparato de valorización puede estar configurado para recibir una torta (por

ejemplo, una primera torta o una segunda torta) de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, una torta diluida (por ejemplo, una corriente incluye la primera torta o la segunda torta) de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, o un primer o un segundo centrifugado de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, respectivamente.

El sistema puede incluir uno o más aparatos para procesar una corriente, como se describe en la presente. En algunas modalidades, los métodos incluyen un primer espesador, tal como un primer espesador configurado para (i) recibir una corriente, tal como una corriente de relaves, (ii) proporcionar un primer subflujo del espesador a la primera centrífuga de recipiente sólido, o (iii) una combinación de estos.

El sistema también puede incluir uno o más suministros, los cuales por ejemplo, pueden estar configurados para contactar una corriente con un aditivo. En algunas modalidades, los sistemas incluyen un primer suministro de aditivo, tal como un primer suministro de aditivo configurado para contactar una corriente (tal como una corriente que comprende el primer subflujo del espesador) dispuesta en la primera centrífuga de recipiente sólido y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido con un aditivo descrito en la presente, tal como un dispersante. El único o los varios suministros pueden incluir uno o más suministros de líquidos tales como un suministro de líquido configurado para contactar un líquido y una torta producidos por la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido para producir una torta diluida, tal como una primera torta diluida o una segunda torta diluida.

El aparato de valorización de los sistemas proporcionados en la presente puede incluir un aparato de flotación, el cual puede incluir un aparato de flotación inversa (por ejemplo, uno o más aparatos de flotación inversa), un aparato de flotación directa (por ejemplo, uno o más aparatos de flotación directa), o una combinación de estos. Un aparato de flotación inversa puede estar configurado para recibir una primera torta, una segunda torta, una primera torta diluida, o una segunda torta diluida de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, y un aparato de flotación directa puede estar configurado para recibir una corriente que comprende un subflujo del aparato de flotación inversa.

En algunas modalidades, los sistemas incluyen un segundo espesador, donde el segundo espesador puede estar configurado para recibir una o más corrientes desde (i) el aparato de valorización (tal como una espuma del aparato de flotación inversa y/o un subflujo del aparato de flotación directa), (ii) la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido (tal como una corriente que comprende un primer o un segundo

centrifugado de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido), o (iii) una combinación de estos.

En algunas modalidades, los métodos pueden incluir un aparato de deshidratación, donde el aparato de deshidratación puede estar configurado para recibir un subflujo de un espesador, tal como un segundo espesador, como se describe en la presente. El aparato deshidratador puede incluir un filtro prensa de banda, un filtro de vacío de banda horizontal, un tambor de vacío rotatorio, un filtro rotatorio de discos de vacío, una centrífuga de canasta, un espesador de pasta de cono profundo, una prensa de filtro con membrana, una centrífuga de recipiente sólido diferente de la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido. En algunas modalidades, los métodos incluyen un segundo suministro de aditivo, tal como un segundo suministro de aditivo configurado para contactar una corriente (tal como una corriente que comprende el segundo subflujo del espesador) dispuesta en el aparato deshidratador con un aditivo descrito en la presente, tal como un floculante.

Si bien se han expuesto ciertos aspectos de tecnologías convencionales para facilitar la descripción de varias modalidades, los solicitantes de ninguna manera renuncian a estos aspectos técnicos, y está contemplado que la presente descripción puede abarcar uno o más de los aspectos técnicos convencionales expuestos en la presente.

La presente descripción puede solucionar uno o más de los problemas y deficiencias de los métodos y procesos conocidos. No obstante, está contemplado que diversas modalidades puede demostrar utilidad para solucionar otros problemas y deficiencias en un número de áreas técnicas. Por lo tanto, la presente descripción no deberá necesariamente interpretarse como limitada a solucionar cualquiera de los problemas o deficiencias particulares expuestas en la presente.

En esta memoria descriptiva, cuando se hace referencia o se expone un documento, acta o ítem de conocimiento, esta referencia o exposición no es una admisión de que a la fecha de la prioridad el documento, acta o ítem de conocimiento o alguna combinación de estos estaba disponible al público, era de conocimiento público, era parte del conocimiento general, o de otro modo constituía la técnica conocida en virtud de las disposiciones legales; o es conocido que es pertinente en un intento de solucionar cualquier problema que concierne a la presente memoria descriptiva.

En las descripciones que se proporcionan en la presente, las expresiones “incluye”, “es”, “que contiene”, “que tiene” y “que comprende” se usan como expresiones con final abierto, y por lo tanto, se deberá interpretar que significan “que incluye, entre

otros". Cuando los métodos y sistemas se reivindican o describen en términos de "que comprenden" diversos pasos o componentes, los métodos o los sistemas también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" los diversos pasos o componentes, a menos que se indique lo contrario.

Se considera que los términos "un", "uno/a", "el/la" incluyen las alternativas plurales, por ejemplo, al menos uno. Por ejemplo, se considera que la descripción de "un dispersante", "una primera corriente", "un subflujo", y similares, abarca uno/a, o mezclas o combinaciones de más de un dispersante, una primera corriente, un subflujo, y similares, a menos que se especifique lo contrario.

En la presente se pueden describir varios rangos numéricos. Cuando el Solicitante describe o reivindica un rango de cualquier tipo, la intención del Solicitante es describir o reivindicar individualmente cada número posible que dicho rango pudiera razonablemente abarcar, inclusive los puntos extremos del rango como así también cualquier sub-rango y combinaciones de sub-rangos abarcados en la presente, a menos que se especifique lo contrario. Asimismo, todos los extremos numéricos de los rangos descritos en la presente son aproximados. A modo de ejemplo representativo, el Solicitante describe, en algunas modalidades, una pluralidad de sólidos que está presente en una primera corriente con una concentración de aproximadamente 25% a aproximadamente 35%. Se deberá interpretar que este rango abarca aproximadamente 25% y aproximadamente 35%, y que además abarca "aproximadamente" cada uno de 26%, 27%, 28%, 29%, 30%, 31%, 32%, 33% y 34%, incluyendo cualquier rango y sub-rango entre cualquiera de estos valores.

Como se usa en la presente, la expresión "aproximadamente" significa más o menos 10% del valor numérico del número con el cual este es utilizado.

MODALIDADES

La siguiente es una lista no limitante de modalidades de los métodos y sistemas descritos en la presente:

Modalidad 1. Un método para clasificación y recuperación, el método comprende (consiste esencialmente en, o consiste en):

Proporcionar una primera corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una primera pluralidad de sólidos, donde la primera pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material de interés;

donde, una primera porción de la primera pluralidad de sólidos tiene tamaños mayores que un tamaño de partícula de un primer valor de corte, y una segunda porción

de la primera pluralidad de sólidos tiene tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un primer valor de corte; y

disponer la primera corriente en una primera centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una primera torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una segunda pluralidad de sólidos, la segunda pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99% en peso, de la primera porción de la primera pluralidad de sólidos, y (ii) un primer centrifugado que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una tercera pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99% en peso de la segunda porción de la primera pluralidad de sólidos.

Modalidad 2. El método de la modalidad 1, que además comprende, consiste esencialmente en, o consiste en someter la primera torta o el primer centrifugado a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que comprende al menos una porción del material de interés.

Modalidad 3. El método de la modalidad 1 o 2, que además comprende, consiste esencialmente en, o consiste en:

disponer la primera torta en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir (a) una segunda torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una cuarta pluralidad de sólidos, y (b) un segundo centrifugado que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una quinta pluralidad de sólidos; y

someter la segunda torta o el segundo centrifugado a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que comprende al menos una porción del material de interés;

donde, una primera porción de la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta tiene tamaños mayores que un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción de la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta tiene tamaños menores o iguales a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte;

donde la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99%, en peso, de la primera porción de la segunda pluralidad de sólidos; y

donde la quinta pluralidad de sólidos del segundo centrifugado comprende,

consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99%, en peso, de la segunda porción de la segunda pluralidad de sólidos.

Modalidad 4. El método de cualquiera de las modalidades 1 a 3, que además comprende, consiste esencialmente en, o consiste en:

(C) disponer el primer centrifugado en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir (a) una segunda torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una cuarta pluralidad de sólidos, y (b) un segundo centrifugado que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una quinta pluralidad de sólidos; y

someter la segunda torta o el segundo centrifugado a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que comprende al menos una porción del material de interés;

donde una primera porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado tiene tamaños mayores a un tamaño de partícula de un segundo valor de corte, y una segunda porción de la tercera pluralidad de sólidos del primer centrifugado tiene tamaños menores o iguales al tamaño de partícula de un segundo valor de corte.

donde la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99%, en peso, de la primera porción de la tercera pluralidad de sólidos; y

donde la quinta pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, al menos 75%, al menos 80%, al menos 85%, al menos 95%, o al menos 99%, en peso, de la segunda porción de la tercera pluralidad de sólidos.

Modalidad 5. Un método para clasificación y recuperación, el método comprende (consiste esencialmente en, o consiste en):

(A) proporcionar una primera corriente que comprende una pluralidad de sólidos, donde la pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material de interés; y

disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una primera torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una primera porción de la pluralidad de sólidos, y (ii) una segunda corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un centrifugado; o

(B) proporcionar una primera corriente que comprende una pluralidad de sólidos, donde la pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material de interés;

disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una primera torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una primera porción de la pluralidad de sólidos, y (ii) una segunda corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un centrifugado; y

someter la primera torta a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que comprende el material de interés;

(C) proporcionar una primera corriente que comprende una pluralidad de sólidos, donde la pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material de interés;

disponer la primera corriente en una primera centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una primera torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una primera porción de la pluralidad de sólidos, y (ii) una segunda corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un primer centrifugado;

disponer una corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en la primera torta en una segunda centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una segunda torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una segunda porción de la pluralidad de sólidos, y (ii) una tercera corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un segundo centrifugado;

y opcionalmente someter la segunda torta a un proceso de valorización para producir una corriente de producto que comprende el material de interés; o

(D) proporcionar una primera corriente que comprende una pluralidad de sólidos, donde la pluralidad de sólidos comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material de interés;

disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido para producir (i) una primera torta que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en una primera porción de la pluralidad de sólidos, y (ii) una segunda corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un centrifugado; y

someter la primera torta a un proceso de beneficio, tal como un proceso de flotación u otro proceso de separación (por ejemplo, una separación magnética de baja intensidad, húmeda (WLIMS) o una separación magnética de alta intensidad, húmeda (WHIMS)), para producir una corriente de producto que comprende el material de interés.

Modalidad 6. El método de la modalidad 5, (i) donde el porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos que tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del valor de corte es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, al menos 35, al menos 40, al menos 45, o al menos 50 puntos porcentuales en peso menor que el porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del valor de corte (por ejemplo, si 30 % en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del valor de corte, y este valor se reduce en 10, 20 o 30 puntos porcentuales en peso al disponer la primera corriente en la centrífuga de recipiente sólido, entonces, 20, 10 o 0 % en peso, respectivamente, de la primera porción de la pluralidad de sólidos de la primera torta tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del valor de corte); y/o

(ii) donde el porcentaje en peso de la segunda porción de la pluralidad de sólidos que tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, al menos 35, al menos 40, al menos 45, o al menos 50 puntos porcentuales en peso menor que el porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera torta que tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte (por ejemplo, si 30 % en peso de la pluralidad de sólidos de la primera torta tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte, y este valor se reduce en 10, 20 o 30 puntos porcentuales en peso al disponer la primera torta en la centrífuga de recipiente sólido, entonces, 20, 10 o 0 % en peso, respectivamente, de la segunda porción de la pluralidad de sólidos de la segunda torta tiene un tamaño de partícula menor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte); y/o

(iii) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 40 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 40 μm ; y/o

(iv) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 20 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 20 μm ; y/o

(v) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 15 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 15 μm ; y/o

(vi) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 10 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 10 μm ; y/o

(vii) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 5 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 5 μm ; y/o

(viii) un porcentaje en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos (de la primera torta) que tiene un tamaño de partícula menor a 4 μm es al menos 5, al menos 10, al menos 15, al menos 20, al menos 25, al menos 30, o al menos 35 puntos porcentuales en peso menor que un porcentaje en peso de la pluralidad de sólidos de la primera corriente que tiene un tamaño de partícula menor a 4 μm .

Tamaños de partícula de valores de corte

Modalidad 7. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte es mayor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte.

Modalidad 8. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte es menor que el tamaño de partícula del segundo valor de corte.

Modalidad 9. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte y el tamaño de partícula del segundo valor de corte se seleccionan independientemente entre aproximadamente 2 μm a aproximadamente 100 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 75, aproximadamente 2 μm a aproximadamente 50 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 30 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 20 μm , aproximadamente 2 μm a

aproximadamente 15 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 10 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 5 μm , o aproximadamente 2 μm a aproximadamente 5 μm [sic]. Los tamaños de partícula del valor de corte se pueden seleccionar independientemente entre cualquier valor dentro de estos rangos, y el valor puede ser un número entero (por ejemplo, 5 μm , 10 μm , 20 μm , etc.) o un número no entero (por ejemplo, 3,5 μm , 5,2 μm , etc.).

Modalidad 10. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte es un tamaño de aproximadamente 2 μm , aproximadamente 3 μm , aproximadamente 4 μm , aproximadamente 5 μm , aproximadamente 6 μm , aproximadamente 7 μm , aproximadamente 8 μm , aproximadamente 9 μm , aproximadamente 10 μm , aproximadamente 11 μm , aproximadamente 12 μm , aproximadamente 13 μm , aproximadamente 14 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 16 μm , aproximadamente 17 μm , aproximadamente 18 μm , aproximadamente 19 μm , aproximadamente 20 μm , aproximadamente 21 μm , aproximadamente 22 μm , aproximadamente 23 μm , aproximadamente 24 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 26 μm , aproximadamente 27 μm , aproximadamente 28 μm , aproximadamente 29 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 31 μm , aproximadamente 32 μm , aproximadamente 33 μm , aproximadamente 34 μm , aproximadamente 35 μm , aproximadamente 36 μm , aproximadamente 37 μm , aproximadamente 38 μm , aproximadamente 39 μm , o aproximadamente 40 μm .

Modalidad 11. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 2 μm , aproximadamente 3 μm , aproximadamente 4 μm , aproximadamente 5 μm , aproximadamente 6 μm , aproximadamente 7 μm , aproximadamente 8 μm , aproximadamente 9 μm , aproximadamente 10 μm , aproximadamente 11 μm , aproximadamente 12 μm , aproximadamente 13 μm , aproximadamente 14 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 16 μm , aproximadamente 17 μm , aproximadamente 18 μm , aproximadamente 19 μm , aproximadamente 20 μm , aproximadamente 21 μm , aproximadamente 22 μm , aproximadamente 23 μm , aproximadamente 24 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 26 μm , aproximadamente 27 μm , aproximadamente 28 μm , aproximadamente 29 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 31 μm , aproximadamente 32 μm , aproximadamente 33 μm , aproximadamente 34 μm , aproximadamente 35 μm , aproximadamente 36 μm , aproximadamente 37 μm , aproximadamente 38 μm ,

aproximadamente 39 μm , o aproximadamente 40 μm .

Modalidad 12. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte es aproximadamente 15 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 30 μm o aproximadamente 18 μm a aproximadamente 22 μm , y el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 2 μm a aproximadamente 12 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 8 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 6 μm o aproximadamente 2 μm a aproximadamente 4 μm .

Modalidad 13. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el tamaño de partícula del primer valor de corte es aproximadamente 2 μm a aproximadamente 12 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 8 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 6 μm , aproximadamente 2 μm a aproximadamente 4 μm , y el tamaño de partícula del segundo valor de corte es aproximadamente 15 μm a aproximadamente 40 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 30 μm , aproximadamente 15 μm a aproximadamente 25 μm o aproximadamente 18 μm a aproximadamente 22 μm .

Procesamiento previo de la primera corriente

Modalidad 14. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera corriente comprende una corriente de relaves o una corriente que no es de desechos; o donde la primera corriente comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un rebalse de ciclón o una corriente de suministro de flotación.

Modalidad 15. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proporcionar la primera corriente comprende depositar una corriente en un dispositivo espesador; o donde el proporcionar la primera corriente comprende disponer una corriente en un espesador para producir un subflujo del espesador, donde la primera corriente comprende, consiste esencialmente en, o consiste en el subflujo del espesador.

Modalidad 16. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera corriente comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un residuo de lixiviación ácida de alta presión (HPAL).

Clasificación

Modalidad 17. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera centrífuga de recipiente sólido y la segunda centrífuga de recipiente sólido son la misma centrífuga, o dos centrífugas diferentes.

Modalidad 18. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende configurar y/o ajustar uno o más parámetros de operación de la primera centrífuga de recipiente sólido y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido antes o durante la disposición de la primera corriente o la primera torta/el primer centrifugado en la primera centrífuga de recipiente sólido o la segunda centrífuga de recipiente sólido, respectivamente.

Modalidad 19. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el ajuste del único o los varios parámetros de operación de la primera centrífuga de recipiente sólido y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido se realizan en tiempo real, tal como en respuesta a inconsistencias de una corriente (por ejemplo, cambios en la concentración de sólidos, cambios en el caudal, etc.) dispuesta en la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido.

Modalidad 20. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el único o los varios parámetros de operación incluyen la velocidad del recipiente, el caudal del suministro, la velocidad diferencial, o una combinación de estos.

Aditivos

Modalidad 21. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende poner en contacto (i) la primera corriente y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición de la primera corriente en la primera centrífuga de recipiente sólido, (ii) la primera torta y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición de la primera torta en la segunda centrífuga de recipiente sólido (iii) el primer centrifugado y uno o más aditivos antes, durante y/o después de la disposición del primer centrifugado en la segunda centrífuga de recipiente sólido.

Modalidad 22. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende poner en contacto la primera torta y (i) uno o más líquidos, (ii) uno o más aditivos, o (iii) una combinación de estos para formar una corriente que comprende la primera torta, la cual se puede disponer en la segunda centrífuga de recipiente sólido.

Modalidad 23. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el único o los varios aditivos comprenden (consisten esencialmente en, o consisten en) un floculante, un coagulante, un acondicionador, un dispersante, un tensioactivo, o una combinación de estos.

Modalidad 24. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el único o los varios aditivos comprenden (consisten esencialmente en, o consisten en)

un dispersante.

Modalidad 25. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera corriente, la primera torta (o una corriente que comprende la primera torta) y/o el primer centrifugado (o una corriente que comprende el primer centrifugado) se pone en contacto con el aditivo, tal como un dispersante, en una cantidad de aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 100 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 200 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 250 gramos a aproximadamente 500 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 400 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 300 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 200 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 150 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 100 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 75 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 50 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 40 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 30 gramos, aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 20 gramos, o aproximadamente 1 gramo a aproximadamente 10 gramos del dispersante por tonelada seca del contenido de sólidos de la primera corriente, la primera torta, y/o el primer centrifugado, donde las cantidades precedentes son cantidades de aditivo solamente (por ejemplo, un líquido no dispersante), tal como agua, con el cual se puede combinar un dispersante.

Proceso de valorización

Modalidad 26. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización recupera en la corriente de producto al menos 5%, al menos 10%, al menos 15%, al menos 20%, al menos 25%, al menos 30%, al menos 35%, al menos 40%, al menos 45% o al menos 50%, en peso, más del material de interés que está presente en la primera corriente que un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente (es decir, sin disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido). Por ejemplo, si un proceso de valorización realizado sobre una primera torta, un primer centrifugado, una segunda torta, o un segundo centrifugado recupera 12 unidades del material de interés en una corriente de producto, y un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente recupera 10 unidades del material de interés, entonces el proceso de valorización realizado sobre la primera torta, el primer centrifugado, la segunda torta, o el segundo centrifugado recupera 20% más del material de interés que el proceso de valorización

idéntico.

Modalidad 27. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización (i) tiene una capacidad de producción (por ejemplo, sin una pérdida de desempeño, ver los Ejemplos) que es al menos 20%, al menos 30%, o al menos 40% mayor que un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente (es decir, sin disponer la primera corriente en una centrífuga de recipiente sólido), y/o (ii) logra elevar el grado del material de interés en al menos 4 puntos porcentuales, al menos 6 puntos porcentuales, o al menos 10 puntos porcentuales en relación con un proceso de valorización idéntico realizado directamente sobre la primera corriente.

Modalidad 28. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un proceso físico, un proceso químico o una combinación de ambos.

Modalidad 29. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un proceso de beneficio.

Modalidad 30. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un proceso de flotación, un proceso de lixiviación, un proceso de separación magnética (por ejemplo, separación magnética de baja intensidad, húmeda (WLIMS), separación magnética de alta intensidad, húmeda (WHIMS), u otro proceso de separación (por ejemplo, filtración, etc.).

Modalidad 31. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de valorización comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un proceso de refinación (por ejemplo, un proceso de refinación metalúrgica) o un proceso de fundición.

Modalidad 32. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende, consiste esencialmente en, o consiste en reducir un tamaño promedio de partícula de –

- (i) la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta, y/o
- (ii) la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta.

Modalidad 33. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la reducción del tamaño promedio de partícula comprende molienda, trituración, etc.

Modalidad 34. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la reducción del tamaño promedio de partícula se realiza antes del proceso de

valorización.

Modalidad 35. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde proceso de flotación comprende, consiste esencialmente en, o consiste en (i) flotación inversa, (ii) flotación directa, (iii) flotación inversa y flotación directa (en cualquier orden), (iv) una primera flotación directa y una segunda flotación directa, o (v) una primera flotación inversa y una segunda flotación inversa.

Modalidad 36. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de flotación comprende flotación primaria (*rougher*), flotación de barrido (*scavenger*), o una combinación de ambas.

Modalidad 37. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la corriente de producto, después del proceso de valorización, no incluye —o incluye una cantidad reducida (en relación con la primera torta, el primer centrifugado, la segunda torta o el segundo centrifugado)— minerales de ganga, tales como carbonatos minerales (que contienen Ca, Mg, Fe y Mn), silicatos minerales que pueden incluir Mg, sílice, talco, dolomita o una combinación de estos.

Modalidad 38. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el proceso de flotación comprende, (consiste esencialmente en, o consiste en):

poner en contacto la primera torta o la segunda torta con un líquido para producir una torta diluida;

someter la torta diluida a flotación inversa para producir una primera espuma y una segunda corriente que comprende un subflujo de la flotación inversa, donde la segunda corriente comprende una primera cantidad del material de interés; y

someter la segunda corriente a flotación directa para producir una segunda espuma y una tercera corriente que comprende un subflujo de la flotación directa;

donde la segunda espuma es la corriente de producto, la cual comprende una segunda cantidad del material de interés.

Modalidad 39. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera espuma comprende al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, o al menos 80%, o al menos 90% en peso de minerales de ganga (percolados) presentes en la primera torta o en la segunda torta.

Modalidad 40. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde (A) al primera espuma comprende al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, o al menos 80%, o al menos 90% en peso de carbonatos presentes en la primera torta o la segunda torta; (B) donde la segunda corriente comprende al menos 50%, al menos 60%, al menos 70% o al menos 80% o al menos 90% en peso de sílice presente en la primera

torta, la segunda torta, o la primera espuma o el primer subflujo; o (C) una combinación de estos.

Modalidad 41. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende, antes y/o durante la flotación inversa, poner en contacto la primera torta, la segunda torta, o la torta diluida con (i) un agente efectivo para mantener un pH deseado, (ii) un colector (que puede ser un colector orgánico o un colector inorgánico), tal como un colector de carbonato, o (iii) una combinación de estos.

Modalidad 41. [sic] El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el agente efectivo para mantener el pH deseado es un ácido.

Modalidad 42. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el agente efectivo para mantener el pH deseado es un depresor, tal como un depresor de apatita, el cual puede incluir H_3PO_4 .

Modalidad 43. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el pH deseado es menor a 7, tal como aproximadamente 5 a aproximadamente 6,5; aproximadamente 5 a aproximadamente 6, o aproximadamente 5 a aproximadamente 5,5.

Modalidad 44. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el colector de carbonato se adhiere a las superficies de los carbonatos, tales como calcita, dolomita, etc.

Modalidad 45. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda corriente, antes de la flotación directa, se pone en contacto con un modificador de pH, un depresor, un colector o una combinación de estos.

Modalidad 46. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda corriente, antes y/o durante la flotación directa, se pone en contacto con (i) un depresor (por ejemplo, un depresor de mineral de ganga), (ii) un modificador de pH para mantener un pH deseado, (iii) un colector (por ejemplo, un colector de mineral de valor), (iv) un espumador o (v) una combinación de estos.

Modalidad 47. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el depresor comprende Na_2SiO_3 .

Modalidad 48. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el modificador de pH y/o el depresor son Na_2CO_3 .

Modalidad 49. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el modificador de pH es NaOH.

Modalidad 50. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el pH deseado es aproximadamente 9 a aproximadamente 10, o aproximadamente 9 a

aproximadamente 9,5.

Tratamiento de corrientes de producto, espumas, subflujos y centrifugados

Modalidad 51. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende disponer la corriente de producto en un espesador.

Modalidad 52. El método de cualquiera de las reivindicaciones [sic] precedentes, que además comprende disponer el primer centrifugado, el segundo centrifugado, la primera espuma, la segunda corriente o una combinación de estos en un espesador.

Modalidad 53. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende recolectar un rebalse del espesador.

Modalidad 54. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde un/el rebalse del espesador comprende agua clarificada.

Modalidad 55. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende deshidratar un subflujo del espesador con un aparato deshidratador.

Modalidad 56. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende contactar el subflujo del espesador y uno o más aditivos antes, durante y/o después de disponer el subflujo del espesador en el aparato deshidratador.

Modalidad 57. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el único o los varios aditivos comprenden (consisten esencialmente en, o consisten en) un floculante, un coagulante, un acondicionador, un dispersante, un tensioactivo, o una combinación de estos.

Modalidad 58. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato deshidratador comprende, (consiste esencialmente en, o consiste en) una centrífuga.

Modalidad 59. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato deshidratador comprende (consiste esencialmente en, o consiste en) un filtro prensa de banda, un filtro de vacío de banda horizontal, un tambor de vacío rotatorio, un filtro rotatorio de discos de vacío, una centrífuga de canasta, un espesador de pasta de cono profundo, una prensa de filtro con membrana, una centrífuga de recipiente sólido diferente de la primera y segunda centrífuga de recipiente sólido de cualquiera de las modalidades precedentes.

Modalidad 60. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato deshidratador produce una torta y un centrifugado.

Modalidad 61. El método de la modalidad 60, que además comprende recuperar

agua del centrifugado.

Características de la primera corriente

Modalidad 62. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera pluralidad de sólidos está presente en la primera corriente con una concentración de aproximadamente 10% a aproximadamente 60%, aproximadamente 10% a aproximadamente 50%, aproximadamente 15% a aproximadamente 45%, aproximadamente 20% a aproximadamente 40%, aproximadamente 25% a aproximadamente 35% o aproximadamente 30% en peso, sobre la base del peso de la primera corriente.

Modalidad 63. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde pluralidad de sólidos que está presente en la primera corriente tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 70 a 99, aproximadamente 75 a aproximadamente 95, aproximadamente 80 a aproximadamente 95, aproximadamente 85 a aproximadamente 95, o aproximadamente 85 a aproximadamente 90
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 45 a aproximadamente 80, aproximadamente 50 a aproximadamente 75, aproximadamente 55 a aproximadamente 75, aproximadamente 60 a aproximadamente 70, o aproximadamente 65
% acumulado que pasa 25 μm	aproximadamente 45 a aproximadamente 75, aproximadamente 50 a aproximadamente 70, aproximadamente 55 a aproximadamente 65, aproximadamente 60 a aproximadamente 65, o aproximadamente 60
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 40 a aproximadamente 65, aproximadamente 40 a aproximadamente 60, aproximadamente 45 a aproximadamente 55, aproximadamente 50 a aproximadamente 55, o

	aproximadamente 52
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 30 a aproximadamente 50, aproximadamente 35 a aproximadamente 45, aproximadamente 38 a aproximadamente 42, o aproximadamente 40
% acumulado que pasa 4 μm	aproximadamente 10 a aproximadamente 30, aproximadamente 15 a aproximadamente 25, aproximadamente 15 a aproximadamente 20, aproximadamente 20 a aproximadamente 25, o aproximadamente 20
% acumulado que pasa 2 μm	aproximadamente 5 a aproximadamente 25, aproximadamente 5 a aproximadamente 20, aproximadamente 5 a aproximadamente 15, aproximadamente 5 a aproximadamente 10, aproximadamente 10 a aproximadamente 15, o aproximadamente 10

Modalidad 64. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el material de interés comprende (consiste esencialmente en, o consiste en) uno o más compuestos que contienen fósforo (por ejemplo, fosfatos, óxidos de fósforo, o una combinación de estos), uno o más metales (por ejemplo, MGP (metales del grupo platino), rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino, oro, cobre, hierro, etc.), uno o más compuestos que contienen metales (por ejemplo, un óxido metálico, carbonato metálico, etc.), uno o más minerales (por ejemplo, yeso), o una combinación de estos.

Modalidad 65. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el material de interés comprende, consiste esencialmente en, o consiste en uno o más metales del grupo platino (MGP), tales como MGP 4e (platino, paladio, rodio y oro), o MGP 6e (platino, paladio, rodio, rutenio, osmio e iridio).

Modalidad 66. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la pluralidad de sólidos que está presente en la primera corriente comprende hueso fosfato de cal.

Modalidad 67. El método de la modalidad 66, donde el hueso fosfato de cal está presente en la pluralidad de sólidos de la primera corriente con una concentración de aproximadamente 30% a aproximadamente 50%, aproximadamente 35% a aproximadamente 45%, aproximadamente 40% a aproximadamente 45% en peso,

sobre la base del peso de la primera pluralidad de sólidos.

Modalidad 68. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente comprende P_2O_5 .

Modalidad 69. El método de la modalidad 68, donde el P_2O_5 está presente en la pluralidad de sólidos con una concentración de aproximadamente 15% a aproximadamente 25%, o aproximadamente 15% a aproximadamente 20%, en peso, sobre la base del peso de la primera pluralidad de sólidos.

Características y procesamiento de la primera torta

Modalidad 70. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la primera torta y/o la segunda torta es una corriente de partículas gruesas.

Modalidad 71. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos está presente en la primera torta con una concentración de aproximadamente 60% a aproximadamente 95%, aproximadamente 60% a aproximadamente 90%, aproximadamente 60% a aproximadamente 85%, aproximadamente 60% a aproximadamente 80%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75% o aproximadamente 70% en peso, sobre la base del peso de la primera torta.

Modalidad 72. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la primera porción de la pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 65 a aproximadamente 98, aproximadamente 70 a aproximadamente 95, aproximadamente 70 a aproximadamente 90, aproximadamente 75 a aproximadamente 85 o aproximadamente 80
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 3 a aproximadamente 60, aproximadamente 10 a aproximadamente 60, aproximadamente 20 a aproximadamente 60, aproximadamente 30 a aproximadamente 50, aproximadamente 35 a aproximadamente 45, aproximadamente 40 a aproximadamente 45, o

	aproximadamente 40
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 15 a aproximadamente 40, aproximadamente 15 a aproximadamente 35, aproximadamente 15 a aproximadamente 30, aproximadamente 20 a aproximadamente 30, o aproximadamente 25
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 3 a aproximadamente 25, aproximadamente 5 a aproximadamente 20, aproximadamente 10 a aproximadamente 20, o aproximadamente 15

Modalidad 73. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos comprenden, consisten esencialmente en, o consisten en al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80%, o al menos 90% en peso del material de interés que está presente en la primera corriente (en otras palabras, se recupera al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso, del material de interés que está presente en la primera corriente).

Modalidad 74. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos y/o la quinta pluralidad de sólidos comprenden aproximadamente 50% a aproximadamente 70%, aproximadamente 55% a aproximadamente 65%, o aproximadamente 60% en peso del hueso fosfato de cal presente en la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente.

Modalidad 75. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos comprenden hueso fosfato de cal, y el hueso fosfato de cal está presente en la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos, respectivamente, con una concentración de aproximadamente 40% a aproximadamente 50%, aproximadamente 42% a aproximadamente 48%, o aproximadamente 44% a aproximadamente 46%, en peso, sobre la base de la segunda, la tercera, la cuarta o la quinta pluralidad de sólidos, respectivamente.

Modalidad 76. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de

sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos comprenden P_2O_5 , y el P_2O_5 está presente en la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos con una concentración de aproximadamente 15% a aproximadamente 25% o aproximadamente 15% a aproximadamente 20%, en peso, sobre la base del peso de la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos, respectivamente.

Modalidad 77. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos comprenden SiO_2 , y el SiO_2 está presente en la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos, respectivamente, con una concentración de aproximadamente 8% a aproximadamente 15%, aproximadamente 8% a aproximadamente 14%, aproximadamente 8% a aproximadamente 12%, o aproximadamente 10% en peso, sobre la base del peso de la segunda pluralidad de sólidos, la tercera pluralidad de sólidos, la cuarta pluralidad de sólidos, y/o la quinta pluralidad de sólidos, respectivamente.

Características de la torta diluida

Modalidad 78. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde (i) la segunda pluralidad de sólidos de la primera torta o (ii) la cuarta pluralidad de sólidos de la segunda torta está presente en la torta diluida con una concentración de aproximadamente 10% a aproximadamente 30%, aproximadamente 15% a aproximadamente 30%, aproximadamente 15% a aproximadamente 25% o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la torta diluida.

Características de la tercera pluralidad de sólidos

Modalidad 79. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la tercera pluralidad de sólidos tiene una distribución de tamaño de partícula dentro de uno cualquiera o más de los siguientes rangos porcentuales en peso para uno cualquiera o más de los límites de dimensionado de las partículas:

Dimensionado de partículas	% en peso de la segunda porción de la pluralidad de sólidos
% acumulado que pasa 100 μm	aproximadamente 85 a aproximadamente 100,

	aproximadamente 90 a aproximadamente 100, aproximadamente 95 a aproximadamente 100, o aproximadamente 98 a aproximadamente 100
% acumulado que pasa 40 μm	aproximadamente 80 a aproximadamente 100, aproximadamente 85 a aproximadamente 100, aproximadamente 90 a aproximadamente 100, o aproximadamente 95 a aproximadamente 100
% acumulado que pasa 20 μm	aproximadamente 75 a aproximadamente 100, aproximadamente 80 a aproximadamente 100, aproximadamente 85 a aproximadamente 95, o aproximadamente 85 a aproximadamente 90
% acumulado que pasa 10 μm	aproximadamente 65 a aproximadamente 90, aproximadamente 65 a aproximadamente 85, aproximadamente 70 a aproximadamente 85, aproximadamente 70 a aproximadamente 80, o aproximadamente 70 a aproximadamente 75

Modalidad 80. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la tercera pluralidad de sólidos comprende hueso fosfato de cal, y el hueso fosfato de cal está presente en la tercera pluralidad de sólidos con una concentración de aproximadamente 30% a aproximadamente 45%, aproximadamente 35% a aproximadamente 45%, o aproximadamente 35% a aproximadamente 40% en peso, sobre la base del peso de la tercera pluralidad de sólidos.

Modalidad 81. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la tercera pluralidad de sólidos comprende P_2O_5 , y el P_2O_5 está presente en la tercera pluralidad de sólidos con una concentración de aproximadamente 15% a aproximadamente 20%, o aproximadamente 16% a aproximadamente 19% en peso, sobre la base del peso de la tercera pluralidad de sólidos.

Características de la segunda corriente

Modalidad 82. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 60% a aproximadamente 80%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75%, o aproximadamente 70% a aproximadamente 75% en peso de la segunda pluralidad de sólidos está presente en la segunda corriente.

Modalidad 83. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 80% a aproximadamente 99%, aproximadamente 90% a

aproximadamente 99%, o aproximadamente 94% a aproximadamente 96% en peso del hueso fosfato de cal de la segunda pluralidad de sólidos está presente en la segunda corriente.

Modalidad 84. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 80% a aproximadamente 99%, aproximadamente 85% a aproximadamente 95%, o aproximadamente 88% a aproximadamente 92% del SiO₂ presente en la segunda pluralidad de sólidos está presente en la segunda corriente.

Modalidad 85. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda corriente tiene un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a aproximadamente 20%, o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la segunda corriente.

Modalidad 86. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende diluir la segunda corriente antes de la flotación directa.

Modalidad 87. El método de la modalidad 86, donde, después de la dilución, la segunda corriente tiene un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a aproximadamente 20%, aproximadamente 10% a aproximadamente 15%, o aproximadamente 15% a aproximadamente 20% en peso, sobre la base del peso de la segunda corriente.

Características de la segunda espuma

Modalidad 88. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde la segunda espuma tiene un contenido de sólidos de aproximadamente 10% a aproximadamente 25%, aproximadamente 10% a aproximadamente 20%, o aproximadamente 10% a aproximadamente 15% en peso, sobre la base del peso de la segunda espuma.

Modalidad 89. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 65% a aproximadamente 85%, aproximadamente 65% a aproximadamente 75%, o aproximadamente 70% a aproximadamente 75% en peso, de sólidos presentes en la segunda corriente está presente en la segunda espuma.

Modalidad 90. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 70% a aproximadamente 90%, o aproximadamente 80% a aproximadamente 85% en peso del material de interés, tal como hueso fosfato de cal, presente en la segunda corriente está presente en la segunda espuma.

Modalidad 91. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde

aproximadamente 10% a aproximadamente 30%, aproximadamente 15% a aproximadamente 25%, o aproximadamente 20% a aproximadamente 25% en peso, del SiO₂ presente en la segunda corriente está presente en la segunda espuma.

Modalidad 92. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el hueso fosfato de cal está presente en la segunda espuma con una concentración de al menos 60%, al menos 65%, al menos 70%, o al menos 75% en peso sobre la base del peso del contenido de sólidos de la segunda espuma.

Modalidad 93. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el P₂O₅ está presente en la segunda espuma con una concentración de aproximadamente 20% a aproximadamente 40%, o aproximadamente 25% a aproximadamente 35% en peso, sobre la base del peso del contenido de sólidos de la segunda espuma.

Recuperación global

Modalidad 94. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde al menos 20%, al menos 30%, al menos 40%, al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto (por ejemplo, la segunda espuma).

Modalidad 95. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde al menos 20%, al menos 30%, al menos 40%, al menos 50%, al menos 60%, al menos 70%, al menos 80% o al menos 90% en peso del material de interés de la primera corriente está presente en la corriente de producto (por ejemplo, la segunda espuma).

Modalidad 96. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 20% a aproximadamente 40% o aproximadamente 25%, a aproximadamente 35%, o aproximadamente 30% en peso de la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la segunda espuma.

Modalidad 97. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde

—

(A) aproximadamente 40% a aproximadamente 60%, o aproximadamente 45% a aproximadamente 55% en peso del hueso fosfato de cal presente en la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto, tal como la segunda espuma;

(B) aproximadamente 40% a aproximadamente 60%, o aproximadamente 45% a aproximadamente 55% en peso del P₂O₅ presente en la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto, tal como la segunda

espuma; o

(C) una combinación de estos.

Modalidad 98. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, donde aproximadamente 5% a aproximadamente 15%, o aproximadamente 8%, a aproximadamente 12%, en peso del SiO₂ presente en la primera pluralidad de sólidos de la primera corriente está presente en la corriente de producto, tal como la segunda espuma.

Tratamiento de las corrientes entre los pasos

Modalidad 99. El método de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende modificar una concentración de sólidos en una cualquiera o más corrientes de las modalidades precedentes (por ejemplo, un subflujo, un rebalse (por ejemplo, una espuma), etc.) entre pasos (por ejemplo, entre la disposición de una corriente en una primera y una segunda centrífuga de recipiente sólido, entre la clasificación y la valorización, entre la flotación inversa y la flotación directa, etc.), donde la modificación de la concentración de sólidos puede incluir espesar la corriente.

Sistemas

Modalidad 100. Un sistema, tal como un sistema configurado para llevar a cabo un método de cualquiera de las modalidades precedentes.

Modalidad 101. Un sistema que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en todos o una porción de los componentes ilustrados en cualquiera de las FIG. 1A, en la FIG. 1B, en la FIG. 1C, en la FIG. 1D, en la FIG. 1E, en la FIG. 2, la FIG. 3, y/o la FIG. 4.

Modalidad 102. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el sistema comprende una primera centrífuga de recipiente sólido, opcionalmente una segunda centrífuga de recipiente sólido, y un aparato de valorización (por ejemplo, de beneficio), donde el aparato de valorización está configurado para recibir una torta (por ejemplo, una primera torta o una segunda torta) desde la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, una torta diluida (por ejemplo, una corriente que comprende, consiste esencialmente en, o consiste en la primera torta o la segunda torta) desde la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, o un primer o un segundo centrifugado desde la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, respectivamente.

Modalidad 103. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que

además comprende un primer espesador, tal como un primer espesador configurado para (i) recibir una corriente, tal como una corriente de relaves, (ii) proporcionar un primer subflujo del espesador a la primera centrífuga de recipiente sólido, o (iii) una combinación de estos.

Modalidad 104. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende un primer suministro de aditivo, tal como un primer suministro de aditivo configurado para contactar una corriente (tal como una corriente que comprende el primer subflujo del espesador) dispuesta en la primera centrífuga de recipiente sólido y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido con un aditivo descrito en la presente, tal como un dispersante.

Modalidad 105. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende un suministro de líquido, tal como un suministro de líquido configurado para contactar un líquido y una torta producidos por la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido para producir una torta diluida, tal como una primera torta diluida o una segunda torta diluida.

Modalidad 106. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato de valorización es un aparato de flotación, el cual comprende un aparato de flotación inversa (por ejemplo, uno o más aparatos de flotación inversa), un aparato de flotación directa (por ejemplo, uno o más aparatos de flotación directa), o una combinación de estos.

Modalidad 107. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato de valorización es un aparato de flotación, el cual se puede seleccionar entre un aparato de flotación primaria, un aparato de flotación de barrido, o una combinación de estos.

Modalidad 108. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato de flotación inversa está configurado para recibir una primera torta, una segunda torta, una primera torta diluida, o una segunda torta diluida de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido, y el aparato de flotación directa está configurado para recibir una corriente que comprende un subflujo del aparato de flotación inversa.

Modalidad 109. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende un segundo espesador, donde el segundo espesador puede estar configurado para recibir una o más corrientes desde (i) el aparato de valorización (tal como una espuma del aparato de flotación inversa y/o un subflujo del aparato de flotación directa), (ii) la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido (tal como

una corriente que comprende un primer o un segundo centrifugado de la primera o la segunda centrífuga de recipiente sólido), o (iii) una combinación de estos.

Modalidad 110. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende un aparato deshidratador, donde el aparato deshidratador puede estar configurado para recibir un subflujo del segundo espesador.

Modalidad 111. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, donde el aparato deshidratador comprende (consiste esencialmente en, o consiste en) un filtro prensa de banda, un filtro de vacío de banda horizontal, un tambor de vacío rotatorio, un filtro rotatorio de discos de vacío, una centrífuga de canasta, un espesador de pasta de cono profundo, una prensa de filtro con membrana, una centrífuga de recipiente sólido diferente de la primera y/o la segunda centrífuga de recipiente sólido de cualquiera de las modalidades precedentes.

Modalidad 112. El sistema de cualquiera de las modalidades precedentes, que además comprende un segundo suministro de aditivo, tal como un segundo suministro de aditivo configurado para contactar una corriente (tal como una corriente que comprende el segundo subflujo del espesador) dispuesta en el aparato deshidratador con un aditivo descrito en la presente, tal como un floculante.

EJEMPLOS

La presente descripción se ilustra además mediante los ejemplos que siguen, los cuales no se han de interpretar en modo alguno como limitaciones impuestas a su alcance. Por el contrario, se ha de entender claramente que se puede recurrir a otros aspectos, modalidades, modificaciones, y equivalentes diferentes de estos, los cuales, después de leer la descripción, se pueden poner de manifiesto a los expertos en la técnica sin apartarse del espíritu de la presente descripción ni del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, otros aspectos de esta descripción se tornarán evidentes a los expertos en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva y la puesta en práctica de las modalidades que allí se describen.

Ejemplo 1 - Clasificación de la corriente

En este ejemplo, se procesó una corriente que incluía una pluralidad de sólidos con una centrífuga de recipiente sólido para producir un producto clasificado. La corriente de este ejemplo se dispuso en una centrífuga de recipiente sólido, la cual bifurcó la primera corriente en una torta y un centrifugado, como se ilustra, por ejemplo, en la **FIG. 1A**. La torta de este ejemplo se denominó corriente de partículas gruesas, y

el centrifugado de este ejemplo se denominó corriente de partículas ultrafinas.

Las corrientes ensayadas se caracterizaron como se ilustra en la tabla a continuación y, después de múltiples rondas de clasificación, las tortas y los centrifugados se caracterizaron de la siguiente forma.

	Primera corriente antes de la clasificación			Torta (es decir, corriente de partículas gruesas)			Centrifugado (es decir, corriente de partículas ultrafinas)		
	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.
% en peso de sólidos	30,1	22,9	35,9	73,3	70,0	75,4	17,0	9,8	27,4
Gravedad específica de partículas sólidas (GE)	2,9	2,7	2,9	2,9	2,6	3,0	2,8	2,4	2,8
GE de la suspensión	1,244	1,17 5	1,30 5	1,928	1,81 2	1,98 4	1,122	1,06 7	1,16 9
Dimensionado de partículas									
% acumulado que pasa 100 µm	88,2	75,5	95,2	79,7	69,8	97,0	99,5	85,6	100, 0
% acumulado que pasa 40 µm	<u>65,5</u>	51,3	75,3	<u>42,9</u>	4,4	59,8	<u>97,3</u>	45,3	100, 0
% acumulado que pasa 20 µm	51,9	40,1	61,8	25,8	18,7	37,0	88,7	24,5	97,3
% acumulado que pasa 10 µm	40,3	31,5	48,1	15,6	4,5	23,5	73,8	14,3	88,9

Análisis del producto de fosfato									
Hueso fosfato de cal (BPL) contenido %	41,8	38,3	44,6	45,1	39,9	49,0	38,7	36,4	44,0
%P ₂ O ₅	18,9	15,3	20,4	20,6	18,3	22,4	17,7	16,7	20,1
Análisis de contaminantes									
%MgO	3,9	2,0	27,8	2,8	2,0	3,3	2,3	1,7	2,6
Cadmio (ppm)	20,3	11,0	30,0	27,8	23,0	41,0	12,3	9,0	19,0
%Al ₂ O ₃	3,3	2,9	5,5	1,3	1,1	1,4	5,1	2,3	5,9
%Fe ₂ O ₃	1,2	1,0	2,0	0,5	0,4	0,6	1,9	1,1	2,3
SiO ₂	13,2	12,2	17,9	10,3	9,1	13,0	17,2	15,9	18,1
SiO ₂ reactivo	8,4	7,3	9,3	4,8	4,1	5,2	11,4	9,4	13,6
Proporción de elementos menores (MER, por sus siglas en inglés) - calculada como (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + MgO)/P ₂ O ₅	0,44	0,38	1,73	0,22	0,19	0,23	0,52	0,31	0,53

Como se ilustra en la tabla precedente, la corriente, el centrifugado y la torta incluyeron sólidos de diversos tamaños, tales como menores a 40 μm . No obstante, los sólidos con tamaños de partícula menores a 40 μm constituyeron, en promedio, aproximadamente 65% en peso de los sólidos en la corriente antes de la clasificación, aproximadamente 97% en peso de los sólidos en el centrifugado y aproximadamente 43% en peso de los sólidos en la torta. Como resultado, el proceso de clasificación de este ejemplo produjo una torta con un porcentaje en peso reducido de partículas ultrafinas (por ejemplo, aquellas con un tamaño de partícula menor a 40 μm).

También se midió la eficiencia del proceso de clasificación de este ejemplo determinando varios porcentajes de recuperación, como se ilustra en la tabla a continuación.

	Recuperación de la torta (% en peso)	Recuperación del centrifugado (%)
	Promedio	Promedio
% en peso de sólidos	57,8	42,2
Gravedad específica de partículas sólidas (GE)		
GE de la suspensión		
Dimensionado de partículas		
% acumulado que pasa 100 μm		
% acumulado que pasa 40 μm		
% acumulado que pasa 20 μm	28,9	71,1
% acumulado que pasa 10 μm	22,4	77,6
Análisis del producto de fosfato		
Hueso fosfato de cal (BPL) contenido %	61,9	38,1
%P ₂ O ₅	62,3	37,7
Análisis de contaminantes		
%MgO	60,4	39,6
Cadmio (ppm)	79,3	20,7
%Al ₂ O ₃	22,3	77,7
%Fe ₂ O ₃	24,7	75,3
SiO ₂	45,9	54,1

SiO ₂ reactivo	33,1	66,9
Proporción de elementos menores (MER) - calculada como (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + MgO)/P ₂ O ₅		

Los datos de esta tabla indican, por ejemplo, que las tortas, en promedio, incluyeron (i) aproximadamente 58% en peso de sólidos presentes en la corriente antes de la clasificación, pero (ii) tan solo aproximadamente 29% en peso de los sólidos con tamaños de partículas menores a 20 µm que estaban presentes en la corriente antes de la clasificación.

Los centrifugados de este ejemplo se dispusieron en un espesador, según se describe en la presente.

Ejemplo 2 - flotación inversa

En este ejemplo, las tortas del Ejemplo 1 se sometieron a un proceso de flotación inversa, el cual se puede denominar flotación inversa de carbonato.

Una torta del Ejemplo 1 se diluyó primeramente con un líquido para formar una torta diluida con un contenido de sólidos promedio de aproximadamente 18% en peso, sobre la base del peso de la torta diluida.

Una porción de las corrientes ensayadas en este ejemplo se agitaron durante aproximadamente un minuto, se pusieron en contacto con un agente para mantener un pH de aproximadamente 5 a aproximadamente 5,5 y se pusieron en contacto con un colector de carbonato.

En este ejemplo, el agente para mantener el pH de aproximadamente 5 a aproximadamente 5,5 fue un depresor de apatita, tal como H₃PO₄.

El colector de carbonato usado en algunos ensayos era un agente que se adhería a la superficie de carbonatos, tales como dolomita y calcita. El colector de carbonato facilitó o colaboró con la remoción de carbonatos durante el proceso de flotación inversa de este ejemplo.

El proceso de flotación inversa de carbonato de este ejemplo produjo un rebalse de espuma, y un subflujo de producto. Ambas corrientes se caracterizaron como se describe en la tabla a continuación.

Caracterización de corrientes de flotación inversa

	Suministro	Rechazo (rebalse)	Producto (subflujo)	% en peso recuperado del subflujo
% en peso de sólidos	18,0	16,6	12,4	71,1
Gravedad específica de partículas sólidas (GE)				
GE de la suspensión				
Dimensionado de partículas				
% acumulado que pasa 100 µm				
% acumulado que pasa 40 µm				
% acumulado que pasa 20 µm				
% acumulado que pasa 10 µm				
Análisis del producto de fosfato				
Hueso fosfato de cal (BPL) contenido %	45,5	8,0	60,7	94,9
%P ₂ O ₅	20,8	3,7	27,8	94,9
Análisis de contaminantes				
%MgO	3,9	12,6	0,4	7,6
Cadmio (ppm)				
%Al ₂ O ₃	1,8	1,1	2,1	82,2
%Fe ₂ O ₃	0,7	0,4	0,8	82,1
SiO ₂	12,8	4,1	16,4	90,9
SiO ₂ reactivo				
Proporción de elementos menores (MER) - calculada como (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + MgO)/P ₂ O ₅	0,31	3,86	0,12	

En este ejemplo, un material de interés era hueso fosfato de cal, y aproximadamente 95% en peso del hueso fosfato de cal que estaba presente en la suministro fue recuperado en el subflujo del proceso de flotación inversa de este ejemplo.

Ejemplo 3 - flotación directa

En este ejemplo, el subflujo recolectado de la flotación inversa del Ejemplo 2 se sometió a un proceso de flotación directa, el cual se puede denominar flotación directa de apatita.

El subflujo de la flotación inversa del Ejemplo 2 puede estar diluido o concentrado antes del proceso de flotación directa de este ejemplo.

Antes de la flotación directa, el subflujo de la flotación inversa del Ejemplo 2 se puso en contacto con (i) un modificador de pH y un depresor de sílice, tal como Na_2SiO_3 , (ii) un modificador de pH y un depresor de minerales portadores de calcio, tal como Na_2CO_3 , (iii) un modificador de pH, tal como NaOH , para mantener un pH de entre aproximadamente 9 y aproximadamente 9,5, y (iv) un colector de apatita.

El proceso de flotación directa de este ejemplo produjo un subflujo y un rebalse de producto. Cada una de estas corrientes se caracterizó como se ilustra en la tabla a continuación.

Caracterización de corrientes de flotación directa

	Suministro	Rechazo (rebalse)	Producto (subflujo)	% en peso recuperado del rebalse
% en peso de sólidos	16,2	3,3	14,5	72,2
Gravedad específica de partículas sólidas (GE)				
GE de la suspensión				
Dimensionado de partículas				
% acumulado que pasa 100 μm				
% acumulado que pasa 40 μm				
% acumulado que pasa				

20 μm				
% acumulado que pasa 10 μm				
Análisis del producto de fosfato				
Hueso fosfato de cal (BPL) contenido %	60,7	36,0	70,2	83,5
% P_2O_5	27,8	16,5	32,1	83,5
Análisis de contaminantes				
%MgO	0,4	0,3	0,5	83,1
Cadmio (ppm)				
% Al_2O_3	2,1	4,0	1,3	46,6
% Fe_2O_3	0,8	1,3	0,6	53,1
SiO_2	16,4	45,0	5,4	23,5
SiO_2 reactivo				
Proporción de elementos menores (MER) - calculada como $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})/\text{P}_2\text{O}_5$	0,12	0,33	0,07	

Como se describe en la presente, el rebalse de producto se puede disponer en un espesador.

Ejemplo 4 - determinación de la eficiencia general

Se determinó la caracterización del rebalse de producto, es decir, la espuma, del Ejemplo 3 y se comparó con la caracterización de la corriente de entrada inicial del Ejemplo 1 para determinar los porcentajes generales de recuperación de los procesos. Los resultados de este análisis se ilustran en la tabla a continuación:

Recuperaciones globales

	Recuperación al producto final (% en peso)	Rechazado (% en peso)
% en peso de sólidos	29,7	70,3

Gravedad específica de partículas sólidas (GE)		
GE de la suspensión		
Dimensionado de partículas		
% acumulado que pasa 100 μm		
% acumulado que pasa 40 μm		
% acumulado que pasa 20 μm		
% acumulado que pasa 10 μm		
Análisis del producto de fosfato		
Hueso fosfato de cal (BPL) contenido %	49,1	50,9
%P ₂ O ₅	49,4	50,6
Análisis de contaminantes		
%MgO	3,8	96,2
Cadmio (ppm)		
%Al ₂ O ₃	8,6	91,4
%Fe ₂ O ₃	10,8	89,2
SiO ₂	9,8	90,2
SiO ₂ reactivo		
Proporción de elementos menores (MER) - calculada como (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + MgO)/P ₂ O ₅		

Como se ilustró en la tabla precedente, los procesos de los Ejemplos 1-3 recuperaron aproximadamente 30% en peso de los sólidos presentes en el suministro inicial del Ejemplo 1, casi 50% en peso del hueso fosfato de cal que estaba presente en el suministro inicial, y solo aproximadamente 10% en peso de SiO₂ que estaba presente en el suministro inicial.

Ejemplo 5 - remoción de ultrafinos, inclusive talco ultrafino

En este ejemplo se evaluaron los beneficios, particularmente los beneficios metalúrgicos, de la remoción o reducción de ultrafinos, tales como talco ultrafino (por ejemplo, < 4 μm), de una corriente de suministro.

Las plantas de flotación de metales del grupo platino (MGP) generalmente

recuperan MGP de un concentrado usando diferentes etapas de flotación. Los procesos de flotación están configurados para recuperar y concentrar los MGP de materiales de desecho, los cuales pueden incluir cromita y talco. La presencia de partículas de ultrafinos (por ejemplo, < 3 o $4 \mu\text{m}$), tales como partículas ultrafinas de talco, en un suministro de flotación, no obstante, puede impactar de manera no deseada sobre el desempeño de la flotación, tal como incrementando la viscosidad de la suspensión del suministro de flotación, reduciendo la cinética de flotación, reduciendo la recuperación de MGP, reduciendo el grado final del concentrado, o una combinación de estos.

Como se explicó en este ejemplo, sin embargo, las modalidades de los métodos descriptos en la presente mejoraron el desempeño de la flotación. Por ejemplo, al remover sólidos que tienen tamaños menores o iguales a aproximadamente $3 \mu\text{m}$ antes de la flotación, se observaron las siguientes mejoras en las modalidades de los siguientes procesos de flotación (en comparación con procesos de flotación aplicados a los materiales de partida brutos que no fueron sometidos a clasificación mediante una o más centrífugas de recipiente sólido): (i) 34% de aumento en la capacidad de producción de la flotación, probablemente debido, al menos en parte, al 24 % en peso de aumento observado en el contenido de sólidos de la suspensión de suministro de flotación, (ii) 18% de aumento en la recuperación de MGP, y (iii) 82% de aumento en el grado del producto de limpieza.

La corriente de suministro de este ejemplo se sometió a ensayos comprehensivos a escala de laboratorio, que incluyeron clasificación del centrifugado y la flotación del suministro bruto (con fines comparativos) y una torta deslodada. Se evaluaron los resultados de estos ensayos para determinar el impacto sobre la recuperación de MGP, el grado, y la cinética de flotación.

En este ejemplo, la clasificación del centrifugado se realizó sobre una corriente de suministro que incluía MGP y partículas ultrafinas, inclusive talco ultrafino. Como se explica a continuación, el centrifugado, en ciertos ensayos, alcanzó un punto de corte de eficiencia bajo (por ejemplo, $3 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$, mientras se le recuperó al menos 90% en peso (por ejemplo, aproximadamente 92 % en peso) de MGP a la torta. Estos resultados se alcanzaron ajustando la configuración de la centrífuga, como se describe en la presente, particularmente la velocidad y el caudal. Si bien la clasificación de la centrífuga, en la mayoría de los casos, no recuperó MGP ultrafinos (es decir, $< 3 \mu\text{m}$), esta característica probablemente resultó ventajosa, dado que puede resultar difícil recuperar MGP ultrafinos a través de ciertos procesos de flotación.

En este ejemplo, se realizó flotación primaria y de barrido. Las muestras del

suministro bruto y la torta deslodada se sometieron a flotación a escala de banco de pruebas para evaluar el impacto sobre la recuperación por flotación y la cinética de la flotación a lo largo de la flotación primaria y de barrido. Un análisis de las tortas clasificadas indicó los siguientes resultados:

Recuperación de MGP - Se logró aproximadamente un 10% de incremento en la recuperación global de MGP en comparación con ensayos de flotación colectiva, con un grado de concentración y una relación de concentración más elevados.

Cinética de flotación - Se logró un significativo incremento en la cinética de flotación con una recuperación de MGP de aproximadamente 30% en peso, en aproximadamente 10 minutos para tortas deslodadas en comparación con aproximadamente 30 minutos en el caso del suministro bruto. Este resultado se tradujo en aproximadamente un 70% de incremento en MGP de flotación rápida.

Capacidad de producción - La clasificación de talco ultrafino en este ejemplo permitió la flotación de las tortas deslodadas en aproximadamente 26% en peso de sólidos de suministro sin pérdida de desempeño en la flotación. Este resultado indicó el potencial para incrementar la capacidad de producción de la planta gracias a la clasificación.

En este ejemplo, las muestras de suministro bruto y torta deslodada se sometieron a flotación en bancos de prueba por lotes para recolectar concentrados primarios y de barrido, y luego se reflataron para evaluar el impacto sobre la recuperación por flotación, el grado, y la cinética de flotación en el circuito de limpieza. Un análisis de la torta clasificada indicó los siguientes resultados.

Grado de MGP - Se logró un incremento del grado de limpieza de MGP de aproximadamente 82% en peso, el cual probablemente fue resultado de la duplicación de la proporción de la concentración "limpieza rápida". Esto muy probablemente incrementó la recuperación de MGP al crear mejoras significativas en toda la planta. También se redujo el grado final de cromita desde aproximadamente 5,8% a aproximadamente 5,2%

Cinética de la flotación - Se observó un importante incremento en la cinética de flotación de limpieza, con aproximadamente un 100% de incremento en MGP recuperados al final de la concentración a partir de la flotación de limpieza rápida en alto grado. Esto indicó un potencial para disminuir la carga en las columnas, reconfigurar los circuitos de limpieza y/o reducir las cargas en circulación desde el circuito de limpieza.

Cabe destacar que los resultados de este ejemplo se obtuvieron a escala de laboratorio a partir de una única muestra fresca de suministro. Una persona con

capacidad normal en la técnica advertirá que los resultados reales en planta pueden sufrir el impacto de numerosos factores, tales como modificaciones en planta realizadas desde la toma de la muestra (por ejemplo, recirculación de relaves de limpieza lentos), diferencias en las condiciones de la planta relativas a las condiciones de laboratorio (por ejemplo, energía de flotación y tracción de la masa), tipo de suministro y su disponibilidad a lo largo del tiempo, el impacto de la nueva molienda de suministros de limpieza, etc.

Los resultados a escala de laboratorio de este ejemplo indicaron que se puede lograr un beneficio del material a través de las modalidades de los métodos de clasificación descritos en la presente. Por ejemplo, los resultados muestran potencial para una elevación de la capacidad de producción de hasta aproximadamente 35%, y un beneficio de recuperación por flotación de hasta aproximadamente 40%. En la tabla continuación se proporciona el total del balance de masa en planta con y sin clasificación, sobre la base de los resultados de laboratorio de este ejemplo:

Análisis de flotación con y sin clasificación

	Suministro	Concentrado	Relaves
Flotación de suministro bruto sin clasificación	95 tph 3,81 grado gpt 7.565 MGP oz/tmh 100% dist MGP	1,1 tph 132,85 grado gpt 3.082 oz/tmh MGP 41% dist MGP	93,9 tph 2,28 grado gpt 4.483 oz/tmh MGP 59% dist MGP
Flotación después de la clasificación (potencial total de elevación)	128,25 tph 3,93 grado gpt 10.528 oz/tmh MGP 100% dist MGP	2,1 tph 132,85 grado gpt 5.789 oz/tmh MGP 55% dist MGP	126,2 tph 1,80 grado gpt 4.739 oz/tmh MGP 45% dist MGP
Flotación después de la clasificación (recuperación y elevación de grado solamente)	95 tph 3,93 grado gpt 7.799 MGP oz/tmh 100% dist MGP	1,5 tph 132,85 grado gpt 4.100 oz/tmh MGP 53% dist MGP	93,5 tph 1,89 grado gpt 3.699 oz/tmh MGP 47% dist MGP

Material de suministro - Una muestra a granel del material de suministro ensayado en este ejemplo fue homogenizada y se sub-muestreó para obtener una caracterización detallada de la distribución del tamaño de partícula, la composición mineral, el contenido de talco, y el contenido de MGP. En la tabla a continuación se

proporcionan los resultados de la caracterización:

Caracterización de material de suministro

Propiedades		Resultados
Propiedades físicas	Gravedad específica de los sólidos	3,19
	% en peso que pasa 25 μm	60,7
	% en peso que pasa 4 μm	20,1
	% en peso que pasa 2 μm	10,0
Propiedades químicas	MGP 4e (g/t)	4,28
Mineralogía	Esmectita	15
	Talco	7
	Piroxenos	15
	Espinelas	27
	Plagioclasa	34

Ensayo de clasificación - Se realizó una serie de ensayos de clasificación iniciales para evaluar la eficiencia de la clasificación y la influencia de los parámetros de la centrífuga sobre los resultados de la clasificación. Esta fase del ensayo se concentró en variar el caudal y las velocidades del recipiente con sólidos de suministro en 33 % en peso y 25 % en peso. Una clara diferencia de color observable a simple vista entre la corriente de suministro y el centrifugado indicó una efectiva separación de cromita y talco.

Los resultados de esta fase del ensayo de clasificación se brindan en la tabla a continuación.

Resultados de la clasificación de la centrifugación fase 1

Característica	Nro. de ensayo						
	1	2	3	4	5	6	7
Sólidos de suministro (% en peso)	33,7	33,2	34,1	34,1	25,8	25,6	25,6
Velocidad recipiente (%)	65	55	65	75	65	65	75

Caudal suministro (m³/h)	1,15	1,14	1,84	1,82	1,15	2,13	1,83
Grado MGP 4e (gpt) (platino, paladio, rodio, oro)	4,8	4,6	4,5	4,4	4,4	4,4	3,9
Humedad de la torta (% en peso)	18,7	19,5	18,9	18,6	18,4	18,6	18,6
S₅₀ (µm)	4,1	5,0	6,8	5,0	3,9	5,1	4,5
Recuperación sólidos (% en peso)	92,9	91,9	90,7	91,9	92,3	90,5	91,4
Recuperación líquidos (% en peso)	10,8	11,1	11,2	10,9	7,1	7,1	7,0
Recuperación MGP 4e (% en peso)	92,1	90,5	89,3	90,8	90,8	89,8	90,4
Recuperación Cr₂O₃ (% en peso)	98,7	98,4	97,9	98,5	98,8	98,2	98,5

Los resultados de esta tabla demostraron que el % en peso de sólidos de suministro impactó mínimamente en la recuperación de MGP, pero, en general, concentraciones de sólidos de suministro más elevadas (% en peso) resultaron en mayor recuperación de líquidos de la torta. Asimismo, un caudal incrementado para una velocidad dada del recipiente generalmente incrementó S₅₀ (el tamaño de partícula del valor de corte de la clasificación), y en general redujo la recuperación de MGP (por ejemplo, Ensayo Nro. 1 vs. Ensayo Nro. 3; o Ensayo Nro. 5 vs. Ensayo Nro. 6). En general, se observó que una velocidad mayor del recipiente para un caudal similar de suministro, en estos ensayos, incrementó la recuperación de MGP (por ejemplo, Ensayo Nro. 1 vs. Ensayo Nro. 2; Ensayo Nro. 3 vs. Ensayo Nro. 4; y Ensayo Nro. 6 vs. Ensayo

Nro. 7). En todos los ensayos realizados, la recuperación de cromita de la torta fue relativamente alta (es decir, > 97 % en peso). También, en todos los ensayos realizados, las tortas deslodadas tuvieron humedades de torta relativamente bajas.

También se analizó el ensayo Nro. 1 de la tabla precedente para determinar el contenido de MGP 6e, el cual mostró una mayor recuperación relativa de rodio de la torta centrifugada, como se muestra en la tabla siguiente:

Recuperación de MGP 6e de torta centrifugada de Ensayo Nro. 1

Nro. de ensayo	MGP 6e (% en peso)	Pt (% en peso)	Pd (% en peso)	Rh (% en peso)	Au (% en peso)	Ru (% en peso)	Ir (% en peso)
1	93,5	92,5	93,7	95,9	94,8	93,3	94,7

Ensayo de flotación clasificada y sin clasificar - En esta fase del ejemplo, se realizaron seis ensayos de centrifugado con velocidades de recipiente de 70% y 80%, y con caudales de suministro de 1,0; 1,5 y 2,0 m³/h. Durante cada ensayo, se recolectó una muestra suficiente como para realizar una flotación de suministro bruto y una flotación de torta deslodada.

De los resultados de la recuperación de sólidos inicial, se seleccionaron tres corridas de ensayo para continuar hacia el ensayo de flotación. Los resultados de la clasificación de estos tres ensayos se proporcionan en la tabla siguiente:

Resultados de la clasificación de la centrifugación

Característica	Nro. de ensayo		
	1	2	6
Sólidos de suministro (% en peso)	25,4	25,7	24,9
Velocidad recipiente (%)	70	70	80
Caudal suministro (m³/h)	1,0	1,5	1,0
Grado MGP 4e (gpt) (platino,	3,6	3,2	3,2

paladio, rodio, oro)			
Humedad de la torta (% en peso)	18,3	18,6	18,7
Recuperación sólidos (% en peso)	91,8	90,8	91,3
Recuperación líquidos (% en peso)	7,0	7,2	7,0
Recuperación MGP 4e (% en peso)	87,8	83,2	86,6
Recuperación Cr₂O₃ (% en peso)	98,8	98,3	98,7

El grado de suministro y la recuperación de MGP 4e fue menor que en el ensayo precedente, probablemente debido al reciclaje de la torta y del centrifugado. El Ensayo 2 también se realizó con un caudal mayor, lo cual resultó, en este caso, en una menor recuperación de MGP.

El ensayo de flotación de este ejemplo se realizó usando una celda Denver de 10 litros. En la tabla a continuación se brinda una revisión general de los 14 ensayos de flotación realizados en esta fase del ejemplo.

Revisión general de ensayos de flotación

Clasificación Nro. de ensayo	Muestra	Sólidos de suministro (% en peso)	Pulido en molino de bolas
Suministro de	Suministro bruto	~ 25	No

reserva			
Suministro de reserva	Suministro bruto	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
1	Torta deslodada	~ 25	No
1	Torta deslodada	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
2	Torta deslodada	~ 25	No
2	Torta deslodada	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
1	Suministro bruto	~ 25	No
1	Suministro bruto	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
2	Suministro bruto	~ 25	No
2	Suministro bruto	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
6	Suministro bruto	~ 25	No
6	Suministro bruto	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm
6	Torta deslodada	~ 25	No
6	Torta deslodada	~ 25	Sí, objetivo P80 30 μm

En el caso del suministro bruto y torta deslodada, se compararon los resultados del grado de flotación primaria y de barrido y la recuperación de MGP, como se ilustra en la **FIG. 5**. La remoción de talco ultrafino resultó en una clara recuperación y elevación de grado en los ensayos de flotación primaria y de barrido en este ejemplo, lográndose, en promedio, con la torta deslodada, una proporción mejorada de 7,5 vs 6,0 para el suministro bruto.

La elevación de la recuperación global de MGP en todos los concentrados finales de la flotación primaria y de barrido se incrementó en aproximadamente 6,6 puntos porcentuales, y en un grado más elevado en el caso de la torta deslodada vs el suministro bruto. La elevación de la recuperación sería probablemente todavía mayor para un objetivo de grado equivalente.

Así como alcanzó una mayor recuperación y grado, la flotación de torta deslodada también fue más selectiva en cuanto a su tracción de masa. Este resultado lo indicó el hecho de que la flotación de la torta deslodada tuvo una mayor relación de concentración para una recuperación dada de MGP para todas las fracciones de flotación (ver **FIG. 6**). La curva de suministro bruto también aumentó su pendiente más rápidamente a medida que crecía la recuperación, lo cual apuntó a una flotación de barrido menos selectiva en comparación con la curva de la torta deslodada.

Descalcificar el suministro antes de la flotación también resultó en un significativo

aumento de la cinética de la flotación en comparación con el suministro bruto (ver **FIG. 7**). La recuperación de la flotación del suministro bruto a lo largo del tiempo fue casi lineal, mientras que la torta deslodada mostró una recuperación mucho más rápida de la mayoría de los MGP en un tiempo relativamente más corto. La torta deslodada, en algunos casos, alcanzó una mejora de 3x en la cinética (por ejemplo, recuperación de MGP 30 % en peso en aproximadamente 10 minutos en comparación con aproximadamente 30 minutos en el caso del suministro bruto), lo cual se tradujo en un aumento de aproximadamente 70% en los MGP de flotación rápida.

Las muestras que se pulieron antes de la flotación, en cada caso, exhibieron menor recuperación y grado en el concentrado final. Esto probablemente se debió a la liberación de talco ultrafino, el cual probablemente suprimió el grado y la recuperación de MGP. El proceso de flotación de este ejemplo incluyó tres etapas: primaria, de limpieza y de barrido. En algunos casos, el concentrado de limpieza se sometió a flotación en un paso adicional que se denomina a menudo “pulido”, el cual resultó en la remoción adicional de minerales de ganga ultrafinos, tales como talco y arcillas.

La clasificación de talco ultrafino permitió someter la torta deslodada a flotación con 26 % en peso de sólidos de suministro sin pérdida alguna (ni una pérdida no deseada) de desempeño en la flotación.

Un incremento significativo en la concentración máxima de sólidos de suministro en la flotación puede resultar en el aumento de la capacidad de producción. Por ejemplo, si un proceso conocido tiene un límite de suministro de sólidos de flotación de aproximadamente 21 % en peso, entonces la capacidad de alimentar un proceso de flotación al 26 % en peso resultaría en aproximadamente un 35% de aumento en la capacidad de producción.

Ensayo de flotación de limpieza clasificada y sin clasificar - En la fase siguiente de este ejemplo, se realizó un ensayo para evaluar el impacto de descalcificar el suministro de flotación primaria y de limpieza sobre el desempeño de la posterior flotación de limpieza rápida y lenta. Se determinó el impacto sobre la cinética de limpieza, la recuperación global y el grado de MGP y cromita.

A fin de generar una muestra deslodada para este ensayo, se ejecutó la clasificación de la centrífuga explicada en la tabla a continuación, y se recolectó suficiente suministro bruto y torta deslodada para el ensayo de flotación de limpieza. Se usó en este ensayo la muestra colectiva original, y se obtuvo una recuperación más elevada de MGP, lo cual fue consistente con el ensayo de la primera fase de este ejemplo.

Resultados de la clasificación de la centrifugación

Característica	Nro. de ensayo
	1
Sólidos de suministro (% en peso)	20,1
Velocidad recipiente (%)	70
Caudal suministro (m³/h)	2,0
Grado MGP 4e (gpt) (platino, paladio, rodio, oro)	4,3
Humedad de la torta (% en peso)	17,5
S ₅₀ (µm) (Tamaños de partícula de valores de corte)	4,1
Recuperación sólidos (% en peso)	90,3
Recuperación líquidos (% en peso)	8,7
Recuperación MGP 4e (% en peso)	90,1
Recuperación	98,5

Cr ₂ O ₃ (% en peso)	
--	--

Para simular un suministro de flotación de limpieza rápida, se combinaron los dos primeros concentrados del ensayo de flotación primaria y de barrido y se reflataron como una limpieza rápida. Los concentrados remanentes se combinaron y reflataron como una limpieza lenta. Para generar masa suficiente para el análisis de MGP 4e en las fracciones de limpieza, se completaron 4 tortas deslodadas y 3 flotaciones primarias y de barrido con suministro bruto.

Los resultados muestran una clara recuperación de MGP y elevación de grado para torta deslodada vs. suministro bruto en la flotación de limpieza, como se observa en la **FIG. 8**. La recuperación de limpieza de MGP de suministro bruto fue 69% en grado 137 gtp, mientras que la recuperación de limpieza de MGP de torta deslodada fue 74% en grado de 250 gpt. El grado más elevado de la torta deslodada reflejó una proporción mejorada en las limpiezas rápidas de 6 comparadas con 3 logradas en el suministro bruto.

La torta deslodada resultó en una recuperación de cromita levemente más baja a 0,2 % en peso y grado de 5,2% en comparación con una recuperación de 0,3 % en peso y grado de 5,8% para el suministro bruto. La reducción en el grado final de cromita de la muestra deslodada se puede atribuir a un mejor rechazo en la limpieza lenta, con una recuperación de 8,7 % en peso vs 12,4 % en peso en el ensayo de suministro bruto.

También se observó que la cinética de la flotación de limpieza mejoró significativamente (ver **FIG. 9**), de modo similar al mejoramiento de la cinética primaria y de barrido observada en el ensayo de la segunda fase de este ejemplo. En el caso del ensayo de limpieza rápida y lenta combinadas de suministro bruto, 25 % en peso de los MGP recuperados del concentrado fueron de la limpieza rápida, en comparación con 50 % en peso de la limpieza de torta deslodada.

Ensayo confirmatorio de clasificación - Se realizó una fase final de ensayo sobre el volumen remanente de la muestra colectiva original para validar los resultados de MGP de ciertas configuraciones para la muestra, y para evaluar el impacto del uso de un dispersante antes de la clasificación.

En este ejemplo, se empleó silicato de sodio (Na₂SiO₃), un dispersante químico, para determinar si este tenía influencia sobre el rechazo de talco y/o la recuperación de MGP en la centrifugación. Los resultados de los ensayos de clasificación de la centrifugación se proporcionan en la tabla siguiente:

Resultados de la clasificación de la centrifugación

Característica	Nro. de ensayo	
	1	2
Sólidos de suministro (% en peso)	33,2	24,7
Velocidad recipiente (%)	70	75
Caudal suministro (m³/h)	1,75	1,73
Grado MGP 4e (gpt) (platino, paladio, rodio, oro)	3,7	3,8
Dosis Na₂SiO₃ (kg/t)	-	1,0
S₅₀ (µm) (Tamaños de partícula de valores de corte)	5,3	3,9
Recuperación sólidos (% en peso)	91,6	91,9
Recuperación líquidos (% en peso)	12,9	7,8
Recuperación MGP 4e (% en peso)	92,4	92,6
Recuperación Cr₂O₃ (% en peso)	98,4	98,8

Los resultados de los ensayos indicaron un potencial para elevación adicional en la recuperación de MGP y el rechazo de talco a través de ajustes de centrifugación adicionales y el uso de dispersantes y/u otros aditivos descritos en la presente.

Ejemplo 6 - Valorización de fosfato

En este ejemplo, se procesaron relaves de un lavadero de fosfato mediante una modalidad de los métodos descritos en la presente. El lavadero de fosfato separó minerales de ganga, arcilla y apatita (roca de fosfato). La planta usó clasificación ciclónica para separar sólidos con tamaños menores a aproximadamente 40 µm,

estando los ultrafinos presentes en los relaves.

La presencia de partículas ultrafinas (por ejemplo, $< 3 \mu\text{m}$) —especialmente partículas ultrafinas de arcilla — en un suministro de flotación puede afectar de manera no deseada el desempeño de la flotación, tal como requiriendo mayor consumo de reactivos, reduciendo el grado final del concentrado, o una combinación de ambos. Se evitaron estas desventajas usando una modalidad de los métodos descritos en la presente para remover de la fracción sub- $40 \mu\text{m}$ los sólidos que tenían tamaños menores a aproximadamente $20 \mu\text{m}$.

En este ejemplo, la corriente sub- $40 \mu\text{m}$ del lavadero de fosfato se dispuso en un espesador de relaves, y el subflujo se dispuso en una centrífuga de recipiente sólido. La centrífuga de recipiente sólido produjo un centrifugado que incluyó los sólidos que tenían tamaños menores o iguales a $20 \mu\text{m}$, y una torta que incluía los sólidos que tenían tamaños desde $> 20 \mu\text{m}$ hasta aproximadamente $40 \mu\text{m}$.

Luego, la torta se sometió a un proceso de valorización, el cual, en este ejemplo, incluyó disponer la torta en un primer aparato de flotación para separar carbonatos de los sólidos con tamaños desde $> 20 \mu\text{m}$ hasta aproximadamente $40 \mu\text{m}$, y un segundo aparato de flotación para separar sílices de los sólidos que tenían tamaños desde $> 20 \mu\text{m}$ hasta aproximadamente $40 \mu\text{m}$.

Ejemplo 7 - valorización de mineral de hierro

En este ejemplo, se usaron las modalidades de los métodos descritos en la presente para recuperar mineral de hierro como un material de interés. Los lavaderos de mineral de hierro generalmente separan minerales de ganga (por ejemplo, cuarzo y arcilla) de mineral de hierro. Estas plantas generalmente usan clasificación ciclónica para separar materiales que tienen tamaños menores a aproximadamente $40 \mu\text{m}$. Esta fracción incluye “ultrafinos”, que comúnmente se denominan limos.

La recuperación de mineral de hierro de fracciones sub- $40 \mu\text{m}$ es posible con técnicas tales como separadores magnéticos de alta intensidad húmedos (WHIMS). La presencia de partículas ultrafinas (por ejemplo, $< 3 \mu\text{m}$), especialmente arcilla, en un suministro WHIMS, sin embargo, puede reducir el desempeño de la separación. El impacto perjudicial de las partículas ultrafinas observado en este ejemplo incluyó grados más bajos de Fe y mayores concentraciones de contaminantes (por ejemplo, SiO_2 y Al_2O_3). Se cree que estas desventajas se pueden deber, al menos en parte, al aumento de la viscosidad de la suspensión, al mayor arrastre de ultrafinos, o una combinación de ambos.

En este ejemplo, se realizaron ensayos WHIMS sobre limos sin clasificar y limos que se habían clasificado con una centrífuga de recipiente sólido para remover ultrafinos con tamaños $< 3 \mu\text{m}$.

Diagrama de flujo	Producto mineral grado % Fe	Producto mineral %SiO₂	Producto mineral %Al₂O₃	Recuperación masa mineral (%)
Limos sin clasificar	53	15	3	71
Limos sometidos a clasificación en centrífuga de recipiente sólido para remover ultrafinos ($< 3 \mu\text{m}$)	63	6	< 1	38

Los resultados de esta tabla demuestran que modalidades de los métodos de clasificación de recipiente sólido descritos en la presente mejoraron los resultados WHIMS.

En una serie adicional de ensayos, se realizó una evaluación de los beneficios metalúrgicos asociados con la remoción de ultrafinos ($\sim 5 \mu\text{m}$) de relaves en particular preparados como una corriente de suministro para beneficio mediante separación magnética de alta intensidad húmeda (WHIMS).

Se recibió una muestra colectiva, y se completó un programa comprehensivo de trabajo de ensayos a escala de laboratorio, el cual incluyó clasificación centrífuga, y beneficio WHIMS de suministro bruto y torta clasificada. Se evaluaron los resultados para determinar el impacto sobre la recuperación y el grado de hierro.

Se realizó la clasificación centrífuga sobre la muestra de suministro WHIMS para entender la eficiencia del rechazo de ultrafinos y la recuperación de hierro en varios escenarios. Los resultados demostraron que el método de clasificación fue capaz de entregar consistentemente un tamaño de partícula del valor de corte bajo (aproximadamente $5 \mu\text{m}$), y aproximadamente 87% de sólidos recuperados en la torta. La velocidad y el diferencial de la centrífuga permitieron la efectiva remoción de ultrafinos, mientras se mantuvo elevada recuperación de hierro. Asimismo, cabe destacar que las partículas de mineral de hierro ultrafinas ($< 5 \mu\text{m}$) perdidas durante la clasificación fueron difíciles de recuperar mediante WHIMS.

Se beneficiaron muestras de suministro bruto y torta clasificada con WHIMS a escala

de banco de prueba para evaluar el impacto de la clasificación sobre el grado del producto. El impacto de la clasificación sobre WHIMS fue el siguiente: la clasificación antes de WHIMS resultó en un aumento de 10 puntos porcentuales (p.p.) en el grado de hierro en comparación con WHIMS realizadas sobre el suministro bruto.

Se beneficiaron muestras de suministro bruto y torta clasificada con WHIMS a escala piloto para evaluar el impacto sobre la recuperación WHIMS para los siguientes circuitos: (i) WHIMS primaria sin clasificar; (ii) WHIMS primaria clasificada; (iii) WHIMS primaria clasificada + de limpieza; y (iv) WHIMS primaria clasificada + de barrido.

En la tabla a continuación se muestran los resultados de la torta clasificada:

Diagrama de flujo	Fuente de suministro	Producto grado % Fe	Producto % SiO₂	Producto % Al₂O₃	Recuperación WHIMS (%)	Recuperación total (%)
Primaria	Limos brutos	54	13	4,3	57	57
Primaria	Clasificada	58	9,6	3,0	43	36
Primaria + de limpieza	Clasificada	64	4,5	2,5	34	30
Primaria + de barrido	Clasificada	58	9,7	3,2	49	42

Los resultados mostraron que el proceso de clasificación de este ejemplo permite generar con WHIMS un concentrado de hierro de grado más alto en todos los casos. Las diversas configuraciones de circuitos WHIMS permitieron optimizar el grado y la recuperación, según las especificaciones preferidas de producto. Se observaron los siguientes resultados.

WHIMS primaria sin clasificar: Se logró un grado de 54% Fe tratando material sin clasificar. Se consideró que el grado y los niveles de contaminantes del concentrado eran altos y se consideró que el concentrado recuperado no era comercializable.

WHIMS primaria clasificada: Se logró un incremento de 4 puntos porcentuales (p.p.) en el grado del hierro en comparación con los ensayos de WHIMS primaria sin clasificar. Este resultado alcanzó un grado comercializable para una reducción de 21

puntos porcentuales (p.p.) de reducción en la recuperación de hierro.

WHIMS primaria clasificada + de limpieza: Una etapa de limpieza después de la primaria clasificada produjo un aumento adicional de 6 p.p. en el grado. Este resultado alcanzó el grado de hierro más alto (64% Fe) y la recuperación más baja de hierro (30% de recuperación total de hierro). Las cualidades del concentrado obtenido se consideraron de grado alto.

Circuito WHIMS primaria clasificada + de barrido: Una etapa de barrido después de WHIMS primaria clasificada facilitó una elevada recuperación con una calidad equivalente del concentrado primario. Esto indicó que es probable la optimización adicional de la recuperación del diagrama de flujo clasificado.

Los resultados de los ensayos indicaron que es de esperar un beneficio del material a través de la clasificación. Por ejemplo, los resultados mostraron potencial para una elevación del grado (~20%) pero, lo que es más importante, el incremento del grado desde un grado no comercializable (54% Fe) hasta un grado comercializable (64% Fe) como un producto de calidad superior.

El ensayo WHIMS de este ejemplo se realizó mediante separación WHIMS en escala piloto en un separador magnético vertical pulsante de alto gradiente (VPHGMS).

Fase 1 - ensayo de clasificación - La fase 1 incluyó ensayos de clasificación iniciales para evaluar la eficiencia de la clasificación y la influencia de los parámetros de la centrífuga sobre los resultados de la clasificación. Los ensayos se enfocaron en velocidades variables del recipiente y tasas diferenciales. La torta maleable y la suciedad del centrifugado dieron una indicación visual de la remoción de material ultrafino. Como parte del ensayo, se establecieron comparaciones entre la clasificación de la centrífuga y un hidrociclón de 40 mm de diámetro, el cual se considera el estándar de la industria para la clasificación de ultrafinos.

Los ensayos de la centrífuga de recipiente sólido alcanzaron puntos de corte desde 2 μm hasta 4 μm en comparación con 15 μm alcanzados por el hidrociclón. También se observó en este ejemplo que velocidades más altas del recipiente aumentaron la recuperación de sólidos a la torta; el diferencial de desplazamiento más elevado aumentó la recuperación de sólidos; y la clasificación fue principalmente una separación por tamaño, con un menor efecto de la densidad. Los resultados de la clasificación de la centrifugación fase 1 se proporcionan en la tabla a continuación.

Clasificación	Velocidad recipiente (%)	Diferencial (n)	Recuperación sólidos (%)	Rechazo de Al_2O_3 (%)
---------------	--------------------------------	--------------------	-----------------------------	---

Hidrociclón 40 mm			37	77
Centrífuga de recipiente sólido	50	5	81	31
	50	15	87	19
	70	15	>99	-

Fase 2 - ensayo WHIMS: La fase 1 incluyó ensayos WHIMS iniciales para evaluar el impacto de la clasificación anterior a WHIMS sobre el grado obtenible. Los resultados indicaron una importante elevación en las cualidades del concentrado con clasificación anterior. Los resultados de los ensayos WHIMS para la fase 1 se ilustran en la Tabla 4. En general, WHIMS primaria clasificada alcanzó un grado más alto en 10 p.p. en comparación con WHIMS sin clasificar; y los ensayos de WHIMS primaria clasificada y de limpieza alcanzaron niveles inferiores de contaminantes de sílice y alúmina en comparación con los ensayos de WHIMS primaria sin clasificar y de limpieza.

Diagrama de flujo	Fuente de suministro	Producto grado % Fe	Producto %SiO₂	Producto % Al₂O₃
Primaria	Limos brutos	53	14,8	3,0
Primaria + de limpieza	Limos brutos	59	8,8	1,6
Primaria	Clasificada	63	6,4	0,9
Primaria + de limpieza	Clasificada	64	4,7	0,6

Fase 2 - ensayos de WHIMS clasificada y sin clasificar: Los resultados de los ensayos de fase 1 informaron las configuraciones de la centrífuga para Fase 2. Se completaron catorce ensayos usando WHIMS a escala piloto para procesar suministros sin clasificar y clasificados para determinar el grado y la elevación de la recuperación a través de WHIMS primaria y de limpieza. Durante el programa de ensayos, se variaron la fuerza magnética de la WHIMS, el tipo de matriz y la carrera y frecuencia de las pulsaciones para determinar las configuraciones óptimas. Los resultados se incluyen en la Tabla 5 a continuación. Los resultados de la clasificación de la centrifugación fase 2 se proporcionan en la tabla a continuación.

Diagrama de	Fuente de	Producto grado	Producto %SiO₂	Producto %	Recuperación WHIMS	Recuperación
--------------------	------------------	-----------------------	----------------------------------	-------------------	---------------------------	---------------------

flujo	suministr o	% Fe		Al ₂ O ₃	(%)	total (%)
Primaria	Limos brutos	54	12-13	4,3	57-61	57-61
Primaria	Clasificad a	58	9,6	3,0	43	36
Primaria + de limpieza	Clasificad a	64	4,5	2,5	34	30
Primaria + de barrido	Clasificad a	58	9,7	3,2	49	42

En síntesis, los resultados de este ejemplo demostraron que la clasificación permitió a WHIMS generar un concentrado de hierro de grado más alto en todos los casos. Las diversas configuraciones de circuitos WHIMS permitieron mejorar u optimizar el grado y la recuperación, según las especificaciones de producto preferidas.

Se logró un grado de 54% Fe tratando material sin clasificar. Se consideró que el grado y los niveles de contaminantes del concentrado eran altos y se considera que el concentrado recuperado es comercializable.

Se logró un incremento de 4 puntos porcentuales (p.p.) en el grado del hierro en comparación con los ensayos de WHIMS primaria sin clasificar. Este resultado alcanzó un grado comercializable para una reducción de 21 puntos porcentuales (p.p.) de reducción en la recuperación de hierro.

Una etapa de limpieza después de la primaria clasificada produjo un aumento adicional de 6 p.p. en el grado. Este resultado alcanzó el grado de hierro más alto (64% Fe) y la recuperación más baja de hierro (30% de recuperación total de hierro). Las cualidades del concentrado obtenido se consideran de grado alto.

Una etapa de barrido después de WHIMS primaria clasificada posibilitó una elevada recuperación con una calidad equivalente del concentrado primario. Esto indica que es probable la optimización adicional de la recuperación del diagrama de flujo clasificado.

Ejemplo 8 - Grado y recuperación de hierro de residuo HPAL

En este ejemplo, se trató laterita de níquel a través de un proceso de lixiviado

ácido con alta presión (HPAL) para recuperar níquel y cobalto.

Se sometió un residuo HPAL a una modalidad de los métodos de clasificación descriptos en la presente. El tratamiento con una centrífuga de recipiente sólido clasificó simultáneamente Fe ultrafino para su valorización para el centrifugado, y yeso grueso deshidratado para su disposición en seco como una torta.

El tratamiento con una centrífuga de recipiente sólido también proporcionó un gran aumento en la concentración de Fe. En este ejemplo, se completaron 30 ensayos de clasificación con 30 % en peso de sólidos usando agua saturada con yeso en condiciones ambiente. Como se ilustra en la **FIG. 10**, la operación centrífuga con alta fuerza G incrementó el contenido de hierro de 34% a 53% con recuperación de Fe de 48,6% del centrifugado. Como se ilustra en la **FIG. 11**, la operación centrífuga con baja fuerza G incrementó el contenido de hierro de 34% a 44,3% con recuperación de Fe de 57,1% del centrifugado. Ambas configuraciones de la centrífuga entregaron alto rechazo de sulfuro a la torta.

El centrifugado clasificado se puede valorizar ulteriormente usando cualquier técnica conocida, por ejemplo, lixiviado, WHIMS, flotación, etc. para incrementar aún más el contenido de Fe, tal como hasta un grado generalmente comercializable.