

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 608**

51 Int. Cl.:

C01D 7/24 (2006.01)

C01D 7/12 (2006.01)

C01D 1/42 (2006.01)

C01D 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2014** **E 17156015 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.06.2021** **EP 3196165**

54 Título: **Método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio y para tratar una purga de carbonato de sodio**

30 Prioridad:

12.11.2013 EP 13192428

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

20.12.2021

73 Titular/es:

SOLVAY SA (100.0%)
Rue de Ransbeek, 310
1120 Bruxelles, BE

72 Inventor/es:

VANDENDOREN, ALAIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 886 608 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio y para tratar una purga de carbonato de sodio

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud europea N° 13192428.4 presentada el 12 de noviembre de 2013.

La invención se refiere más particularmente a un método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio y a un método para tratar y purificar una corriente de purga de un cristalizador de carbonato de sodio o de un cristalizador de compuesto de bicarbonato de sodio, abordando dicho método el problema de la eliminación de impurezas, al tiempo que se intensifica el flujo de purga. La invención permite reducir la pérdida de sodio alcalino, reducir la pérdida de agua y mejora los tratamientos de purga aguas arriba y aguas abajo.

La invención se refiere también a un procedimiento para producir una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio utilizando una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio de este tipo o un método mejorado de este tipo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El carbonato de sodio (Na_2CO_3), o ceniza de sosa, es uno de los productos alcalinos de mayor volumen fabricados en todo el mundo, con una producción total en 2011 de 53 millones de toneladas. El carbonato de sodio encuentra un uso importante en las industrias del vidrio, productos químicos, detergentes y también en la industria de producción de bicarbonato de sodio. Los principales procedimientos para la producción de carbonato de sodio son el procedimiento sintético de amoníaco Solvay, el procedimiento de cloruro de amonio y los procedimientos basados en minerales de carbonato o bicarbonato de sodio.

Los principales minerales de carbonato o bicarbonato de sodio explotados son principalmente trona mineral ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), mineral de nahcolita (NaHCO_3) o mineral de natrón (carbonato de sodio decahidrato: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). La mayoría de esos depósitos de minerales pueden comprender también algo de wegsheiderita ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{NaHCO}_3$).

El mineral de trona es un mineral que contiene hasta un 99% de sesquicarbonato de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). La ceniza de sosa a base de trona se obtiene de los depósitos de mineral de trona en Green River (Wyoming), Turquía, China y Kenia, ya sea mediante minería mecánica subterránea, o mediante minería en solución, o mediante el procesamiento de aguas lacustres. El carbonato de sodio a base de trona de Wyoming comprendía aproximadamente el 90% de la producción total de carbonato de sodio en EE.UU.

Un análisis típico del mineral de trona en Green River es el siguiente:

TABLA 1

Constituyente	Porcentaje en Peso
Na_2CO_3	43,4
NaHCO_3	34,4
H_2O (cristalina y mezcla libre)	15,4
NaCl	0,01
Na_2SO_4	0,01
Fe_2O_3	0,14
Componentes insolubles	6,3
Componentes orgánicos	0,3

El mineral nahcolita es un mineral que contiene hasta un 99% de bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Se ha producido ceniza de sodio basada en nahcolita a partir de depósitos de mineral nahcolita en Piceance Creek (Colorado).

Los depósitos de minerales de carbonato o bicarbonato de sodio incluyen lechos de los minerales de carbonato o bicarbonato de sodio correspondientes arriba enumerados, e incluyen también halita (NaCl) y/o tenardita (Na_2SO_4) y/o glauberita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$) incluidos dentro de los lechos de minerales de carbonato o bicarbonato de sodio o incluidos en las capas entre lechos. La calidad del mineral y de su contenido en impurezas varía, dependiendo de su ubicación particular en el estrato y de acuerdo con la ubicación geográfica. Además de cloruro de sodio y/o sulfato de

sodio, los depósitos contienen otras impurezas solubles, tales como cloruro de potasio, sulfato de potasio, borato de metal alcalino y fosfatos de metales alcalinos, y minerales ligeramente solubles tales como: silicatos de metales alcalinos y de metales alcalinotérreos, aluminatos, titanatos, vanadatos, compuestos metálicos y sales.

Los minerales de carbonato o bicarbonato de sodio también comprenden impurezas orgánicas. Impurezas de este tipo proceden de sedimentos orgánicos que fueron capturados durante la formación de los depósitos y que frecuentemente han formado pizarras bituminosas durante el envejecimiento geológico. Esas impurezas orgánicas pueden estar presentes en el mineral de carbonato o bicarbonato de sodio y/o también presentes en los lechos intermedios de los depósitos de minerales.

Otras impurezas minerales "insolubles" o muy ligeramente solubles en agua que se encuentran en depósitos de minerales de carbonato o bicarbonato de sodio o en los lechos de pizarras son generalmente mezclas de diferentes minerales; los más frecuentes son calcita, dolomita, pirsonita, zeolita, feldespato, minerales arcillosos, silicatos de hierro / aluminio y sulfato de calcio.

Se utilizan dos técnicas principales bien conocidas en la técnica para recuperar minerales de carbonato o bicarbonato de sodio de los depósitos de minerales. La primera técnica es la minería mecánica, también denominada minería convencional, tal como una operación de panel de pilares y habitaciones o una operación de tajo largo. La segunda técnica es una recuperación de minería en solución, en donde el mineral, tal como trona o nahcolita, se disuelve con agua y se recupera en forma de una solución.

Entre las diversas formas en que se puede recuperar carbonato de sodio a partir de minerales de carbonato o bicarbonato de sodio que contienen otras sales e impurezas, la más ampliamente practicada es el denominado "procedimiento monohidrato". En ese procedimiento, un mineral extraído, tal como mineral trona, se tritura, luego se calcina para formar carbonato de sodio bruto, luego se lixivia con agua, la solución acuosa resultante se purifica y se alimenta a un cristizador en donde se cristalizan cristales de carbonato de sodio monohidrato puro. Los cristales de monohidrato se separan de las aguas madres y luego se secan para formar carbonato de sodio anhidro. La mayor parte de las aguas madres se reciclan en el cristizador. Sin embargo, las impurezas solubles contenidas en el mineral tienden a acumularse en las aguas madres en el cristizador. Para evitar la acumulación de impurezas solubles, se deben purgar las aguas madres. El líquido de purga, que representa cantidades importantes para las plantas industriales de monohidrato, se envía comúnmente a un estanque evaporativo, también denominado estanque de relaves. En consecuencia, se pierde la cantidad significativa de álcali que está contenida en el líquido de purga. Además, el almacenamiento de grandes cantidades de líquidos de purga en estanques evaporativos plantea problemas medioambientales, debido a la escasa disponibilidad de nuevas áreas de almacenamiento, e induce también una pérdida de agua que es perjudicial en las regiones áridas.

Variantes para producir carbonato de sodio a partir de una solución generada con minerales de carbonato o bicarbonato de sodio, en particular de la minería en solución, son:

- descomponer térmicamente (con vapor) o calcinar químicamente (con sosa cáustica) el bicarbonato de sodio disuelto de la solución para transformarlo en carbonato de sodio disuelto, luego evaporar el agua con el fin de cristalizar el carbonato de sodio monohidrato puro,
- o cristalizar sesquicarbonato de sodio refinado (sesqui) después de ajustar la relación molar de bicarbonato de sodio a carbonato de sodio de la solución, evaporar parte del agua y luego calcinar el sesqui refinado en cenizas de sodio,
- o cristalizar bicarbonato de sodio refinado después de ajustar la relación molar de bicarbonato de sodio a carbonato de sodio de la solución utilizando dióxido de carbono y luego calcinar el bicarbonato de sodio refinado en cenizas de sodio.

En esas variantes, las impurezas solubles contenidas en el mineral de carbonato o bicarbonato de sodio tienden a acumularse también en los cristizadores de monohidrato, sesqui o bicarbonato de sodio. Para evitar la acumulación de impurezas, las aguas madres también deben purgarse, lo que plantea los mismos problemas medioambientales en los estanques evaporativos que el procedimiento de monohidrato.

El bicarbonato de sodio (NaHCO_3), aparte del carbonato de sodio, es otro producto alcalino importante con una amplia gama de aplicaciones que incluyen alimentos para seres humanos, piensos para animales, tratamiento de gases de combustión e industrias químicas. Actualmente, la producción de bicarbonato de sodio se realiza casi en su totalidad mediante la carbonatación de soluciones sólidas o acuosas de carbonato de sodio con CO_2 gaseoso, ya sea producido in situ en las plantas de cenizas de sodio o adquirido de forma independiente.

Se han propuesto varias alternativas técnicas para reducir el volumen de purga de las plantas de cenizas de sodio.

El documento US3184287 describe un método para producir cenizas de sodio a partir de trona, evitando la formación de una barrera de disolución insoluble en la cara del depósito subterráneo de trona sometido a minería en solución in

situ, en el que una parte de un líquido de la corriente de un cristizador de carbonato de sodio monohidrato se mezcla con cal apagada en un caustificador para producir un hidróxido de sodio acuoso que comprende 3 a 10 % de NaOH que se recicla de nuevo a la disolución in situ del depósito de trona para producir una solución de carbonato de sodio.

El documento US2003/0143149 describe un procedimiento para recuperar productos químicos basados en sodio a partir de corrientes de carbonato de sodio, tales como corrientes de reciclaje, purga y desechos de cristalizadores de carbonato de sodio, agua de mina, agua de estanque evaporativo y depósitos de carbonato de sodio decahidrato. La concentración de bicarbonato de sodio de esas corrientes se reduce a carbonato de sodio descarbonizando dichas corrientes con cal viva (CaO) o hidróxido de sodio (NaOH) y la corriente resultante se retroalimenta principalmente a un cristizador de carbonato de sodio monohidrato, y el resto de la corriente descarbonizada resultante se alimenta a un cristizador de carbonato de sodio decahidrato, del cual se recupera el decahidrato purificado y se recicla al cristizador de monohidrato y se elimina una purga concentrada en impurezas tal como sulfato de sodio. Aunque el factor de reducción de purga de este procedimiento es limitado, porque cuando se alcanza una alta concentración de impurezas, el carbonato de sodio y el sulfato de sodio forman sales mixtas decahidratadas. Y si se reciclan grandes cantidades de sulfato de sodio al cristizador de carbonato monohidrato, se generan cristales de burkeita ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$) que son perjudiciales para la calidad del carbonato de sodio monohidrato.

El documento US2004/0057892 describe un procedimiento para la producción de carbonato y bicarbonato de sodio, según el cual un líquido de purga procedente de un cristizador de carbonato de sodio monohidrato se introduce en un cristizador de carbonato de sodio decahidrato y los cristales decahidrato purificados se convierten en bicarbonato de sodio. Se ha observado que este procedimiento no es eficaz cuando el líquido de purga, dependiendo de la fuente de trona, contiene altos niveles de impurezas. El alto nivel de cloruro de sodio en el líquido de purga evita la cristalización suave del carbonato de sodio decahidrato, desplazando los dominios de concentración de carbonato de sodio heptahidrato y sesqui de sodio.

El documento US7507388 describe un procedimiento para la producción de carbonato y bicarbonato de sodio a partir de una solución pre-purificada que comprende bicarbonato que primero se descarboniza parcialmente y luego se utiliza tanto en una línea de bicarbonato de sodio como en una línea de carbonato de sodio monohidrato. La corriente de purga del cristizador de carbonato de sodio monohidrato se envía a una línea mixta de carbonato de sodio decahidrato y sesquicarbonato de sodio, en la que el filtrado resultante se desecha como la purga final del procedimiento o se envía después de la dilución a una línea de cenizas de sodio ligeras que comprende una carbonatación intermedia de bicarbonato de sodio, el bicarbonato se separa del filtrado y este filtrado también se elimina como una purga final. Las cantidades totales enseñadas de purgas generadas (en las corrientes 322 y 422) es de 1,28 t de purgas por tonelada de cenizas de sodio densas y corresponde a 6 a 15 por ciento en peso de carbonato de sodio purgado por tonelada de carbonato de sodio denso producido, lo que representa una cantidad considerable de pérdida de carbonato de sodio.

El documento US2009/0291038 (Solvay) describe un procedimiento para la producción conjunta de cristales de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, según el cual un polvo sólido derivado de sesquicarbonato de sodio, tal como trona calcinada, se disuelve en agua, la solución acuosa resultante se introduce en un cristizador, en donde se producen cristales de carbonato de sodio y unas aguas madres, parte de las aguas madres se retira del cristizador (purga del cristizador de carbonato de sodio) y se carboniza (carbonata) para producir cristales de bicarbonato de sodio valiosos y unas segundas aguas madres, las segundas aguas madres se descarbonizan opcionalmente (desbicarbonatizan) y luego se envían a un estanque de almacenamiento o un estanque de relaves.

El documento GB1091699A describe un método para purificar una solución acuosa de hidróxido de sodio por electrolisis, de diversas impurezas de iones metálicos, tales como: zinc, cromo, hierro, cadmio, cobalto, níquel, estaño, plomo, antimonio, cobre, mercurio, plata y oro (página 2, líneas 14-17) con una concentración en el intervalo de 0,25 a 500 ppm (página 2, líneas 37-40). La concentración de hidróxido de sodio puede ser del 50%, y las impurezas metálicas se depositan mediante recubrimiento en el cátodo de una celda electrolítica (Ejemplo 1, página 3, líneas 2-6).

El documento US3459646A describe el tratamiento de una solución acuosa de hidróxido de metal alcalino para eliminar la impureza de iones metálicos haciendo pasar la solución a través de un cátodo poroso, preferiblemente un cátodo de carbono de grafito poroso, de una celda electrolítica al tiempo que se electroliza la solución. Las impurezas descritas son níquel, cobre, manganeso, calcio, magnesio, aluminio, cromo, plomo, vanadio, molibdeno, titanio, berilio, zirconio, wolframio, estaño, estroncio y bario (columna 6, líneas 60-64).

El documento US6221225B1 describe un procedimiento electrolítico que utiliza un aparato de electrodiálisis con una celda que tiene un cierto número de compartimientos separados por membranas de intercambio iónico (resumen) para la eliminación de iones calcio y magnesio hasta niveles de ppm (ejemplo 10).

El documento GB1498613A describe un método de purificación de fluoruros en solución de sosa cáustica concentrada, obtenida de un proceso de cal-sosa con carbonato de sodio bruto del proceso de amoniaco SOLVAY o de la producción electrolítica de sosa cáustica. Una mezcla de hidróxido de sodio de más del 40% se combina con una cantidad de ppm de sulfato de estroncio con 0,5 a 0,8% de cloruro de sodio (Tablas 1a y 1b).

El documento US2006/083656A1 describe un método para reducir la corrosión en evaporadores utilizados para producir hidróxido de sodio sólido. El método comprende añadir borohidruro de sodio a hidróxido de sodio acuoso y evaporar el agua del hidróxido de sodio acuoso sobre una superficie de contacto. La solución comprende borohidruro de sodio en una cantidad de 10 a 500 ppm e hidróxido de sodio de 15-50% (párrafos [0007] - [0008]).

El documento US2285299A describe la purificación de soluciones concentradas de hidróxido de sodio (al 30%), produciéndose dicha solución mediante un proceso de cal-sosa, y en el que la sílice se purifica hasta un nivel de 0,1% (Ejemplo 3) inyectando amoniaco.

El documento US3922154A describe un método para la purificación de hidróxido de sodio, en el que un concentrado de álcali cáustico bruto, obtenido por electrólisis de una solución que contiene cloruro de sodio, se pone en contacto directo con un refrigerante para enfriar el concentrado y precipitar cristales de hidróxido de sodio. Los cristales de hidróxido de sodio precipitados se separan y luego se funden para producir hidróxido de sodio fundido purificado. El nivel de hidróxido de potasio se reduce al 0,15% (Ejemplo).

El documento US5609838A describe un procedimiento para producir carbonato de sodio a partir de una solución acuosa que contiene bicarbonato de sodio en contacto con un gas predominantemente distinto del dióxido de carbono, para hacer que una cantidad suficiente de dióxido de carbono abandone la solución acuosa para reducir la cantidad de ion bicarbonato en la solución. El procedimiento comprende el uso de un apagador de cal para producir una solución cáustica, seguido de la evaporación para obtener una solución de NaOH al 50%.

Sin embargo, todavía existe la necesidad en la industria del carbonato y bicarbonato de sodio de poder reducir la acumulación de impurezas y reducir adicionalmente el volumen de purga y la pérdida de álcali de una manera sencilla, sin perjudicar las condiciones de operación de los procedimientos vinculados.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

En los procesos de cenizas de sodio natural, un alto contenido de NaCl y/o un alto contenido de Na₂SO₄ en la sección de cristalización requieren cantidades sustanciales de purga que representan pérdidas de producto (carbonato o bicarbonato), así como problemas de espacio de almacenamiento. En el pasado era difícil eliminar los cloruros o sulfatos por ser especies solubles presentes en las soluciones que se manipulaban.

Además de ello, cuando un experto en la técnica deseaba reducir los volúmenes de purga de impurezas, la mayoría de las veces las concentraciones de impurezas solubles se elevan a niveles más altos en los ciclos del proceso, lo que induce un producto manufacturado menos puro tal como cenizas de sodio o sus derivados.

En la presente invención, la corriente de purga procedente del procedimiento se caustifica con cal (CaO) o cal hidratada (Ca(OH)₂) para formar una solución diluida de sosa cáustica, por ejemplo, una solución de NaOH al 10%, que aún puede contener 4,5% de Na₂CO₃ y el NaCl y Na₂SO₄. Esta solución cáustica se evapora posteriormente a aproximadamente el 30% (hasta el 50%) de NaOH, en cuyo caso, debido al efecto del aumento de la concentración de iones sodio común, aproximadamente el 90% del Na₂CO₃ restante, aproximadamente el 80% de NaCl y la mayor parte del Na₂SO₄ precipita en forma de sólidos y se puede eliminar fácilmente de la solución de hidróxido de sodio, reduciendo entonces el volumen de purga en cloruros y sulfatos. Esto elimina aproximadamente el 80% (hasta el 90% al 50% de concentración de NaOH) del NaCl y parte del Na₂SO₄ como un sólido con una cantidad sustancialmente reducida de Na₂CO₃ (pérdida) hasta un factor de aproximadamente 2 a 10 en comparación con la técnica anterior conocida. Además de la cantidad reducida de pérdidas de carbonato de sodio, la acumulación de varias impurezas perjudiciales, cuya concentración aumentaría inevitablemente al reducir los volúmenes de purga acuosa en los procedimientos conocidos en la técnica, se reduce en el presente procedimiento e incluso mejora por la sinergia de la caustificación, la concentración de la solución de NaOH y la separación del sólido cristalizado formado durante la concentración de la solución de NaOH. Este proceso limita, por tanto, el aumento de la concentración de impurezas en el carbonato o bicarbonato de sodio fabricado. La solución de NaOH se puede reciclar en el procedimiento (en particular en el caso de un procedimiento basado en minería de solución) para calcinar químicamente el NaHCO₃ en carbonato de sodio, o también se puede vender (en este caso concentrando hasta un 50% de NaOH como calidad comercial) con contenido reducido de impurezas que comprenden al menos uno de los siguientes elementos químicos: As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cl, Co, Cu, F, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, S, Se, Si, Sn, Sr, Te, Ti, V, W.

Por consiguiente, la invención se refiere a un método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio a partir de una corriente de purga derivada de un cristizador de carbonato de sodio anhidro, o un cristizador de carbonato de sodio monohidrato o un cristizador de carbonato de sodio decahidrato o un cristizador de sesquicarbonato de sodio o un cristizador de wegsheiderita o un cristizador de bicarbonato de sodio,

comprendiendo dicha corriente de purga carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio y al menos 1% en peso de una sal de sodio seleccionada de cloruro de sodio, sulfato de sodio y mezclas de los mismos,

comprendiendo el método:

- caustificar al menos 50, preferiblemente al menos 70; más preferiblemente al menos 85, e incluso más preferiblemente al menos 90 % en moles del sodio procedente de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio,

en una solución acuosa de hidróxido de sodio y

en un lodo de carbonato de calcio

por reacción de la corriente de purga con cal, en presencia de agua;

- separar el lodo de carbonato de calcio de la solución acuosa de hidróxido de sodio;

- concentrar la solución acuosa de hidróxido de sodio eliminando parte del agua para obtener:

una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio que comprende al menos 25% de NaOH, preferiblemente al menos 30% de NaOH, más preferiblemente al menos 35% de NaOH, incluso más preferiblemente al menos 40% de NaOH y lo más preferiblemente al menos 50% de NaOH, y

un sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y que comprende cloruro y/o sulfato de sodio,

en donde la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 2,

preferiblemente a lo sumo 1,5, más preferiblemente a lo sumo 1, incluso más preferiblemente a lo sumo 0,6 y lo más preferido a lo sumo 0,4,

- separar el sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro y/o sulfato de sodio de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio, dicho sólido cristalizado para su eliminación o valorización adicional,

- valorizar la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio como una solución de hidróxido de sodio vendible o preferiblemente reciclar al menos una parte de la solución de hidróxido de sodio acuosa concentrada al cristizador de carbonato de sodio anhidro, o al cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o al cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o al cristizador de sesquicarbonato de sodio, o al cristizador de bicarbonato, o a procedimientos aguas arriba del cristizador de carbonato de sodio anhidro, o del cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o del cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o del cristizador de sesquicarbonato de sodio, o del cristizador de bicarbonato.

Una primera ventaja de la presente invención es que reduce considerablemente la cantidad de pérdida de álcali a almacenar en estanques evaporativos (o de relaves).

Una segunda ventaja de la presente invención es que es eficaz para reducir la pérdida de carbonato de sodio en los tratamientos de purga tanto de las principales impurezas de sodio de los minerales de carbonato de sodio como de los minerales de bicarbonato de sodio que son sulfato de sodio y/o cloruro de sodio.

Una tercera ventaja de la presente invención es que también es eficaz para reducir un amplio espectro de impurezas solubles tales como al menos una de las siguientes impurezas: cloruros, fluoruros, silicatos, sulfatos, fosfatos, vanadatos, titanatos y también potasio, en la purga o de las aguas madres en al menos uno de: cristizador de carbonato de sodio anhidro, o un cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o un cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o un cristizador de sesquicarbonato de sodio, o un cristizador de wegsheiderita, o un cristizador de bicarbonato de sodio.

Una cuarta ventaja de la presente invención ligada a la segunda y tercera ventaja es que permite explotar uno o varios depósitos de minerales de carbonato de sodio como el depósito de trona o el depósito de minerales de bicarbonato de sodio tales como la nahcolita con diferentes niveles de impurezas solubles, al tiempo que es capaz de tratar los niveles variables de las purgas de una ceniza de sosa o una planta de bicarbonato de sodio con el mismo procedimiento descrito en la presente invención.

Una quinta ventaja de la presente invención es que permite minimizar el flujo de purga preparando el procedimiento para cocer en seco la purga o para estanques evaporativos muy pequeños o para reinyectar la purga en cavidades minadas.

Una sexta ventaja de la presente invención es que permite reducir el consumo de agua para la producción de cenizas de sodio y/o la producción de bicarbonato de sodio al recuperarlo en forma de condensados de evaporadores para reciclarlo a una lixiviación de mineral de carbonato o bicarbonato calcinado o a una minería en solución de mineral de carbonato o bicarbonato, en particular a una lixiviación de trona calcinada o a una minería de solución de trona.

Una séptima ventaja de la presente invención es que permite mejorar el funcionamiento de un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato tratando en una primera etapa la purga de un cristalizador de monohidrato de sodio, dado que niveles altos de cloruro de sodio o sulfato de sodio son perjudiciales para la buena cristalización de carbonato de sodio decahidrato.

Una octava ventaja de la presente invención es que permite mejorar también el funcionamiento de un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato tratando en una primera etapa la purga de un cristalizador de monohidrato de sodio, opcionalmente hecho funcionar antes de un tratamiento de caustificación de la purga, dado que niveles altos de cloruro de sodio o sulfato de sodio son perjudiciales para la buena cristalización de carbonato de sodio decahidrato.

Una novena ventaja de la presente invención es que permite producir una solución técnica de sosa cáustica (NaOH) de bajo contenido constante de cloruro y sulfato a partir de un depósito de mineral de carbonato o bicarbonato de sodio que comprende un contenido variable de sales de cloruro o sulfato tales como la halita (NaCl) o tenardita (Na_2SO_4), o sales solubles o impurezas solubles de depósitos minerales que comprenden al menos un elemento de: As, Ba, Be, Bi, B, Ca, Co, Cu, F, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, Se, Si, Sn, Sr, Te, Tl, Ti, V, W. En esto, la sinergia es de particular interés, lo que hace posible un funcionamiento suave de un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato o un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato, o un cristalizador de sesquicarbonato de sodio, o un cristalizador de wegsheiderita, o un cristalizador de bicarbonato de sodio, utilizando depósitos de minerales de carbonato o bicarbonato de sodio que comprenden un contenido variable de sales de cloruro o sulfato, o sales de al menos uno de los elementos arriba enumerados, junto con la producción de una solución técnica de sosa cáustica de contenido constante de cloruro y sulfato.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente el método de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente una realización de la presente invención aplicada al tratamiento de purga de un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato.

Las cifras de referencia y las letras citadas a continuación se refieren a los dibujos adjuntos.

DEFINICIONES

Para los propósitos de la presente descripción, se pretende que determinados términos y expresiones tengan los siguientes significados.

El término "purga" se refiere a una corriente extraída de una parte de un procedimiento para limitar la concentración de impurezas en este procedimiento.

La expresión "derivada de", por ejemplo, "una corriente de purga *derivada de* un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato" se refiere a una corriente extraída como tal de dicho cristalizador, o a una corriente que ha sido sometida a una o varias operaciones de ingeniería química aguas abajo de dicho cristalizador (tales como: operaciones de centrifugación, cristalización, filtración, evaporación, dilución, calentamiento, enfriamiento), o que se haya mezclado con una o más corrientes, aunque manteniendo al menos un elemento químico retirado de dicho cristalizador.

El término "impureza" se refiere a un compuesto diferente del carbonato de sodio y/o la sal de bicarbonato de sodio que se ha de producir.

El término "solubilidad" se refiere a la solubilidad de un compuesto en una solución acuosa.

La expresión "carbonato total" se refiere al contenido de carbonato y bicarbonato. Puede expresarse como contenido equivalente de carbonato total.

El término "carbonatar" se refiere a la acción de aumentar la cantidad de carbonato total (es decir, carbonato y bicarbonato) de una corriente.

El término "descarbonatar" se refiere a la acción de disminuir la cantidad de carbonato total (es decir, carbonato y bicarbonato) de una corriente.

El término "bicarbonatar" se refiere a la acción de aumentar la cantidad de bicarbonato de una corriente.

El término "desbicarbonatar" se refiere a la acción de disminuir la cantidad de bicarbonato de una corriente.

La expresión "alcalinidad total" de una corriente se refiere a la alcalinidad medida con ácido clorhídrico 1 N utilizando un indicador de pH de naranja de metilo hasta un cambio de color naranja (pH de aproximadamente 3,1): la alcalinidad total comprende iones hidróxido (OH^-), iones carbonato (CO_3^{2-}) e iones bicarbonato (HCO_3^-), y se expresa como concentración equivalente de Na_2CO_3 .

Los derivados de carbonato de sodio en la presente descripción se refieren a compuestos seleccionados de: cenizas de sodio ligeras, cenizas de sodio densas, carbonato de sodio monohidrato, carbonato de sodio heptahidrato, carbonato de sodio decahidrato, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, wegsheiderita.

La expresión "que comprende" incluye "que consiste esencialmente en" y también "que consiste en".

Además, si el término "aproximadamente" se utiliza antes de un valor cuantitativo, las presentes enseñanzas también incluyen el valor cuantitativo específico en sí, a menos que se indique específicamente lo contrario. Tal como se utiliza en esta memoria, el término "aproximadamente" se refiere a una variación de $\pm 10\%$ del valor nominal, a menos que se indique específicamente lo contrario.

El signo '%' se refiere a '% en peso', a menos que se indique específicamente lo contrario.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente invención se describe aquí a continuación, en realizaciones más detalladas.

Punto 1. Un método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio a partir de una corriente de purga, derivándose dicha corriente de purga de un cristalizador de carbonato de sodio anhidro o un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato o un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato o un cristalizador de sesquicarbonato de sodio o un cristalizador de wegsheiderita o un cristalizador de bicarbonato de sodio,

comprendiendo dicha corriente de purga carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio procedente de un depósito de mineral de carbonato o bicarbonato de sodio, y comprendiendo dicha corriente de purga al menos 1% en peso de una sal de sodio seleccionada de cloruro de sodio, sulfato de sodio y mezclas de los mismos, y

comprendiendo dicha solución acuosa de hidróxido de sodio:

- al menos 25% en peso de NaOH ,
- y al menos una sal soluble, comprendiendo dicha sal soluble al menos uno de los siguientes elementos: As, Ba, B, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, Se, Si, Sr, Te, Tl, Ti, V, W,

y comprendiendo dicho método las siguientes etapas:

- f) añadir cal a la corriente de purga, en presencia de agua,

para caustificar al menos 50 % en moles del sodio procedente de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio, en una solución acuosa de hidróxido de sodio y

en un lodo de carbonato de calcio;

- g) separar el lodo de carbonato de calcio de la solución acuosa de hidróxido de sodio;
- h) concentrar la solución acuosa de hidróxido de sodio eliminando parte del agua con el fin de obtener:

una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio que comprende al menos 25% en peso de NaOH , y

para cristalizar un sólido que comprende carbonato de sodio y que comprende cloruro y/o sulfato de sodio,

en el que la cal añadida en la etapa f) y el agua eliminada en la etapa h) se controlan de modo que la relación ponderal de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado sea preferiblemente a lo sumo 2, preferiblemente a lo sumo 1,5, más preferiblemente a lo sumo 1, incluso más preferiblemente a lo sumo 0,6 y lo más preferido a lo sumo 0,4,

- i) separar el sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro y/o sulfato de sodio de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio, dicho sólido cristalizado a ser eliminado o a ser valorizado adicionalmente,

- j) valorizar la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio como una solución de hidróxido de sodio vendible o preferiblemente reciclar al menos una parte de la solución de hidróxido de sodio acuosa concentrada al cristizador de carbonato de sodio anhidro, o al cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o al cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o al cristizador de sesquicarbonato de sodio, o al cristizador de bicarbonato, o a procedimientos aguas arriba del cristizador de carbonato de sodio anhidro, o del cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o del cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o del cristizador de sesquicarbonato de sodio, o del cristizador de bicarbonato.

Punto 2. El método del punto 1, en el que en la etapa f) al menos 70 % en moles del sodio de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio se caustifica.

Punto 3. El método del punto 1 o 2, en el que en la etapa f) al menos 85 % en moles del sodio de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio se caustifica.

Punto 4. El método de cualquiera de los puntos 1 a 3, en el que en la etapa f)

al menos 90 % en moles del sodio de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio se caustifica.

Punto 5. El método de cualquiera de los puntos 1 a 4, en el que en la etapa h) la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio comprende al menos 30% de NaOH.

Punto 6. El método de cualquiera de los puntos 1 a 5, en el que en la etapa h) la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio comprende al menos 40% de NaOH.

Punto 7. El método de cualquiera de los puntos 1 a 6, en el que en la etapa h) la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio comprende al menos 50% de NaOH.

Punto 8. El método de cualquiera de los puntos 1 a 7, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 2.

Punto 9. El método de cualquiera de los puntos 1 a 8, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 1,5.

Punto 10. El método de cualquiera de los puntos 1 a 9, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 1.

Punto 11. El método de cualquiera de los puntos 1 a 10, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 0,6.

Punto 12. El método de cualquiera de los puntos 1 a 11, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 0,4.

Punto 13. El método de cualquiera de los puntos 1 a 12, en el que la corriente de purga comprende Na_2CO_3 y/o NaHCO_3 en una cantidad de al menos 7% de TA, ventajosamente al menos 9% de TA, preferiblemente al menos 10% de TA, más preferiblemente al menos 13% de TA (alcalinidad total) expresado como Na_2CO_3 equivalente.

Punto 14. El método de cualquiera de los puntos 1 a 13, en el que la corriente de purga comprende a lo sumo 33% de TA, más ventajosamente a lo sumo 22% TA, preferiblemente a lo sumo 19% de TA, más preferiblemente a lo sumo 18% de TA, incluso más preferiblemente a lo sumo 16% de NaHCO_3 TA (alcalinidad total) expresado como Na_2CO_3 equivalente.

Punto 15. El método de cualquiera de los puntos 1 a 14, en el que la corriente de purga comprende a lo sumo 33% de Na_2CO_3 o a lo sumo 16% de NaHCO_3 .

Punto 16. El método de cualquiera de los puntos 1 a 15, en el que la corriente de purga comprende a lo sumo 15% de NaCl o a lo sumo 10% de Na_2SO_4 .

Punto 17. El método de cualquiera de los puntos 13 a 16, en el que la cantidad de cal y de agua presentes en la etapa f) se controla de modo que la solución acuosa de hidróxido de sodio comprenda al menos 6, preferiblemente al menos 8, más preferiblemente al menos 10% de NaOH.

Punto 18. El método de cualquiera de los puntos 1 a 17, en el que la cantidad de cal y de agua presentes en la etapa f) se controla de modo que la solución acuosa de hidróxido de sodio comprenda a lo sumo 14, preferiblemente a lo sumo 13, más preferiblemente a lo sumo 11% de NaOH.

5 Punto 19. El método de cualquiera de los puntos 1 a 18, en el que la cantidad de agua eliminada en la etapa h) se controla de modo que la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio comprenda a lo sumo 7% de NaCl y/o a lo sumo 2,5% de Na_2SO_4 .

10 Punto 20. El método de cualquiera de los puntos 1 a 19, en el que la corriente de purga es una purga derivada de un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato o de un cristalizador de sesquicarbonato de sodio.

Punto 21. El método del punto 20, en el que el cristalizador de carbonato de sodio decahidrato o el cristalizador de sesquicarbonato de sodio son cristalizadores en los que se trata una purga de un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato para controlar el cloruro de sodio y/o el sulfato de sodio del cristalizador monohidrato.

15 Punto 22. El método de cualquiera de los puntos 1 a 21, en el que cuando la corriente de purga comprende cloruro de sodio, la caustificación de la corriente de purga y la concentración de la solución acuosa de hidróxido de sodio dan como resultado un sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro de sodio en una relación en peso de a lo sumo 1,5, preferiblemente a lo sumo 1,2, más preferiblemente a lo sumo 1,0, lo más preferido 0,7 toneladas de Na_2CO_3 por tonelada de NaCl.

20 Punto 23. Un método para producir una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio a partir de una solución de carbonato/bicarbonato de sodio derivada de un mineral de carbonato/bicarbonato de sodio, tal como minerales de trona, nahcolita y wegsheiderita, o de un agua de lago de carbonato/bicarbonato de sodio, o de un sólido recuperado, o de un agua de mina, comprendiendo dichos minerales, aguas o sólido carbonato/bicarbonato de sodio,

que comprende las siguientes etapas:

30 • a) opcionalmente pretratar la solución de carbonato/bicarbonato de sodio para eliminar parte de los componentes orgánicos y/o cambiar la relación molar de carbonato/bicarbonato con el fin de obtener una solución de carbonato/bicarbonato de sodio pretratada opcional;

35 • b) cristalizar a partir de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio, o de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio opcionalmente pretratada,

una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento, cristalización por carbonatación y combinaciones de las mismas,

40 generando dicha etapa de cristalización de la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio unas aguas madres, comprendiendo dichas aguas madres carbonato o bicarbonato de sodio, cloruro de sodio o sulfato de sodio y agua;

45 • c) separar la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio de las aguas madres;

• d) reciclar parte de las aguas madres de nuevo en una de las etapas opcionales a) o etapa b) y eliminar parte de las aguas madres para generar una corriente de purga para controlar la concentración de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en las aguas madres de la etapa de cristalización b),

50 • e) tratar la corriente de purga y producir la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio de acuerdo con el método de los puntos 1 a 21.

Punto 24. El método del punto 23, en el que la sal de carbonato de sodio es carbonato de sodio monohidrato,

55 y en el que la solución de carbonato/bicarbonato es una solución de minería de mineral trona y/o agua de una mina de mineral trona y/o un sólido recuperado que comprende carbonato de sodio,

comprendiendo dicha solución de carbonato/bicarbonato al menos 10, preferiblemente al menos 12% de alcalinidad total expresada como carbonato de sodio y comprendiendo cloruro de sodio y/o sulfato de sodio,

60

en el que:

- la etapa a) comprende;

- 5
 - una calcinación húmeda en una o varias etapas para descarbonatar parcialmente la solución de carbonato/bicarbonato a un contenido de bicarbonato de sodio de menos de 5, preferiblemente menos de 4, más preferiblemente menos de 2,5% en peso de NaHCO_3 , y
- 10
 - una operación de evaporación de agua para aumentar la alcalinidad total de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a al menos 20, preferiblemente al menos 25% expresado como carbonato de sodio, y
- 15
 - una calcinación cáustica para descarbonatar parcialmente de forma adicional la solución de carbonato/bicarbonato hasta un contenido de bicarbonato de sodio de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a menos de 4, más preferiblemente a menos de 2,5% en peso de NaHCO_3 , utilizando al menos parcialmente el hidróxido de sodio procedente de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio;
- 20
 - la etapa b) comprende cristalizar de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a), una sal de carbonato en forma de sal de carbonato de sodio monohidrato o una sal de carbonato de sodio anhidra con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento;
- 25
 - la etapa c) comprende separar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) de las aguas madres de la etapa b) y secar/calcinar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) en carbonato de sodio anhidro seco.

Punto 25. El método del punto 24, en el que:

- 30
 - la etapa e) comprende tratar la corriente de purga para controlar la concentración de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en las aguas madres de la etapa de cristalización b), en tres etapas:
- 35
 - primero, opcionalmente, reducir la concentración de bicarbonato de sodio de la corriente de purga mediante la adición de hidróxido de sodio, para obtener a lo sumo 2, preferiblemente a lo sumo 1, más preferiblemente a lo sumo 0,4, lo más preferido a lo sumo 0,1% en peso de bicarbonato de sodio,
- 40
 - segundo, cristalizar al menos 20, preferiblemente al menos 30, más preferiblemente al menos 50% del carbonato de sodio procedente de la corriente de purga en una etapa de cristalización de carbonato de sodio decahidrato enfriando y/o evaporando agua, separando los cristales de carbonato de sodio decahidrato de las segundas aguas madres y recuperando dichos cristales de carbonato de sodio decahidrato para su posterior procesamiento para recuperar el correspondiente carbonato de sodio tal como reciclarlo en la etapa a) o b),
- 45
 - tercero, tratar las segundas aguas madres como una nueva corriente de purga con el método de cualquiera de los puntos 1 a 20.

Punto 26. El método del punto 24, en el que:

- 50
 - la etapa e) comprende tratar la corriente de purga para controlar la concentración de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en las aguas madres de la etapa de cristalización b), en tres etapas:
- 55
 - primero, opcionalmente, carbonatar parcialmente la corriente de purga con dióxido de carbono o con la adición de bicarbonato de sodio para obtener 0,5 a 1,5 moles de bicarbonato de sodio por mol de carbonato de sodio,
- 60
 - segundo, cristalizar por enfriamiento o por evaporación de agua, o por carbonatación, al menos 20, preferiblemente al menos 30, más preferiblemente al menos 35% del carbonato de sodio de la corriente de purga en sesquicarbonato de sodio, separar los cristales de sesquicarbonato de sodio de las segundas aguas madres, y dichos cristales de sesquicarbonato de sodio se recuperan para ser procesados adicionalmente para recuperar el valor correspondiente del carbonato de sodio y bicarbonato de sodio,
- 65
 - tercero, tratar las segundas aguas madres como una nueva corriente de purga con el método de los puntos 1 a 20.

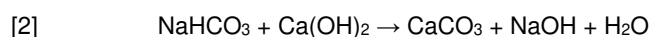
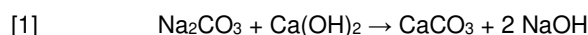
Punto 27. El método de cualquiera de los puntos 1 a 22, en el que el lodo de carbonato de calcio se utiliza adicionalmente para mitigar los gases de combustión, o para la modificación del suelo agrícola, o después de una carbonatación opcional como relleno de cartón o papel.

Punto 28. El método de cualquiera de los puntos 1 a 27, en el que la corriente de purga comprende al menos una impureza de una sal soluble o al menos una impureza soluble de depósitos de mineral seleccionados de: mineral de trona, nahcolita o wegsheiderita, comprendiendo dicha sal soluble o impureza soluble al menos un elemento de: As, Ba, Be, Bi, B, Ca, Co, Cu, F, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, Se, Si, Sn, Sr, Te, Tl, Ti, V, W, y en el que dicha sal soluble o impureza soluble se elimina al menos parcialmente en la etapa f) a i) de la corriente de purga.

Punto 29. El método del punto 28, en el que la al menos una impureza de una sal soluble o al menos una impureza soluble de depósitos de mineral seleccionados de: mineral de trona, nahcolita o wegsheiderita, comprende al menos un elemento de: Ca, Cl-, Cu, Pb, S, Se, Te, Tl que al menos se elimina en la etapa h) a i) de la corriente de purga.

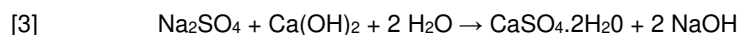
El método de la presente invención es eficaz para tratar concentraciones variables de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en la corriente de purga, tales como valores de concentración altos encontrados en la pre-concentración de impurezas en un decahidrato o un cristizador de sesquicarbonato, pre-concentrando la purga de un cristizador de carbonato de sodio monohidrato. Aunque concentraciones demasiado altas de cloruro de sodio aumentan la densidad de suspensión del sólido cristalizado que comprende cloruro y/o sulfato de sodio en la solución de sosa cáustica concentrada. Por lo tanto, preferiblemente la corriente de purga comprende a lo sumo 15% de NaCl o a lo sumo 10% de Na₂SO₄.

En la presente invención, la cal es cal viva o cal hidratada. La caustificación del carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio con cal viva (óxido de calcio CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio Ca(OH)₂) se relaciona en presencia de agua principalmente con la misma reacción química general. De hecho, la cal viva reacciona rápidamente con el agua para formar cal hidratada (Ca(OH)₂). La caustificación de iones carbonato o iones bicarbonato con cal en presencia de agua genera una solución de iones hidróxido de acuerdo con las siguientes reacciones:



Por lo tanto, durante la reacción de caustificación, las concentraciones de carbonato y bicarbonato de sodio disminuyen y la concentración de hidróxido de sodio aumenta.

Además, parte del sulfato de sodio también se caustifica con cal en presencia de agua de acuerdo con la siguiente reacción formando una solución insoluble de sulfato de calcio e hidróxido de sodio:



Aunque como el carbonato de calcio es menos soluble que el sulfato de calcio, el sulfato de calcio en presencia de carbonato de sodio se disolverá parcialmente y el calcio precipitará en carbonato de calcio, regenerando parte del sulfato de sodio.

Cuando la cal viva (óxido de calcio CaO) se pone en contacto con el agua, el óxido de calcio reacciona para formar cal hidratada (hidróxido de calcio Ca(OH)₂). La reacción de la cal viva (óxido de calcio) con el agua es fuertemente exotérmica. Cuando se utiliza un exceso de agua para hidratar la cal viva, la cal hidratada obtenida forma partículas sólidas en general finamente divididas en suspensión en agua. El hidróxido de calcio es ligeramente soluble en agua (aproximadamente 0,185 partes en peso por cada 100 partes de agua). La suspensión de las partículas sólidas divididas en agua se denomina generalmente lechada de cal.

En la presente invención, la cal (utilizada directamente en la etapa de caustificación cuando se utiliza como cal viva, o utilizada antes de la hidratación para constituir la cal hidratada) debe ser de la más alta calidad posible, comprendiendo preferiblemente más del 90% de CaO. La cal se puede generar también en el sitio mediante reciclaje y calcinación del lodo de CaCO₃ lavado.

La cal viva o la cal hidratada puede comprender también óxido de magnesio o hidróxido de magnesio. Aunque debido a la poca capacidad del hidróxido de magnesio de ser caustificado con carbonato o bicarbonato de sodio, y debido a la escasa capacidad de filtración del lodo de carbonato de calcio obtenido, que comprende altas cantidades de hidróxido de magnesio, se prefiere que la cal viva o la cal hidratada comprenda una relación molar de magnesio a calcio de menos de 0,2, más preferiblemente menos de 0,1 y lo más preferido menos de 0,05 mol/mol.

En la presente invención, la etapa de caustificación se hace funcionar preferiblemente con cal hidratada, más preferiblemente con una lechada de cal que comprende cal hidratada.

En una realización de este tipo que utiliza una lechada de cal, la concentración de cal hidratada en la lechada de cal, expresada en moles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /litro de lechada de cal es generalmente al menos 0.5 mol/l, preferiblemente al menos 1.0 mol/l. más preferiblemente al menos 1,5 mol/l. La lechada de cal comprende generalmente a lo sumo 7,0 mol/l, preferiblemente a lo sumo 5,0 mol/l, más preferiblemente a lo sumo 3,0 mol/l.

La eliminación de agua de la solución acuosa de hidróxido de sodio consume energía. Por lo tanto, existe poco interés económico en producir una solución demasiado diluida de solución acuosa de hidróxido de sodio, utilizando, por ejemplo, una lechada de cal diluida o una corriente de purga con alto contenido de agua.

Por lo tanto, es ventajoso en la presente invención que la cantidad de agua y cal se controle en la etapa f) de modo que la solución acuosa de hidróxido de sodio comprenda al menos 6, preferiblemente al menos 8, más preferiblemente al menos 10% de NaOH.

También la tasa de caustificación (o caustificación) expresada como la relación molar de ion hidróxido equivalente expresada a la suma de: carbonato equivalente (2 equivalentes molares por mol de carbonato) más el equivalente de ion bicarbonato (1 equivalente molar por mol de ion bicarbonato) más el equivalente de ion hidróxido de sodio (1 equivalente molar por mol de ion hidróxido), depende de la concentración de hidróxido de sodio, debido a la baja solubilidad del hidróxido de calcio. En la presente invención es ventajoso que la cantidad de agua y cal se controle en la etapa f) de modo que la solución acuosa de hidróxido de sodio comprenda a lo sumo 14, preferiblemente a lo sumo 13, más preferiblemente a lo sumo 11% de NaOH.

Preferiblemente, en la presente invención, la corriente de purga es una solución acuosa. La alcalinidad total (TA) de la corriente de purga es preferiblemente de alrededor del 16-17%. Esto permite lograr rendimientos de caustificación de aproximadamente el 85% y obtener una solución de NaOH de aproximadamente el 10-11%. Una alcalinidad total más alta da como resultado una mayor concentración final de NaOH y, por lo tanto, un menor consumo de energía para la eliminación de agua si se hace en una sección de evaporación, pero reduce el rendimiento de caustificación, lo que resulta en mayores pérdidas de Na_2CO_3 en el sólido cristalizado durante la concentración de la solución de hidróxido de sodio. Una disminución en la concentración (TA) de la corriente de purga tendrá exactamente los efectos opuestos. El óptimo económico se puede determinar fácilmente en cada planta operativa en función de los costos respectivos de energía y material de alimentación (mineral de carbonato/bicarbonato de sodio y cal).

La temperatura de caustificación debe mantenerse preferiblemente por encima de 95°C con el fin de aumentar la velocidad de la reacción pero, sobre todo, para precipitar el CaCO_3 en forma de calcita que es mucho más fácil de filtrar. Una temperatura más baja también favorecerá la formación de pirsonita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) conduciendo a mayores pérdidas de sodio con el lodo de caustificación.

El lodo de carbonato de calcio (en lo sucesivo, "el lodo") se separa de la solución acuosa de hidróxido de sodio a través de sedimentadores u otros medios, que finalmente realizan una etapa de filtración si es necesario para la eliminación o manipulación del lodo. El lodo, que comprende principalmente CaCO_3 , algo de CaO o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que no ha reaccionado, las impurezas precipitadas de la corriente de purga y la impregnación de la solución acuosa de hidróxido de sodio, se pueden eliminar de diferentes formas.

Cuando sea posible, lo más preferible es reciclar el lodo en un sistema de lixiviación de trona de carbonato de sodio, en donde se mezclará con los insolubles de un mineral de carbonato/bicarbonato de sodio tal como el mineral de trona. Esto tiene la doble ventaja de evitar la inversión de una unidad de separación (filtros) y la eliminación del lodo de caustificación. También tiene la ventaja de permitir la reacción de cualquiera del CaO que no ha reaccionado con el bicarbonato presente en el líquido de lixiviación.

Una segunda forma es separar el lodo, filtrarlo y lavarlo y luego reciclarlo a un horno de cal, para producir el CaO para la etapa 1 y finalmente recuperar también CO_2 puro para cualquier procedimiento que necesite este material de alimentación (bicarbonato) o para secuestro. si el lodo de calcinación se hace funcionar con calentamiento indirecto. La economía de cada una de las opciones vendrá dictada por el precio de la energía, el CO_2 , la disponibilidad de cal barata en el mercado.

Una tercera forma es separar el lodo, filtrarlo, lavarlo y vender el carbonato de calcio (por ejemplo, como sorbente seco para el control de la contaminación por SO_2).

Una cuarta forma es separar el lodo, filtrarlo y almacenarlo en los huecos de la mina por separado de los minerales insolubles de carbonato/bicarbonato de sodio, o en cavidades de minería en solución.

Una quinta forma, pero la menos preferida, es separar el lodo, filtrarlo y almacenarlo en la superficie (estanque de relaves).

En el presente método, la mayor parte del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio de la corriente de purga se eliminan en el tratamiento de la corriente de purga.

Los iones cloruro se eliminan como cloruro de sodio sólido precipitado durante la concentración de la solución acuosa de hidróxido de sodio y posteriormente se separan de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio.

Junto con el tratamiento de la corriente de purga que comprende iones cloruro y sulfato, el presente método ha mostrado una sinergia sorprendentemente eficiente de las etapas f) y g) de caustificación combinadas con las etapas h) e i) para eliminar junto con NaCl y Na₂SO₄ de la corriente de purga otros compuestos solubles, tales como:

- compuestos de fosfatos, silicatos eliminados con el lodo de carbonato de calcio, e
- iones metálicos eliminados con el lodo de carbonato de calcio o con el sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro y/o sulfato de sodio.

En la presente invención, la concentración de la solución acuosa de hidróxido de sodio puede realizarse mediante cualquier tecnología conocida en la técnica, tal como una unidad de evaporación seleccionada de: un evaporador de recompresión de vapor mecánico, un evaporador de película descendente y una unidad de evaporación de efecto múltiple, preferiblemente con termo-compresores de vapor. La solución acuosa de hidróxido de sodio se evaporará con el fin de obtener una solución de hidróxido de sodio concentrada de generalmente desde 30% hasta 50% en peso de NaOH. El nivel de evaporación dependerá de la economía dictada por la inversión necesaria, en particular como evaporadores hechos de aleaciones de níquel recomendadas por encima del 25% de NaOH, el coste energético, la cantidad de impurezas a eliminar y el uso de la solución cáustica. Cuanto mayor sea la concentración de NaOH, menor será la solubilidad en NaCl, Na₂SO₄ y Na₂CO₃, y la mayoría de los hidróxidos metálicos en la solución cáustica resultante, y mayor será la cantidad de impurezas eliminadas (precipitación de las sales arriba mencionadas). Por ejemplo, la solubilidad de NaCl en una solución concentrada de hidróxido de sodio se da a continuación en la Tabla 2.

TABLA 2

Tabla 2 - Solubilidad de NaCl en solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio

Concentración de solución acuosa de NaOH	g/kg	100	250	300	350	400	450	500
Solubilidad de NaCl	g/kg	148	71	49	32	22	17	12

El cloruro de sodio que queda en la solución acuosa concentrada de hidróxido se puede controlar con la eliminación de agua cuando se concentra la solución acuosa de hidróxido de sodio (desde aproximadamente 8% hasta aproximadamente 50% en peso de NaOH). En la presente invención es ventajoso controlar la evaporación de agua durante la concentración de hidróxido de sodio de modo que después de la eliminación del sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y que comprende cloruro y/o sulfato de sodio, la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio comprenda a lo sumo 7, preferiblemente a lo sumo 2, más preferiblemente a lo sumo 1% de NaCl y/o a lo sumo 2,5, preferiblemente a lo sumo 1, más preferiblemente a lo sumo 0,5% de Na₂SO₄.

Al hacer funcionar el presente método que comprende tanto una etapa de caustificación como una concentración de la solución acuosa de hidróxido, se puede reducir sensiblemente la pérdida de carbonato de sodio finalmente purgado con el cloruro de sodio y/o sulfato de sodio. En particular, cuando la corriente de purga comprende cloruro de sodio, es ventajoso que la velocidad de caustificación del carbonato o bicarbonato de sodio de la corriente de purga con cal, y la eliminación de agua cuando se concentra la solución acuosa de hidróxido de sodio, se controlen de modo que el sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y el cloruro de sodio esté en una relación en peso de a lo sumo 1,5, preferiblemente a lo sumo 1,2, más preferiblemente a lo sumo 1,0, lo más preferido 0,7 toneladas de Na₂CO₃ por tonelada de NaCl.

De hecho, cuanto más carbonato de sodio se transforme en hidróxido de sodio en la etapa f) (que puede controlarse, por ejemplo, mediante la adición de cal o velocidad de caustificación), menos carbonato de sodio está presente en el sólido cristalizado en las etapas h) e i). También, cuanto más agua se retire de la solución de hidróxido de sodio en la etapa g), más cloruro (y sulfato) de sodio se eliminará como el sólido cristalizado en la etapa i).

Un método de este tipo es particularmente interesante cuando la corriente de purga es una purga de un cristallizador de carbonato de sodio decahidrato (deca) o de un cristallizador de sesquicarbonato de sodio (sesqui), siendo el cristallizador deca o sesqui en sí mismo un pre-tratamiento de una purga de un cristallizador de carbonato de sodio monohidrato para pre-concentrar el cloruro de sodio y/o el sulfato de sodio. En ese caso, la pérdida de carbonato de sodio en la purga final (es decir, el 'sólido cristalizado' del presente método) se reduce de un factor de 1,5 a 3,0 cuando se reseña por tonelada de NaCl purgado, lo que permite la recuperación de generalmente al menos el 60% o al menos el 70%, y hasta al menos el 90% del carbonato de sodio presente en la purga del cristallizador de carbonato de sodio monohidrato.

Por lo tanto, en una realización ventajosa de la presente invención, la corriente de purga es una purga de un cristallizador de carbonato de sodio decahidrato o de un cristallizador de sesquicarbonato de sodio. Incluso más

ventajosamente, el cristalizador de carbonato de sodio decahidrato o el cristalizador de sesquicarbonato de sodio pueden ser cristalizadores en los que se trata una purga de un cristalizador de carbonato de sodio monohidrato con el fin de controlar el cloruro de sodio y/o el sulfato de sodio del cristalizador de monohidrato de sodio. De hecho, la combinación específica de un tratamiento de purga de un cristalizador monohidrato, primero en un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato, o el cristalizador de sesquicarbonato de sodio, seguido luego de uno de los métodos arriba descritos de la presente invención, permite producir un carbonato de sodio monohidrato con bajo contenido de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio, y luego concentrar el cloruro de sodio y/o el sulfato de sodio para constituir la corriente de purga de la presente invención bien adaptada para las etapas adicionales de: caustificación y eliminación del lodo de carbonato de calcio, y luego concentración de la solución acuosa de hidróxido de sodio obtenida y separación del sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro y/o sulfato de sodio de la solución de hidróxido de sodio acuosa concentrada. Aunque, cuando se combina un tratamiento de purga que comprende una primera etapa de cristalización de carbonato de sodio decahidrato y luego el método de la presente invención, es preferible limitar la concentración de sulfato de sodio en la solución de cristalizador decahidrato a menos del 10%, preferiblemente a menos del 8% de Na_2SO_4 para evitar la cristalización del sulfato de sodio decahidrato y limitar la formación de sales mixtas de carbonato de sodio y sulfato de sodio.

La presente invención se refiere también a un método para producir una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio a partir de una solución de carbonato/bicarbonato de sodio derivada de un mineral de carbonato/bicarbonato de sodio, tal como trona, nahcolita y minerales de wegsheiderita, o de agua de lago de carbonato/bicarbonato de sodio, o de un sólido recuperado, o de un agua de mina, comprendiendo dichos minerales, aguas o sólido que comprende carbonato/bicarbonato de sodio, que comprende las siguientes etapas:

- a) opcionalmente pretratar la solución de carbonato/bicarbonato de sodio para eliminar parte de los componentes orgánicos y/o cambiar la relación molar de carbonato/bicarbonato con el fin de obtener una solución de carbonato/bicarbonato de sodio pretratada opcional;
- b) cristalizar a partir de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio, o de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio opcionalmente pretratada,

una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento, cristalización por carbonatación y combinaciones de las mismas,

generando dicha etapa de cristalización de la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio unas aguas madres, comprendiendo dichas aguas madres carbonato o bicarbonato de sodio, cloruro de sodio o sulfato de sodio y agua;

- c) separar la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio de las aguas madres;
- d) reciclar parte de las aguas madres de nuevo en una de la etapa a) o la etapa b) y eliminar parte de las aguas madres con el fin de generar una corriente de purga para controlar la concentración de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en las aguas madres de la etapa de cristalización b),
- e) tratar la corriente de purga de acuerdo con el método de la reivindicación 1.

En una realización ventajosa del método anterior para producir una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio, la sal de carbonato de sodio es carbonato de sodio monohidrato, y la solución de carbonato/bicarbonato es una solución de minería de mineral trona y/o un agua de mina de mineral trona y/o un sólido recuperado que comprende carbonato de sodio,

comprendiendo dicha solución de carbonato/bicarbonato al menos 10, preferiblemente al menos 12% de alcalinidad total expresada como carbonato de sodio y comprendiendo cloruro de sodio y/o sulfato de sodio,

en el que:

- la etapa a) comprende:
 - una calcinación húmeda en una o varias etapas para descarbonatar parcialmente la solución de carbonato/bicarbonato a un contenido de bicarbonato de sodio de menos de 5, preferiblemente menos de 4, más preferiblemente menos de 2,5% en peso de NaHCO_3 , y
 - una operación de evaporación de agua para aumentar la alcalinidad total de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a al menos 20, preferiblemente al menos 25% expresado como carbonato de sodio, y

▪ una calcinación cáustica para descarbonatar parcialmente de forma adicional la solución de carbonato/bicarbonato hasta un contenido de bicarbonato de sodio de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a menos de 4, más preferiblemente a menos de 2,5% en peso de NaHCO_3 , utilizando al menos parcialmente el hidróxido de sodio procedente de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio;

• la etapa b) comprende cristalizar de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a), una sal carbonato en forma de sal carbonato de sodio monohidrato o una sal carbonato de sodio anhidra con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento;

• la etapa c) comprende separar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) de las aguas madres de la etapa b) y secar/calcinar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) en carbonato de sodio anhidro seco.

Los siguientes Ejemplos están destinados únicamente a ejemplificar la invención y no pretenden limitar el alcance de la invención reivindicada.

EJEMPLOS

Ejemplos 1 y 2

La purga de un cristalizador de cenizas de sodio naturales, un cristalizador de monohidrato que funciona a 101°C , que comprende 27,3-30,3% Na_2CO_3 , 2-5% de NaCl , 0,5% de Na_2SO_4 e impurezas menores, tales como silicatos (1500 ppm de Si), fosfatos (165 ppm de P), aluminatos (79 ppm de Al) y componentes orgánicos (2300 ppm de DQO), se trata en una primera etapa en un cristalizador de carbonato de sodio decahidrato hecho funcionar a aproximadamente $15-20^\circ\text{C}$ con el fin de recuperar parte de carbonato de sodio de la purga (la 'purga monohidrato') en forma de carbonato de sodio decahidrato y una corriente de purga (una 'purga decahidrato') que comprende 17% de Na_2CO_3 , 8% de NaCl y 1.1% de Na_2SO_4 .

A esta corriente de purga se añade cal con 95% de CaO en una relación de 9 t a 100 t de corriente de purga, con la adición también de 24 t de agua, en un reactor mixto con un tiempo de permanencia de 1,5 horas y se hace funcionar a 95°C , dando como resultado una suspensión que comprende una solución acuosa de hidróxido de sodio y un lodo de carbonato de calcio.

Los análisis de la suspensión resultante demuestran que: 85% de carbonato de sodio se caustiza en la solución acuosa de hidróxido de sodio (la solución cáustica) y la solución cáustica comprende: 10% de NaOH , 2,3% de Na_2CO_3 , 7,2% de NaCl y 0,2% de Na_2SO_4 .

Los análisis del lodo de carbonato de calcio y la solución acuosa de hidróxido de sodio indican que las impurezas, tales como silicatos y fosfatos procedentes de la purga se extraen con el lodo de carbonato de calcio y disminuyen sensiblemente de un factor de 1,5 a 10 en la solución cáustica.

Luego, la solución cáustica se concentra en un evaporador de efecto múltiple para alcanzar:

▪ una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio (la solución cáustica concentrada) de NaOH al 30%, por ejemplo 1, o NaOH al 50%, por ejemplo 2, y

▪ un sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio, cloruro de sodio y sulfato de sodio.

El flujo y el balance de masa correspondientes se dan para:

• ejemplo 1 con una solución cáustica concentrada de NaOH al 30% en la tabla 3

• ejemplo 2 con una solución cáustica concentrada de NaOH al 50% en la tabla 4.

En cada uno de los ejemplos se puede ver que el carbonato de sodio en el sólido cristalizado se reduce a respectivamente:

• para el ejemplo 1: 0,64 t de Na_2CO_3 / t de NaCl

• para el ejemplo 2 y 0,57 t de Na_2CO_3 / t de NaCl .

Esas figuras ilustran que el método de la presente invención:

• elimina el 80% (ejemplo 1) y hasta el 90% (ejemplo 2) del NaCl (Na_2SO_4 se elimina de manera similar a NaCl con un rendimiento incluso más importante, ya que el sulfato de sodio se precipita parcialmente en la etapa

f) más en la etapa h)) en forma de un sólido con una cantidad sustancialmente reducida de Na_2CO_3 (pérdida) en la purga final constituida por el sólido cristalizado.

Además, una comparación con métodos de tratamiento de purga previos conocidos en los que se trata la purga del cristizador monohidrato:

- se recupera más del 80% a más del 90% de sodio alcalino (del carbonato y el bicarbonato de sodio de la purga) y se puede reciclar en el cristizador monohidrato (o se puede valorizar como cáustico como líquido vendible),
- comparativamente, la recuperación de sodio alcalino del tratamiento de purga que asocia un cristizador de carbonato de sodio decahidrato solo como se describe en el documento US20050274678 es de aproximadamente 67%,
- comparativamente, la recuperación de sodio alcalino del tratamiento de purga que asocia un cristizador de carbonato de sodio decahidrato y un cristizador de bicarbonato como se describe en el documento US2004057892 es de aproximadamente 70%,
- La pérdida de agua también se reduce sensiblemente a menos de 0,5 a 1 t de agua/t de cloruro de sodio purgado. Comparativamente, ni el procedimiento de decahidrato ni el de bicarbonato pueden reducir las pérdidas de agua por tonelada de purga de NaCl, que son aproximadamente 9,5 t de H_2O /t NaCl.

Por lo tanto, cuando el mineral de carbonato/bicarbonato procesado, tal como trona o nahcolita, o wegsheiderita, tiene un contenido de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio incrementado o fluctuante, el método de la presente invención con una cantidad reducida de pérdida de carbonato de sodio por tonelada de NaCl o por tonelada combinada de $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, sigue siendo particularmente interesante en comparación con los métodos previos conocidos.

Ejemplos 3 a 6

Se seleccionaron cuatro muestras de corriente de purga que comprenden diferentes niveles de impurezas, derivando dichas corrientes de purga de cristizadores de carbonato de sodio monohidrato alimentados con soluciones acuosas de carbonato de sodio alimentadas desde diferentes partes de depósitos de trona en Green River, Wyoming EE.UU.

Las condiciones operativas de dichos cristizadores monohidratos fueron similares a las descritas en 'Natural Soda Ash' de Donal E. Garrett, Van Nostrand Reinhold Editor, Nueva York, 1992 en el Capítulo 8 'Procedimiento monohidrato' pp. 267-299.

Se analizaron las cuatro muestras de la corriente de purga seleccionadas y su contenido en los elementos principales se enumera en las Tablas 5 a 8. El resto de la composición de la corriente de purga es principalmente agua.

Los OH^- , CO_3^{2-} y HCO_3^- se midieron por titulación potenciométrica con ácido clorhídrico (HCl) 1 mol/L (1 N), con determinación de los valores de equivalencia midiendo la curva de derivada.

El Cl⁻ se midió mediante titulación potenciométrica con AgNO_3 0,2 mol/L (0,2 N) y también se determinaron los valores de equivalencia midiendo la curva de derivada.

Todos los demás elementos se analizaron con el método estándar utilizando espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP), después de la dilución de la muestra en solución, acidificación de la muestra con HCl, filtración en una membrana de 0,45 μm , y el sólido recuperado se solubilizó después de la fusión alcalina y la redisolución con el fin de estar completo en el elemento medido relacionado.

Las muestras de la corriente de purga se caustizaron luego en un reactor de laboratorio agitado a 95°C durante 2 horas después de la adición de cal viva en una relación estequiométrica con un exceso de 15% de cal, con respecto a los contenidos de carbonato y bicarbonato de sodio de las corrientes de purga. y con respecto a las ecuaciones [1] y [2] arriba enumeradas en la presente memoria descriptiva. Antes de la adición de cal, se añadió opcionalmente agua de modo que la concentración final de hidróxido de sodio de la solución fuera de aproximadamente 10 +/- 1% en peso. Durante la caustificación, se inyectó continuamente nitrógeno gaseoso (N_2) a una tasa de aproximadamente 50 L/h en la cúpula del reactor de 5 litros utilizado, para evitar la carbonatación de la solución cáustica con CO_2 del aire ambiente.

Después de 2 horas, en que tuvo lugar la caustización de carbonato/bicarbonato de sodio en hidróxido de sodio y en un lodo de carbonato de calcio, la suspensión del reactor se filtró con un filtro de acero inoxidable equipado con una membrana de teflón de 5 μm de porosidad para separar y obtener una solución de hidróxido de sodio. (de aproximadamente 10% de concentración de NaOH); y el lodo de carbonato de calcio formado por la caustificación de la corriente de purga se retuvo en la membrana del filtro.

Los análisis de las soluciones acuosas de hidróxido de sodio obtenidas se dan en las respectivas Tablas 5 a 8 (columnas 3).

A continuación, se concentraron las soluciones de hidróxido de sodio:

- a aproximadamente 30-39% de solución concentrada de NaOH (Ejemplos 3 y 4) colocando el contenido del reactor a 95°C y bajo un vacío de 600 mbar,
- a aproximadamente 43-46% de solución concentrada de NaOH (Ejemplos 5 y 6) colocando el contenido del reactor a 115°C y bajo un vacío de 650 mbar,

y eliminando parte del agua de la solución de hidróxido de sodio y siguiendo la cantidad de condensados obtenidos para detener la evaporación del agua cuando se obtuvo el valor objetivo de condensados de agua para una concentración final dada de NaOH.

Las suspensiones obtenidas, en que parte de: cloruro de sodio, sulfato de sodio y carbonato de sodio se precipitaron como sólido durante la concentración de hidróxido de sodio, se filtraron para separar la solución concentrada de NaOH que se recuperó y analizó, del sólido precipitado obtenido. El filtro utilizado se calentó a 95°C y se equipó con una membrana de teflón de 5 µm de porosidad, y se hizo funcionar a presión (a 1,5 bares), alimentado con nitrógeno gaseoso (N₂) para evitar la carbonatación de la solución cáustica.

Las soluciones acuosas concentradas de hidróxido de sodio así obtenidas se analizaron en los elementos químicos enumerados y se compararon con la concentración de la solución en estos elementos antes de la caustificación y antes de la concentración de la solución cáustica. Los resultados del análisis se dan en las Tablas 5 a 8, junto con la purificación de la eliminación de impurezas de la solución de purga expresada en % en peso.

Para la solución de caustificación (solución acuosa de hidróxido de sodio o 'Solución después de las etapas f) a g)'), se utilizó la concentración de cloruros (expresada como NaCl) como trazador para determinar el factor de dilución/concentración con la corriente de purga original.

Para la solución de concentración / evaporación (solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio o 'Solución después de las etapas f) a i)'), se utilizó la concentración de hidróxido (expresada como NaOH) como trazador para determinar el factor de dilución/concentración en comparación con la solución acuosa de hidróxido de sodio o en comparación con la solución de corriente de purga original.

Los resultados del análisis (columna 4 de las Tablas) demuestran que la etapa de caustificación f) y la etapa de filtración asociada g) del lodo de carbonato de calcio (más sulfato de calcio) permiten una purificación eficaz de la corriente de purga en las siguientes impurezas:

bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), cobre (Cu), magnesio (Mg), fósforo (P) expresado en fosfato, sílice (Si), estroncio (Sr), azufre (S) expresado en sulfato, titanio (Ti) y, en menor medida, arsénico (As), boro (B), potasio (K), litio (Li), molibdeno (Mo).

Los resultados del análisis (columnas 6 de las Tablas 5 a 8) muestran que la etapa de concentración h) con evaporación en agua de la solución cáustica y cristalización de parte de las sales de carbonato de sodio, cloruro de sodio y sulfato de sodio, en un sólido cristalizado, seguido de la etapa de separación i) de dicho sólido cristalizado de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio, permite una purificación eficaz de la corriente de purga en las siguientes impurezas: calcio (Ca), cloruro (Cl⁻), cobre (Cu), plomo (Pb), azufre (S) expresado como sulfato, selenio (Se), telurio (Te), talio (Tl) que se co-precipitan con el sólido cristalizado.

Por lo tanto, la combinación de las etapas generales f) a i) (véanse las columnas 7 de las Tablas 5 a 8) permite disminuir la cantidad de impurezas que comprenden al menos uno de los siguientes elementos químicos:

arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), calcio (Ca), cloruro (Cl⁻) cobre (Cu), plomo (Pb), litio (Li), magnesio (Mg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), fósforo (P) expresado como fosfato, potasio (K), selenio (Se), sílice (Si), estroncio (Sr), azufre (S) expresado como sulfato, telurio (Te), talio (Tl), estaño (Sn), titanio (Ti).

Tabla 3: Ejemplo 1 - flujo y balance de masa - Tratamiento de purga con NaOH concentrado al 30%.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Corriente de purga	Cal	H ₂ O	Lodo de CaCO ₃	NaOH al 10%	NaOH al 10%	NaOH al 10% a EV	Vapor a EV	Condensados de EV	Purgar NaCl	NaOH al 30%	Evap H ₂ O
Na ₂ CO ₃	t/h	17			2,5	0,2	2,3			1,9	0,3	
NaCl	t/h	8			8	0,7	7,3			5,7	1,6	
NaOH	t/h				11	0,9	10,1			0	10,1	
CaO	t/h	8,1		0,4								
CaCO ₃	t/h			13,7								
H ₂ O	t/h		24	8,2	88,5	7,5	81	26,8	58,6	3,7	21,5	27,7
COMPONENTES INERTES	t/h	0,4		0,4								
Total	t/h	100,0	9,0	23,0	110,0	9,0	101,0	27,0	59,0	11,0	34,0	28,0
Na ₂ CO ₃	%	17			2,3	2,3	2,3			17,1	1	
NaCl	%	8			7,2	7,2	7,2			50	4,9	
NaOH	%				10	10	10				30	
CaO	%	95		1,8								
CaCO ₃	%			60,3								
H ₂ O	%	75	100	36	80,5	80,5	80,5	100	100	32,9	64,1	100
COMPONENTES INERTES	%		5	1,9								

Tabla 4: Ejemplo 2 - flujo y balance de masa - Tratamiento de purga con NaOH concentrado al 50%

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Corriente de purga	Cal	H ₂ O	Lodo de CaCO ₃	NaOH al 10%	NaOH al 10%	NaOH al 10% a EV	Vapor a EV	Condensados de EV	Purgar NaCl	NaOH al 50%	Evap H ₂ O
Na ₂ CO ₃	t/h	17,0			2,6	0,2	2,4			2,4	0,0	
NaCl	t/h	8,0			8,0	0,7	7,3			7,0	0,3	
NaOH	t/h				10,8	0,9	9,9			0,0	9,9	
CaO	t/h	8,0		0,4								
CaCO ₃	t/h			13,5								
H ₂ O	t/h	74,9	22,6	8,1	87,0	7,5	79,5	31,5	68,9	4,6	9,6	32,5
COMPONENTES INERTES	t/h	0,4		0,4								
Total	t/h	100	22,6	22,4	108,4	9,3	99,1	31,5	68,9	14,0	19,8	32,5
Na ₂ CO ₃	%	17,0			2,4	2,4	2,4			16,8	0,2	
NaCl	%	8,0			7,4	7,4	7,4			50,0	1,5	
NaOH	%				10,0	10,0	10,0				50,0	
CaO	%	95,0		1,8								
CaCO ₃	%			60,3								
H ₂ O	%	75,0	100,0	36,0	80,2	80,2	80,2	100,0	100,0	33,2	48,3	100,0
COMPONENTES INERTES	%			1,9								

Tabla 5: Ejemplo 3 - Análisis de solución y porcentajes de reducción de impurezas en soluciones:

Ejemplo de Ensayo 3 Análisis de soluciones	Solución de corriente de purga	Solución después de las etapas f) a g)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaCl)	Solución después de las etapas f) a i)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaOH)	Reducción global de impurezas en la solución después de las etapas f) a i)
Concentración	g/kg	g/kg	%	g/kg	%	%
NaOH	0	94		305		
Na ₂ CO ₃	163	48		28	82	
NaHCO ₃	11	0		0		
NaCl	44	49		53	66	66
Concentración	mg/kg	mg/kg reseñado a NaOH al 10%	%	mg/kg reseñado a NaOH al 30%	%	%
Ba	2,1	< 0,11	> 95	< 0,17		> 95
Ca	2,3	90,0		19,3	93	93
Li	13	11	26	37,3		26
Mg	2,5	0,9	69	2,4	16	74
Na	-	115624		263636	30	30
P en forma de PO ₄	1237	75	95	319		95
Pb	0,6	< 1,1		2,4		-
S en forma de SO ₄	15788	18101		6684	89	89
Si	545	329	46	187	82	91
Sr	0,10	< 0,1	>7	0,17	< 52	< 56
Ti	0,02	< 0,2		0,34	< 52	< 52
- etapas f) a g): caustificación y separación de sólidos - etapas h) a i): concentración-evaporación/separación - etapas f) a i): caustificación / separación, + concentración-evaporación / separación.						

Tabla 6: Ejemplo 4 - Análisis de solución y porcentajes de reducción de impurezas en soluciones:

Ejemplo de Ensayo 4 Análisis de soluciones	Solución de corriente de purga	Solución después de las etapas f) a g)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaCl)	Solución después de las etapas f) a i)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaOH)	Reducción global de impurezas en la solución después de las etapas f) a i)
Concentración	g/kg	g/kg	%	g/kg	%	%
NaOH	0	88		392		
Na ₂ CO ₃	156	59		24	91	
NaHCO ₃	13	0		0		
NaCl	44	47		31	85	85
Concentración	mg/kg	mg/kg reseñado a NaOH al 10%	%	mg/kg como tal	%	%
Ag	0,05	< 0,02	> 63	< 0,04		> 63
As	7,7	7,8	5	31,4	10	14
B	295	300	5	1160	13	17
Ba	3,3	0,03	99	0,04	70	99,7
Bi	1,6	< 0,2	> 89	< 0,40		> 89
Ca	2,3	8,6		5,9	85	85
Co	1,3	0,12	91	1,24		91
Cu	1,4	0,5	67	< 0,20		67
K	2860	3065		12360	9	9
Li	12,3	11,2	15	47,4	5	19
Na	93000	95000		238000	44	44
P en forma de PO ₄	1290	120	91	460	14	92
Pb	0,6	0,7		1,9	42	42
S en forma de SO ₄	13500	14570		4300	93	93
Sb	1,5	1,4	14			14
Se	2,4	2,4	5	9,2	13	18
Si	650	565	19	1970	22	36
Sr	1,4	0,02	99	< 0,02	> 78	99,7
Te	1,6	1,4	19	6,2	2	20
Ti	0,19	0,05	75			75
Tl	1,6	1,6	5	0,5	93	94
W	0,56	0,54	10			10
- etapas f) a g): caustificación y separación de sólidos - etapas h) a i): concentración-evaporación/separación - etapas f) a i): caustificación / separación, + concentración-evaporación / separación.						

Tabla 7: Ejemplo 5 - Análisis de solución y porcentajes de reducciones de impurezas en soluciones:

Ejemplo de Ensayo 5 Análisis de soluciones	Solución de corriente de purga	Solución después de las etapas f) a g)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaCl)	Solución después de las etapas f) a i)	Reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaOH)	Reducción global de impurezas en la solución después de las etapas f) a i)
Concentración	g/kg	g/kg	%	g/kg	%	%
NaOH	0	118		437		
Na ₂ CO ₃	174	39		14	91	
NaHCO ₃	16	0		0		
NaCl	29	32		23	80	80
Concentración	mg/kg	mg/kg reseñado a NaOH al 12%	%	mg/kg reseñado a NaOH al 44%	%	%
As	4,9	4,7	12			12
B	163	141	22			22
Ba	5,9	0,11	98	0,06	86	100
Ca	2,2	17,6		21,7	66	66
K	1900	1368	35			35
Li	10	7,0	37			37
Mg	3,0	0,80	76			76
Mo	18	18,1	9			9
P en forma de PO ₄	930	53	95	147	24	96
Pb	0,3	< 0,6		1,3	45	45
S en forma de SO ₄	15100	14200		3200	94	94
Sb	0,4	0,37	16	1,07	22	34
Se	0,5	0,8		1,5	48	48
Si	152	237		799	8	8
Sn	< 0,3	< 0,6		< 1,0		
Sr	0,2	0,07	67	< 0,04	> 85	> 95
Te	< 0,4	0,4		0,8	51	51
- etapas f) a g): caustificación y separación de sólidos - etapas h) a i): concentración-evaporación/separación - etapas f) a i): caustificación / separación, + concentración-evaporación / separación.						

Tabla 8: Ejemplo 6 - Análisis de solución y porcentajes de reducciones de impurezas en soluciones:

Ejemplo de Ensayo 6 Análisis de soluciones	Solución de corriente de purga	Solución después de las etapas f) a g)	% reducción de impurezas en la solución después de las etapas f) a g) (basado en ΔNaCl)	Solución después de las etapas f) a i)	% reducción de impurezas en la solución después de las etapas h) a i) (basado en ΔNaOH)	% reducción global de impurezas en la solución después de las etapas f) a i)
Concentración	g/kg	g/kg	%	g/kg		%
NaOH	0	111		460		
Na ₂ CO ₃	171	28		11	90	
NaHCO ₃	17	0		0		
NaCl	36	35		29	80	80
Concentración	mg/kg	mg/kg reseñado a NaOH al 11%	%	mg/kg como tal	%	%
Al	< 0,3	8,2		31	9	9
As	6,2	5,4	10	18	23	31
B	176	169	2	560	20	22
Ba	7,6	0,13	98	< 0,03	> 94	99,9
Be	1,5	0,63	58	2,4	9	62
Bi	1,8	< 0,8	54	< 0,8		54
Ca	2,2	17		19	73	73
Cd	< 0,08	< 0,08		< 0,08		
Co	1,6	0,12	92	0,52		92
Cu	1,5	1,18	19	< 0,24	> 95	> 96
K	1929	1893		6187	21	21
Li	12	9,0	21	32	15	33
Mg	3,3	0,66	79	2,5	9	81
Mo	21	21		64	25	25
P en forma de PO ₄	995	43	96	114	37	97
Pb	< 0,8	< 0,81		1,2	63	63
S en forma de SO ₄	20600	17800		3900	95	95
Sb	2,0	1,15	42	3,6	25	56
Se	2,7	2,5	4	1,1	90	90
Si	788	201	74	552	34	83
Sn	1,0	1,5		4,2	35	35
Sr	1,8	0,09	95	0,06	85	99
Te	2,1	2,0		0,7	92	92
Tl	2,2	1,8	15	0,6	93	94
V	5,3	5,6		21	11	11
- etapas f) a g): caustificación y separación de sólidos - etapas h) a i): concentración-evaporación/separación - etapas f) a i): caustificación / separación, + concentración-evaporación / separación.						

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir una solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio a partir de una corriente de purga, derivándose dicha corriente de purga de un cristizador de carbonato de sodio anhidro o un cristizador de carbonato de sodio monohidrato o un cristizador de carbonato de sodio decahidrato o un cristizador de sesquicarbonato de sodio o un cristizador de wegsheiderita o un cristizador de bicarbonato de sodio,
- comprendiendo dicha corriente de purga carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un depósito de mineral de carbonato o bicarbonato de sodio, y
- comprendiendo dicha corriente de purga al menos 1% en peso de una sal de sodio seleccionada de cloruro de sodio, sulfato de sodio y mezclas de los mismos, y
- comprendiendo dicha solución acuosa de hidróxido de sodio concentrada:
- al menos 25% en peso de NaOH,
 - al menos una sal soluble, comprendiendo dicha sal soluble al menos uno de los siguientes elementos: As, Ba, B, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, Se, Si, Sr, Te, Tl, Ti, V, W,
- y comprendiendo dicho método las siguientes etapas:
- f) añadir cal a la corriente de purga, en presencia de agua,
- para caustificar al menos 50 % en moles del sodio procedente de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio, en una solución acuosa de hidróxido de sodio y
- en un lodo de carbonato de calcio;
- g) separar el lodo de carbonato de calcio de la solución acuosa de hidróxido de sodio;
 - h) concentrar la solución acuosa de hidróxido de sodio eliminando parte del agua con el fin de obtener:
- la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio que comprende al menos 25% en peso de NaOH, y para cristalizar un sólido que comprende carbonato de sodio y que comprende cloruro y/o sulfato de sodio, en el que la cal añadida y el agua eliminada en la etapa h) se controlan de manera que la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es preferiblemente a lo sumo 2,
- i) separar el sólido cristalizado que comprende carbonato de sodio y cloruro y/o sulfato de sodio de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:
- j) reciclar al menos una parte de la solución de hidróxido de sodio acuosa concentrada al cristizador de carbonato de sodio anhidro, o al cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o al cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o al cristizador de sesquicarbonato de sodio, o al cristizador de bicarbonato, o a procedimientos aguas arriba del cristizador de carbonato de sodio anhidro, o del cristizador de carbonato de sodio monohidrato, o del cristizador de carbonato de sodio decahidrato, o del cristizador de sesquicarbonato de sodio, o del cristizador de bicarbonato.
3. El método de la reivindicación 2, en el que la corriente de purga es una purga derivada de un cristizador de carbonato de sodio decahidrato.
4. El método de la reivindicación 2, en el que la corriente de purga es una purga derivada de un cristizador de sesquicarbonato de sodio.
5. El método de la reivindicación 3 o 4, en el que el cristizador de carbonato de sodio decahidrato o el cristizador de sesquicarbonato de sodio son cristalizadores en los que se trata una purga de un cristizador de carbonato de sodio monohidrato con el fin de controlar el cloruro de sodio y/o el sulfato de sodio del cristizador monohidrato de sodio.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que en la etapa f) la cal es cal hidratada, o una lechada de cal que comprende cal hidratada.

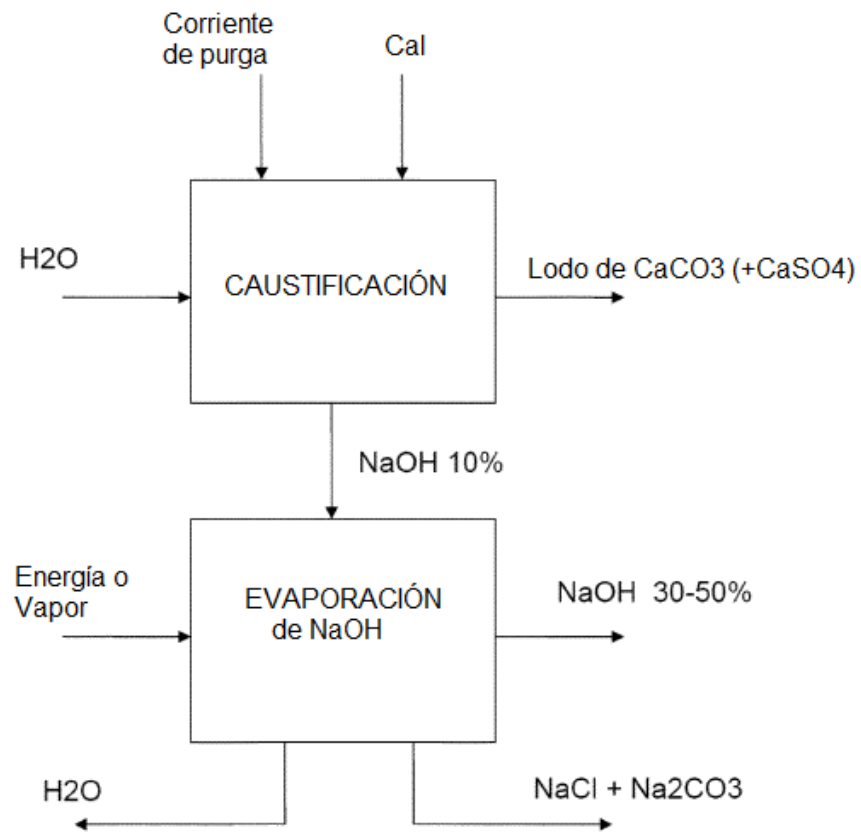
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que en la etapa f) la cal utilizada directamente en la etapa de caustificación cuando se utiliza como cal viva, o la cal utilizada antes de la hidratación para constituir cal hidratada, comprende más del 90% en peso de óxido de calcio.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la cal se genera por reciclaje y calcinación del lodo de carbonato de calcio lavado.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que en la etapa f) la cal es cal viva o cal hidratada, y la cal comprende óxido de magnesio o hidróxido de magnesio, en donde la relación molar de magnesio a calcio es menor que 0,2, o menor que 0,05 mol/mol.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la corriente de purga comprende al menos una impureza de una sal soluble o al menos una impureza soluble de depósitos de mineral seleccionados de: mineral de trona, nahcolita o wegsheiderita, comprendiendo dicha sal soluble o impureza soluble al menos un elemento de: As, Ba, Be, Bi, B, Ca, Co, Cu, F, K, Li, Mg, Mo, P, Pb, Se, Si, Sr, Te, Tl, Ti, V, W,
- y en el que dicha sal soluble o impureza soluble se elimina al menos parcialmente en la etapa f) a i) de la corriente de purga.
11. El método de la reivindicación 10, en el que la al menos una impureza de una sal soluble o al menos una impureza soluble de depósitos de mineral seleccionados de: mineral de trona, nahcolita o wegsheiderita, comprende al menos un elemento de: Ca, Cl-, Cu, Pb, S, Se, Te, Tl que al menos se elimina en la etapa h) a i) de la corriente de purga.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que en la etapa h) la relación en peso de carbonato de sodio a la suma del cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en el sólido cristalizado es a lo sumo 2 o a lo sumo 1,5.
13. Un método para producir una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio a partir de una solución de carbonato/bicarbonato de sodio derivada de un mineral de carbonato/bicarbonato de sodio, tal como minerales de trona, nahcolita y wegsheiderita, o de un agua de lago de carbonato/bicarbonato de sodio, o de un sólido recuperado, o de un agua de mina, comprendiendo dichos minerales, aguas o sólido carbonato/bicarbonato de sodio,
- que comprende las siguientes etapas:
- a) opcionalmente pretratar la solución de carbonato/bicarbonato de sodio para eliminar parte de los componentes orgánicos y/o cambiar la relación molar de carbonato/bicarbonato con el fin de obtener una solución de carbonato/bicarbonato de sodio pretratada opcional;
 - b) cristalizar a partir de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio, o de la solución de carbonato/bicarbonato de sodio opcionalmente pretratada,
- una sal de carbonato de sodio o una sal de bicarbonato de sodio con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento, cristalización por carbonatación y combinaciones de las mismas,
- generando dicha etapa de cristalización de la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio unas aguas madres, comprendiendo dichas aguas madres carbonato o bicarbonato de sodio, cloruro de sodio o sulfato de sodio y agua;
- c) separar la sal de carbonato de sodio o la sal de bicarbonato de sodio de las aguas madres;
 - d) reciclar parte de las aguas madres de nuevo en una de la etapa a) o la etapa b) y eliminar parte de las aguas madres con el fin de generar una corriente de purga para controlar la concentración de cloruro de sodio y/o sulfato de sodio en las aguas madres de la etapa de cristalización b),
 - e) tratar la corriente de purga y producir la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio de acuerdo con el método de las reivindicaciones 1 a 12.
14. El método de la reivindicación 13, en el que la sal de carbonato de sodio es carbonato de sodio monohidrato,
- y en el que la solución de carbonato/bicarbonato es una solución de minería de mineral trona y/o agua de una mina de mineral trona y/o un sólido recuperado que comprende carbonato de sodio,
- comprendiendo dicha solución de carbonato/bicarbonato al menos 10% de alcalinidad total expresada como carbonato de sodio y comprendiendo cloruro de sodio y/o sulfato de sodio,

en el que:

- la etapa a) comprende:

- 5 ▪ una calcinación húmeda en una o varias etapas para descarbonatar parcialmente la solución de carbonato/bicarbonato a un contenido de bicarbonato de sodio de menos de 5% en peso de NaHCO_3 , y
- 10 ▪ una operación de evaporación de agua para aumentar la alcalinidad total de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a al menos 20% en peso expresado como carbonato de sodio, y
- 15 ▪ una calcinación cáustica para descarbonatar parcialmente de forma adicional la solución de carbonato/bicarbonato hasta un contenido de bicarbonato de sodio de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a) a menos de 4 o a menos de 2,5% en peso de NaHCO_3 , utilizando al menos parcialmente el hidróxido de sodio procedente de la solución acuosa concentrada de hidróxido de sodio;
- 15 - la etapa b) comprende cristalizar de la solución de carbonato/bicarbonato que sale de la etapa a), una sal carbonato en forma de sal carbonato de sodio monohidrato o una sal carbonato de sodio anhidra con uno de los medios seleccionados de la lista de: cristalización por evaporación, evaporación por enfriamiento;
- 20 - la etapa c) comprende separar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) de las aguas madres de la etapa b) y secar/calcinar la sal de carbonato de sodio (monohidrato o anhidro) en carbonato de sodio anhidro seco.

FIGURA 1



Tratamiento de purga mediante caustificación

