

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 571**

51 Int. Cl.:

**C01D 7/10** (2006.01)  
**C01D 5/16** (2006.01)  
**C01D 7/22** (2006.01)  
**C01D 7/24** (2006.01)  
**C01D 7/28** (2006.01)  
**C01D 7/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2011 E 11725613 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2566815**

54 Título: **Retirada de impurezas de sólidos de desecho en la producción de ceniza de sosa, bicarbonato de sodio y/u otros derivados**

30 Prioridad:

**03.09.2010 US 380126 P**  
**03.09.2010 US 380123 P**  
**04.05.2010 US 331297 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.10.2014**

73 Titular/es:

**SOLVAY CHEMICALS, INC. (100.0%)**  
**3333 Richmond Avenue**  
**Houston, TX 77098-3009, US**

72 Inventor/es:

**HUGHES, RONALD O.;**  
**MOTTE, JESSICA A.;**  
**VANDENDOREN, ALAIN;**  
**PHILLIP, JAMES D. y**  
**SMITH, DAVID W.**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 503 571 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

Retirada de impurezas de sólidos de desecho en la producción de ceniza de sosa, bicarbonato de sodio y/u otros derivados

5

### Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad para la solicitud provisional estadounidense n.º 61/331.297, presentada el 4 de mayo de 2010, para la solicitud provisional estadounidense n.º 61/380.123 presentada el 3 de septiembre de 2010 y para la solicitud provisional estadounidense n.º 61/380.126 presentada el 3 de septiembre de 2010.

10

### Declaración referente a investigación o desarrollo con subvención federal

15 No aplicable.

### Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un método para retirar impurezas de un sólido de desecho, al menos una parte del cual se recupera de una balsa de desechos, para formar un sólido valorizado con menos impurezas que es adecuado para su uso como materia prima en la producción de un producto cristalino que comprende por ejemplo sulfito, bicarbonato, carbonato de sodio, u otros derivados. El método puede implicar una primera etapa: una lixiviación selectiva de algunas impurezas y una segunda etapa opcional: una precipitación selectiva de algunas impurezas, en el que las impurezas pueden incluir cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos solubles en agua.

20

25

### Antecedentes de la invención

La ceniza de sosa o carbonato de sodio es una sal inorgánica preparada a partir del mineral trona. La ceniza de sosa es uno de los productos básicos alcalinos de mayor volumen producido en los Estados Unidos. La ceniza de sosa encuentra un uso principal en la industria de fabricación de vidrio y para la producción de bicarbonato de sodio, detergentes y productos de papel.

30

Se han explotado en minería mecánicamente grandes yacimientos del mineral trona en el sudoeste de Wyoming cerca de la cuenca del río Verde desde finales de los años 1940. En 2007, el carbonato de sodio basado en trona de Wyoming comprendía aproximadamente el 90% de la producción de ceniza de sosa total en los EE.UU. La mena de trona es un mineral que contiene aproximadamente el 70-99% de sesquicarbonato de sodio dihidratado ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). La mena de trona contiene materia insoluble en forma de pizarra. La pizarra contiene diversos constituyentes tales como materia querogenosa orgánica (por ejemplo, el 0,1 - 1% como carbono) y materiales dolomíticos y que portan sílice (por ejemplo, aproximadamente el 5 - 15%), tales como dolomía, cuarzo, feldespato, arcilla.

35

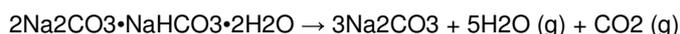
40

La trona en bruto se purifica normalmente para retirar o reducir impurezas, principalmente pizarra y otros materiales insolubles en agua, antes de que puede venderse comercialmente su valioso contenido en sodio como: ceniza de sosa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), sosa cáustica ( $\text{NaOH}$ ), sesquicarbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), fosfato de sodio ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), u otros productos químicos que contienen sodio.

45

Para recuperar estos valiosos productos alcalinos, el proceso comercial del "monohidrato" se usa frecuentemente para producir ceniza de sosa a partir de trona. En la producción de ceniza de sosa, se calcina mena de trona triturada (por ejemplo, calentada) para descomponer el sesquicarbonato de sodio para dar carbonato de sodio.

50



La calcinación elimina agua de cristalización y forma ceniza de sosa en bruto. Durante la calcinación, una parte del material que porta silicato insoluble en agua contenido en la mena se convierte en silicatos solubles. La mena calcinada se disuelve en agua o licor de carbonato de sodio diluido para dar una disolución saturada de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a ~30% en peso (dependiendo de la temperatura de la disolución) que contiene impurezas solubles en agua. Las impurezas solubles en agua pueden comprender uno o más silicatos, compuestos orgánicos, cloruro de sodio, y sulfato de sodio. El material insoluble se separa de la disolución saturada resultante. Esta disolución transparente que contiene carbonato de sodio se alimenta a un cristalizador evaporador. A medida que se calienta esta disolución, tiene lugar la evaporación de agua que realiza la cristalización de carbonato de sodio en cristales de carbonato de sodio monohidratado ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Los cristales del monohidrato se retiran de las aguas madre y entonces se secan para convertirlos en ceniza de sosa anhidra ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Las aguas madre se reciclan de vuelta a través de un circuito de cristalizador para su procesamiento adicional para dar cristales de carbonato de sodio monohidratado.

55

60

65

Sin embargo, la etapa de cristalización concentra impurezas en las aguas madre. De hecho, mediante el efecto de evaporación de agua, las impurezas solubles tales como compuestos orgánicos, silicatos, cloruro de sodio y sulfato de sodio, se concentran en el cristalizador. Si se permite que esto continúe, eventualmente la concentración de las impurezas se incrementa hasta un punto en el que la calidad del producto de carbonato de sodio resultante puede verse afectada negativamente. Los solicitantes han encontrado, por ejemplo, que la presencia de silicatos solubles en agua en el licor del cristalizador parece tener un impacto sobre a la morfología de cristalización y puede disminuir el rendimiento de producto vendible. Adicionalmente, la presencia de impurezas en el licor del cristalizador puede provocar una grave incrustación de las superficies del equipo en el que se maneja esta disolución saturada, por ejemplos líneas, tanques, bombas, y particularmente el intercambiador de calor del cristalizador que maneja el licor en un circuito de recirculación conectado al cristalizador. Por ejemplo, una acumulación de sulfato y/o cloruro de sodio, ambas impurezas que se originan a partir de trona en bruto, en el licor del cristalizador puede dar como resultado la formación de sales complejas que pueden cristalizar a partir del producto hidratado. Una acumulación de incrustación que contiene tales impurezas generalmente formadas sobre las superficies expuestas del intercambiador de calor del cristalizador requiere lavados a alta presión frecuentes y caros.

Por tanto, para mantener la concentración de las impurezas solubles en agua por debajo del punto de cristalización de modo que se evite la contaminación y el deterioro de la forma, el tamaño y la dureza de los cristales por las impurezas y para impedir la acumulación de estas impurezas en el cristalizador, debe purgarse una parte del licor del cristalizador, y se denomina generalmente "licor de purga". Esto puede dar como resultado una pérdida de hasta aproximadamente el 10% de los productos valorizados de sosa. El licor de purga que sale de un cristalizador incluye normalmente carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio, así como impurezas, tales como compuestos orgánicos solubles en agua, cloruro de sodio, sulfato de sodio y silicatos. Un licor de purga que sale de un cristalizador de monohidrato puede contener aproximadamente el 19 - 30% de carbonato de sodio, el 0,1 - 4% de bicarbonato de sodio, el 0,2 - 1% de silicatos, hasta el 2,7% de cloruro de sodio, hasta el 2,4% de sulfato de sodio y 100-1.500 ppm de carbono orgánico total (COT), pero normalmente contiene aproximadamente el 23 - 28% de carbonato de sodio y el 0,2 - 3% de bicarbonato de sodio. Un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato puede contener aproximadamente el 5 - 25% de carbonato de sodio, el 1 - 15% de bicarbonato de sodio, hasta el 1% de silicatos, hasta el 2,7% de cloruro de sodio, hasta el 2,4% de sulfato de sodio y 100-1.500 ppm de COT.

En la fabricación de ceniza de sosa y/o bicarbonato de sodio, un sistema de balsas de almacenamiento se ha usado para albergar la eliminación de la corriente de efluente de planta incluyendo agua de mina, licor de purga de cristalizador, y otras fuentes de efluentes de aguas residuales inherentes al proceso. La corriente de efluente se transporta durante todo el año hasta al menos una balsa. El licor de purga que sale del cristalizador se almacena normalmente en una o más balsas de relaves (desechos) que usan grandes áreas de terreno. El área de la balsa puede generalmente manejar una profundidad de al menos seis pies (1,83 metros) de alto de efluente, y será normalmente de desde 1 hasta 100 acres (4047 - 405000 m<sup>2</sup>) de área superficial. Durante el verano, se evapora agua de la balsa dando como resultado la cristalización de una sal de sodio (por ejemplo, principalmente carbonato de sodio decahidratado cuando una fuente principal de la corriente de efluente de planta es una purga de cristalizador de monohidrato), que está contaminada con cantidades variables de impurezas, incluyendo silicatos, cloruro de sodio, sulfato de sodio y compuestos orgánicos, siendo el contenido en impurezas en la sal de sodio cristalizada (especialmente cuando es carbonato de sodio decahidratado) generalmente menor que el de la disolución de balsa. En el invierno, se forman cristales mediante cristalización por enfriamiento, y se depositan en el fondo de la balsa sobre la precipitación del verano depositada anteriormente. El proceso de evaporación también concentra la cantidad de cloruro de sodio y otras impurezas en la disolución de balsa. El licor sobrenadante en las balsas llenadas de manera continua tiene normalmente niveles de NaCl de más del 11% en el verano y del 14% en el invierno. Tal depósito de balsa reduce el volumen de balsa total. La profundidad de sólidos puede variar, pero se ha observado una profundidad de sólidos de aproximadamente 1,2 m (4 pies) o más. Hay habitualmente una profundidad de aproximadamente 0,3-0,6 m (1-2 pies) de licor por encima del depósito de balsa. Debido a que el depósito de balsa contiene generalmente una gran parte de carbonato de sodio decahidratado, se denomina generalmente un depósito de "deca". Sin embargo, en la fabricación de ceniza de sosa y/o bicarbonato de sodio, el depósito de balsa puede contener además bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio. Por tanto, un depósito de "deca" en la balsa no sólo contendrá carbonato de sodio decahidratado sino que también contendrá bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio; y el contenido en carbonato de sodio en el sólido de "deca" será generalmente mayor que el contenido en bicarbonato de sodio.

En algunos casos, puede emplearse una serie de balsas, siendo una de ellas una balsa de cristalización en la que se forma un depósito, siendo tal depósito pobre en impurezas. El licor agotado que queda de la balsa de cristalización (sobrenadante por encima del depósito) puede bombearse, drenarse mediante tuberías o mediante rebosamiento a una balsa de aguas madre, en la que también hay una formación de otro depósito, estando cargado tal depósito con impurezas.

La calidad del depósito de balsa puede variar enormemente dentro de una balsa específica y de una balsa a otra. La mayoría de las veces, el depósito de "deca" con la mayor calidad y más fácil de recuperar debido a su "blandura" está ubicado en una sección de la balsa de cristalización en la que se desborda el efluente de planta (que comprende un licor de purga de carbonato de sodio monohidratado) durante el invierno para formar carbonato de

sodio decahidratado mediante cristalización por enfriamiento. Otra sección de la balsa de cristalización puede contener depósito de deca “duro”, que es generalmente de menor calidad y es más difícil de recuperar. Debido a que la balsa de aguas madre se alimenta generalmente mediante una “descarga” desde la balsa de cristalización, tanto el licor de balsa como el depósito de balsa en la balsa de aguas madre tienen contenidos en impurezas muy altos, es decir, mucho mayores que el depósito de la balsa de cristalización. Debido a las diferencias en el nivel de impurezas en tales depósitos, en algunos casos, el depósito formado en la balsa de cristalización puede denominarse depósito “pobre en impurezas”, mientras que el otro depósito formado en la balsa de aguas madre puede denominarse depósito “cargado de impurezas”.

Si el depósito de balsa no se retira de una balsa, eventualmente llena el volumen de balsa disponible hasta que debe producirse un aumento en el volumen de balsa, tal como elevando diques existentes, ampliando la balsa existente, o construyendo una nueva balsa. Será beneficioso recuperar y usar la masa de depósito de balsa de la(s) balsa(s) de relaves, ya que la retirada de esta masa sólida liberará volumen lleno previamente en la(s) balsa(s) de relaves. Puesto que la masa de depósito de balsa recuperada contiene un valioso contenido en carbonato de sodio que en otro caso tendría que explotarse en minería, será beneficioso recircular el sólido de balsa recuperado a un proceso para la fabricación de ceniza de sosa, bicarbonato de sodio y/u otros valiosos productos derivados que contienen sodio (tales como sulfito de sodio).

Sin embargo, se observó que aunque algún depósito de “deca” (depósito “pobre en impurezas”) puede tener un bajo contenido en NaCl y/o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (por ejemplo, menor del 2% en peso), otros depósitos de balsa sí que tienen una cantidad bastante excesiva de NaCl y/o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (por ejemplo, mayor del 2% en peso o incluso mayor del 4% en peso) y no están recuperándose actualmente para reutilizarse debido a que el contenido en cloruro de sodio y/o sulfato de sodio es demasiado alto, lo que provocaría perturbaciones operativas y puede provocar problemas de calidad del producto.

Adicionalmente, los solicitantes han encontrado que la propensión de formación de finos en un producto de ceniza de sosa era incluso mayor cuando se recirculaba un sólido de balsa de “deca” a un proceso de ceniza de sosa tal como disolviéndolo en un medio acuoso para servir como materia prima para el cristizador de carbonato de sodio monohidratado. Se cree que la degradación del producto de ceniza de sosa se debió a la mayor cantidad de impurezas que se arrastran desde el sólido de balsa recuperado. Por ejemplo, se ha encontrado que mientras que un licor de trona calcinada puede contener aproximadamente 70 ppm de sílice, un sólido de balsa de “deca” recuperado puede contener aproximadamente 600 ppm de sílice. Cuando el 10% de la materia prima de cristizador está compuesta por sólido de balsa de “deca” recuperado disuelto, siendo el resto la trona calcinada disuelta, hay casi una duplicación en el nivel de sílice en ppm en la disolución resultante. Por consiguiente, el impacto de impurezas se siente incluso más cuando el sólido de balsa de “deca” recuperado se recircula a la planta de ceniza de sosa como materia prima para cristalización.

Los solicitantes han observado además que la propensión de formación de espuma en el cristizador de carbonato de sodio monohidratado era un problema operativo adicional que era incluso más prominente cuando se recirculaba un sólido de “deca” recuperado de una balsa de cristalización de relaves al proceso de ceniza de sosa para servir como parte de una alimentación de cristizador de monohidrato. Se sospecha que la mayor incidencia de espuma con esta recirculación se debió a compuestos orgánicos solubles en agua que se arrastraron desde el sólido de “deca” recirculado.

Además del proceso de producción de ceniza de sosa, otros procesos que utilizan disoluciones saturadas o casi saturadas que contienen carbonato de sodio como materias primas para preparar productos derivados pueden verse afectados por impurezas solubles en agua presentes en tal disolución, particularmente si una parte de tal disolución contiene un sólido de balsa disuelto tal como un sólido recuperado que comprende carbonato de sodio decahidratado. Ejemplos de tales procesos incluyen un proceso de producción de sulfito de sodio que puede usar una disolución que contiene carbonato de sodio como materia prima para el reactor de sulfito y/o un proceso de producción de bicarbonato de sodio que puede usar una disolución que contiene carbonato de sodio como materia prima para el reactor de bicarbonato. Tal proceso incluye formar bicarbonato o sulfito de sodio mediante reacción de una disolución que contiene carbonato de sodio con gas de dióxido de azufre o dióxido de carbono, respectivamente. Normalmente se forman cristales de sulfito de sodio en un cristizador de sulfito, mientras que los cristales de bicarbonato de sodio se forman normalmente en el reactor de bicarbonato al mismo tiempo que tiene lugar la reacción con CO<sub>2</sub>.

Puesto que la materia prima de carbonato de sodio contiene impurezas solubles en agua, estas impurezas se concentran y precipitan en el proceso de bicarbonato o sulfito de sodio, lo que puede tener un impacto negativo sobre la calidad del producto final. Por ejemplo, existen especificaciones de calidad que limitan la materia insoluble en agua en sulfito de sodio de calidad fotográfica impuestas por la norma ISO 418 Photography- Processing chemicals - Specifications for anhydrous sodium sulfite (“Fotografía – procesamiento de productos químicos – especificaciones para sulfito de sodio anhidro”). La retirada de impurezas antes de que puedan contaminar el producto de sulfito de sodio cristalino final permitirá el proceso de sulfito de sodio que usa trona calcinada disuelta y/o sólido de balsa disuelto (tal como que comprende carbonato de sodio decahidratado) como materia(s) prima(s) de carbonato de sodio para preparar un sulfito de sodio de calidad fotográfica.

El documento US 4044097 da a conocer un proceso para recuperar productos valorizados de sosa de la purga de aguas madre del cristalizador en el proceso de preparación de carbonato de sodio a partir de trona en el que la purga se trata con óxido de magnesio, óxido de aluminio, bauxita, trona calcinada de tamaño de partícula fina, impurezas insolubles obtenidas en un proceso de ceniza de trona, o mezcla de los mismos, la mezcla resultante se evapora hasta sequedad, entonces se calcina y el producto calcinado se lixivia con agua o disolución acuosa de carbonato de sodio para recuperar productos valorizados de carbonato de sodio.

Por tanto resulta evidente que existe la necesidad de un método más eficaz para reutilizar un sólido de desecho en un proceso para formar un producto final que comprende carbonato, bicarbonato y/o sulfito de sodio, pero en el que el desecho contiene impurezas solubles en agua que pueden provocar un impacto negativo sobre la calidad del producto y/o sobre el funcionamiento del proceso. Existe la necesidad de obtener un producto de carbonato de sodio anhidro cristalino menos friable o un sulfito de sodio cristalino de calidad fotográfica o un producto de bicarbonato con un contenido en impurezas reducido de una disolución de materia prima impura que comprende impurezas solubles en agua (por ejemplo, cloruro de sodio, sulfato de sodio, silicatos, compuestos orgánicos) que se originan a partir del sólido de desecho recuperado y/o a partir de mena de trona calcinada. Existe también la necesidad de minimizar los costes operativos reduciendo el tiempo de inactividad para el mantenimiento del equipo que se expone a impurezas (debido a la limpieza de la incrustación). Existe también la necesidad de minimizar la pérdida de productos valorizados de ceniza de sosa recirculando un depósito que contiene sodio cristalino recuperado de una balsa de desechos y que porta impurezas, aunque sin tener un impacto sobre la calidad y el rendimiento del producto de ceniza de sosa vendible o la calidad de otros derivados (por ejemplo, sulfito de sodio, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio) que se preparan a partir de disoluciones que contienen carbonato de sodio, particularmente aquéllas que comprenden el sólido de desecho recirculado. Existe también la necesidad de reducir problemas operativos tales como incrustación del equipo, formación de espuma en el/los cristalizador(es) creada al menos en parte por la reintroducción de impurezas tales como cloruro de sodio, sulfato de sodio, silicatos y/o compuestos orgánicos cuando se recircula un sólido de desecho recuperado de una balsa de relaves y opcionalmente de un cristalizador secundario.

### Sumario de la invención

Para abordar uno o más de los problemas comentados anteriormente, la presente invención incluye la valorización de un sólido de desecho que contiene impurezas solubles en agua usando un método para retirar parte de estas impurezas del sólido (reduciendo de ese modo el contenido en impurezas en los sólidos) antes de alimentar la materia valorizada así formada a un proceso para formar un producto final.

Una primera realización de la presente invención se refiere a un método para reducir el contenido en impurezas solubles en agua que se originan en un sólido de desecho para hacerlo adecuado para su uso como materia prima para un proceso que produce un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, bicarbonato de sodio o sulfito de sodio.

Una segunda realización de la presente invención se refiere a un proceso para preparar un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, u otros derivados, que comprende el método para reducir el contenido en impurezas que se originan en el sólido de desecho.

Tal método de retirada de impurezas aumenta el valor del sólido de desecho volviéndolo más aceptable como alimentación para el proceso, especialmente cuando algunas de estas impurezas solubles en agua presentes en el sólido de desecho pueden tener un impacto negativo sobre la calidad del producto y/o provocan dificultades operativas en el proceso.

Para reducir el contenido en impurezas de tal sólido de balsa (desecho), el método de retirada incluye preferiblemente un método de lixiviación con el sólido de desecho que contiene preferiblemente productos valorizados de sodio, tales como bicarbonato y/o carbonato de sodio en forma anhidra o hidratada. La etapa de lixiviación incluye poner en contacto el sólido de desecho con una disolución o un medio de lixiviación cuyo contenido en impurezas es aproximadamente el mismo o menor que el del sólido de desecho (siendo preferiblemente más pobre en impureza), siendo la etapa de puesta en contacto eficaz para reducir el contenido en al menos una impureza soluble en agua (por ejemplo, cloruro de sodio, sulfato de sodio y/o materia orgánica medida como carbono orgánico total, y opcionalmente uno o más silicatos) en el residuo lixiviado (sólido) y para formar un material lixiviado (líquido) que está generalmente enriquecido en tal impureza. El método puede incluir un proceso en dos etapas: siendo una primera etapa la etapa de lixiviación llevada a cabo con el sólido de balsa (desecho) para reducir el contenido en al menos una primera impureza y para formar un residuo lixiviado y siendo una segunda etapa un tratamiento con magnesio realizado con el residuo lixiviado durante o después de su disolución en un medio acuoso para reducir el contenido en al menos una segunda impureza.

La etapa de lixiviación incluye poner en contacto una masa del sólido de desecho con una disolución o un medio de lixiviación, siendo la etapa de puesta en contacto eficaz para reducir el contenido en al menos una primera impureza soluble en agua (por ejemplo, cloruro de sodio, sulfato de sodio y/o carbono orgánico total) en el residuo lixiviado

(sólido) y para formar un material lixiviado (líquido) que está generalmente enriquecido en tal primera impureza. En la disolución o el medio de lixiviación, el contenido en la primera impureza preferiblemente es aproximadamente el mismo o menor que el del sólido de desecho. La disolución o el medio de lixiviación es preferiblemente más pobre en la primera impureza que el sólido de desecho.

5 La etapa de tratamiento con magnesio puede llevarse a cabo con el residuo lixiviado durante o después de su disolución para formar un licor tratado. Tal tratamiento con magnesio puede comprender añadir un compuesto de magnesio a un licor en el que se disolvió al menos una parte del residuo lixiviado o a un licor en el que está disolviéndose al menos una parte del residuo lixiviado. La etapa de tratamiento con magnesio debe ser eficaz en la  
10 formación de materia insoluble en agua con al menos una parte de una segunda impureza seleccionada del grupo que consiste en uno o más silicatos, compuestos orgánicos, y combinaciones de los mismos y por tanto en la reducción del contenido de la segunda impureza soluble en agua en el licor tratado.

15 El método puede incluir además hacer pasar el licor (o el licor tratado después del tratamiento con magnesio opcional) a través de al menos una unidad de separación para obtener una disolución purificada.

20 La disolución purificada resultante puede servir como al menos una parte de una materia prima para un proceso que produce carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, u otros derivados de sodio cristalinos que pueden obtenerse a partir de una disolución de (bi)carbonato de sodio. Por ejemplo, la disolución purificada (o una parte de la misma) puede hacerse pasar a un reactor y/o un cristizador en condiciones adecuadas para formar un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, sulfito de sodio o bicarbonato de sodio.

25 Una realización particular de la presente invención se refiere a un método para reducir el contenido de impurezas en un sólido de desecho permitiendo de ese modo que se use como alimentación para un proceso que produce carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, u otros derivados cristalinos, comprende las siguientes etapas:

30 - proporcionar una masa de un sólido de desecho que comprende un sólido de balsa recuperado de una balsa de desechos, comprendiendo tal sólido de balsa impurezas seleccionadas del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, materia orgánica, y combinaciones de dos o más de los mismos, comprendiendo además tal sólido de balsa un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos;

35 - poner en contacto la masa de sólido de desecho con una disolución de lixiviación para disolver selectivamente en la disolución de lixiviación al menos una parte de una primera impureza de la masa puesta en contacto para formar un material lixiviado y un residuo lixiviado;

40 - opcionalmente repetir la etapa de puesta en contacto con al menos una parte del material lixiviado durante una cantidad de tiempo predeterminada o hasta que el contenido de la primera impureza en el material lixiviado o en el residuo lixiviado alcance un valor predeterminado;

- recoger el residuo lixiviado;

45 - disolver al menos una parte del residuo lixiviado en un medio acuoso para formar un licor;

50 - opcionalmente llevar a cabo una segunda etapa de retirada de impurezas que comprende realizar un tratamiento con magnesio para formar un licor tratado, comprendiendo tal tratamiento añadir un compuesto de magnesio durante la disolución del residuo lixiviado o añadir un compuesto de magnesio al licor o una parte del mismo después de la disolución del residuo lixiviado para formar materia insoluble en agua con al menos una parte de una segunda impureza, y entonces hacer pasar el licor tratado a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener una disolución purificada; y

55 - en el que al menos una parte del licor o la disolución purificada proporciona una materia prima para un proceso que produce un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, u otros derivados.

60 La primera impureza retirada mediante la etapa de lixiviación y la segunda impureza que se retira opcionalmente mediante el tratamiento con magnesio opcional pueden ser iguales o diferentes. La primera impureza que va a retirarse de la masa comprende preferiblemente cloruro de sodio, sulfato de sodio, o ambos. La segunda impureza que va a retirarse de la masa comprende preferiblemente uno o más silicatos.

65 El sólido de desecho puede comprender o consistir en un depósito de balsa recuperado de una balsa de relaves y/o un sólido recuperado de un cristizador. El sólido de desecho comprende o consiste preferiblemente en un depósito de balsa recuperado de una balsa de relaves. La masa de sólido de desecho puede comprender o puede consistir esencialmente en una masa de un depósito de balsa recuperado de una balsa de desechos, o dos o más masas de

depósito sólidos de balsa recuperados de la misma balsa de desechos o de diferentes balsas de desechos.

El sólido de desecho o sólido de balsa comprende una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, bicarbonato de sodio, carbonato de sodio heptahidratado, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos. El sólido de desecho o sólido de balsa comprende preferiblemente carbonato de sodio (preferiblemente en forma decahidratada), bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, o cualquier combinación de dos o más de los mismos. El sólido de balsa puede comprender carbonato de sodio decahidratado, y su contenido en carbonato de sodio está entre el 5% en peso y el 38% en peso, o puede comprender bicarbonato de sodio en una cantidad de hasta aproximadamente el 40% en peso. En algunas realizaciones cuando la masa de sólido de desecho comprende al menos en parte un sólido recuperado de una balsa de relaves, la masa de sólido de desecho puede comprender además mena explotada en minería (por ejemplo, mena de trona triturada), mena calcinada (por ejemplo, trona calcinada), un sólido recuperado de un cristizador (por ejemplo, producto cristalino que no pasa el control de calidad y/o que puede no ser adecuado para la venta), o cualquier combinación de los mismos. La masa de sólido de desecho que se pone en contacto con la disolución de lixiviación excluye preferiblemente mena explotada en minería o mena calcinada, tal como mena de trona o trona calcinada.

La masa de sólido de desecho puede someterse a una etapa de reducción de tamaño antes de ponerse en contacto con la disolución de lixiviación.

El sólido de desecho o sólido de balsa puede comprender al menos las impurezas primera y segunda. Las impurezas primera y segunda se seleccionan del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, materia orgánica, y combinaciones de dos o más de los mismos. Las impurezas primera y segunda pueden ser iguales, pero preferiblemente son diferentes. La primera impureza que va a retirarse en la primera etapa puede comprender un compuesto seleccionado del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, materia orgánica, y combinaciones de dos o más de los mismos, y la segunda impureza que va a retirarse en la segunda etapa opcional puede comprender un compuesto seleccionado del grupo que consiste en uno o más silicatos, materia orgánica, y combinaciones de los mismos. En realizaciones preferidas, la primera impureza que va a retirarse en la primera etapa puede ser cloruro de sodio, sulfato de sodio, o ambos, y la segunda impureza que va a retirarse en la segunda etapa opcional puede ser uno o más silicatos, materia orgánica, o ambos.

La etapa de puesta en contacto puede comprender al menos una etapa seleccionada del grupo que consiste en:

- lixiviar por percolación;
- suspender la masa de sólido de desecho en forma particulada en la disolución de lixiviación para formar una suspensión espesa;
- hacer que fluya la disolución de lixiviación hacia abajo a través de un lecho compacto de la masa de sólido de desecho;
- inundar un lecho compacto de la masa de sólido de desecho haciendo que fluya la disolución de lixiviación hacia arriba a través del lecho compacto;
- lixiviar a contracorriente en el que la masa de sólido de desecho se mueve en un sentido mientras que la disolución de lixiviación que está en contacto con la masa en movimiento se mueve en el otro sentido; y
- cualquier combinación de dos o más de estas etapas.

La etapa de puesta en contacto comprende preferiblemente lixiviar por percolación.

Lixiviar por percolación puede comprender amontonar la masa de sólido de desecho sobre un sustrato impermeable a los líquidos que está inclinado con respecto a la horizontal; dispersar la disolución de lixiviación a través de un sistema de distribución mediante lo cual la disolución de lixiviación se pulveriza sobre la masa amontonada; y recoger el material lixiviado después de percolación a través de la masa amontonada. El sustrato impermeable a los líquidos está inclinado preferiblemente con respecto a la horizontal en un ángulo igual a o menor que el ángulo de talud natural de la masa de sólido de desecho. El sistema de distribución puede comprender al menos un componente de dispersión de disolución seleccionado del grupo que consiste en boquilla de pulverización, rociador de impacto, tubería perforada, tubería porosa, tubería ranurada, tubería dividida y sistema de irrigación con una pluralidad de componentes de dispersión de disolución.

Lixiviar por percolación puede comprender colocar la masa del sólido de desecho en un recipiente; dispersar la disolución de lixiviación a través de un sistema de distribución cerca o por encima del recipiente mediante lo cual la disolución de lixiviación se pulveriza sobre la masa y pasa hacia abajo a su través; y recoger el material lixiviado después de percolación a través de la masa en el fondo del recipiente.

La disolución de lixiviación tiene preferiblemente un contenido en la (primera) impureza que va a retirarse igual a o menor que el contenido en la (primera) impureza de la masa de sólido de desecho.

5 La disolución de lixiviación puede comprender un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato de sodio, un licor de purga que sale de un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado, un agua de mina, un licor débil, o cualquier combinación de los mismos.

10 El medio acuoso en el que el residuo lixiviado se disuelve para preparar el licor puede ser un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato de sodio, y en el que el licor (o la disolución purificada si se realiza el tratamiento con magnesio) se usa como materia prima en una planta de bicarbonato de sodio que emplea el cristalizador de bicarbonato de sodio.

15 La disolución del residuo lixiviado puede formar un licor no saturado en carbonato de sodio que comprende menos del 20 por ciento de carbonato de sodio.

20 El método puede comprender además hacer pasar el licor a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener una disolución purificada. La etapa de separación puede incluir hacer pasar el licor a través de una unidad de separación seleccionada del grupo que consiste en un clasificador, un espesador, un filtro, cualquier pluralidad de los mismos, y cualquier combinación de los mismos. La etapa de separación incluye preferiblemente hacer pasar el licor a través de un clasificador para retirar parte de la materia insoluble en agua y para recuperar un rebosamiento de clasificador; alimentar el rebosamiento de clasificador a un espesador para retirar materia insoluble en agua adicional; y filtrar el rebosamiento de espesador en una unidad de filtración para proporcionar la disolución purificada.

25 El método puede comprender además disolver trona calcinada en el licor después de disolver el residuo lixiviado o puede comprender además disolver trona calcinada durante la disolución del residuo lixiviado. Cuando se lleva a cabo la segunda etapa de retirada de impurezas, la disolución de trona calcinada puede llevarse a cabo antes o después de la adición del compuesto de magnesio; y se prefiere llevar a cabo la disolución de trona calcinada antes de la separación que retira parte de la materia insoluble en agua del licor tratado. En tales realizaciones, la disolución purificada o el licor resultante puede usarse como materia prima en una planta de ceniza de sosa que emplea un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado.

35 En algunas realizaciones, se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, y la segunda etapa de retirada de impurezas comprende añadir un compuesto de magnesio durante la disolución o al licor o parte del mismo después de la disolución para formar materia insoluble en agua con al menos una parte de una segunda impureza, y hacer pasar el licor tratado a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener una disolución purificada. El compuesto de magnesio comprende o consiste esencialmente en una o más sales de magnesio solubles en agua. El compuesto de magnesio puede comprender o consistir esencialmente en magnesio cloruro. En tal realización, el método incluye una etapa de separación que comprende hacer pasar el licor tratado a través de un clasificador, un espesador, un filtro, cualquier pluralidad de los mismos, y cualquier combinación de los mismos para retirar parte de la materia insoluble en agua para proporcionar la disolución purificada. La etapa de separación incluye preferiblemente hacer pasar el licor tratado a través de un clasificador para retirar parte de la materia insoluble en agua y para recuperar un rebosamiento de clasificador; alimentar el rebosamiento de clasificador a un espesador para retirar materia insoluble en agua adicional; y filtrar el rebosamiento de espesador en una unidad de filtración para proporcionar la disolución purificada.

50 El método puede comprender además formar un depósito de balsa en una balsa de desechos y recuperar al menos una parte del depósito de balsa para proporcionar al menos una parte de la masa de sólido de desecho. La masa recuperada de sólido de balsa puede ser material cristalizado de un desecho líquido que se origina a partir de un proceso y se recicla al mismo proceso después de someterse el sólido de desecho a tal método de retirada de impurezas.

55 Alternativamente, el sólido de desecho puede ser material cristalizado que se origina a partir de un desecho líquido de un primer proceso, y se dirige a un segundo proceso después de someterse al método de retirada de impurezas según la presente invención que vuelve la materia valorizada una materia prima aceptable para el segundo proceso. Por ejemplo, un sólido de desecho que se recupera de una balsa que recibe un efluente de planta de ceniza de sosa y que se somete al método de retirada de impurezas según la presente invención puede usarse como materia prima en la misma planta de ceniza de sosa o puede usarse como materia prima en otro proceso para la producción de bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio o sulfito de sodio. Un sólido de desecho recuperado de una balsa que recibe un efluente de desechos de una planta de producción conjunta (por ejemplo, producción conjunta de ceniza de sosa/bicarbonato de sodio, o de ceniza de sosa/sulfito de sodio, o de ceniza de sosa/bicarbonato de sodio/sulfito de sodio) y que se somete al método de retirada de impurezas según la presente invención puede usarse como materia prima en cualquiera o todos los procesos que preparan ceniza de sosa, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio y/o sulfito de sodio.

65 Lo anterior ha expuesto brevemente de manera bastante amplia las características y ventajas técnicas de la

presente invención para que pueda entenderse mejor la siguiente descripción detallada de la invención. Se describirán a continuación características y ventajas adicionales de la invención en el presente documento que forman el objeto de las reivindicaciones de la invención. Los expertos en la técnica deben apreciar que la concepción y las realizaciones específicas dadas a conocer pueden utilizarse fácilmente como base para modificar o diseñar otras estructuras para llevar a cabo los mismos fines de la presente invención. También deben darse cuenta los expertos en la técnica que tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de los dibujos**

Para una descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención, se hará referencia a continuación a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 ilustra un sistema para un método de lixiviación que incluye una etapa de secado opcional y una recirculación de material lixiviado opcional según la presente invención;

la figura 2a ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un montón de sólido de balsa (desecho) colocado sobre un sustrato impermeable a los líquidos dispuesto sobre un terreno en pendiente y que emplea un sistema de distribución de disolución para pulverizar disolución de lixiviación por encima de la masa según una primera realización de la presente invención;

la figura 2b ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un montón de sólido de balsa (desecho) colocado sobre un sustrato impermeable a los líquidos que está inclinado con respecto a la horizontal y sujetado en un lateral mediante una pared de retención para mantener la masa amontonada en su lugar y que emplea además un sistema de distribución de disolución de lixiviación según una segunda realización de la presente invención;

la figura 2c ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un lecho compacto de sólido de balsa (desecho) colocado en un recipiente sin agitación y que emplea un sistema de distribución de disolución de lixiviación según una tercera realización de la presente invención;

la figura 2d ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un lecho compacto inundado de sólido de balsa (desecho) colocado en un recipiente sin agitación y que emplea un sistema de distribución de disolución de lixiviación que fluye hacia arriba a través del lecho compacto según una cuarta realización de la presente invención;

la figura 2e ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea una masa en movimiento de sólido de balsa (desecho) en un modo a contracorriente con respecto al flujo de disolución de lixiviación según una quinta realización de la presente invención;

la figura 2f ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea una suspensión espesa de una masa de sólido de balsa (desecho) dispersada en la disolución de lixiviación, colocándose la suspensión espesa en un recipiente con agitación y recogándose el material lixiviado mediante una separación líquido/sólido colocada en el interior del recipiente con agitación según una sexta realización de la presente invención;

la figura 2g ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea una suspensión espesa de una masa de sólido de balsa (desecho) dispersada en la disolución de lixiviación, colocándose la suspensión espesa en un recipiente con agitación y recogándose el material lixiviado mediante una separación líquido/sólido colocada en el exterior del recipiente con agitación según una séptima realización de la presente invención;

la figura 2h ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea una masa en movimiento de sólido de balsa (desecho) sobre una cinta transportadora que se pulveriza con la disolución de lixiviación según una octava realización de la presente invención;

la figura 2i ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un montón de sólido de balsa (desecho) y un sistema de rociador para pulverizar disolución de lixiviación por encima del montón, en el que una primera parte del montón de sólidos cuya superficie superior tiene una pendiente descendente hacia un sumidero sirve como soporte para un sustrato impermeable a los líquidos y en el que una segunda parte del montón de sólidos se coloca sobre el sustrato impermeable a los líquidos y se rocía con la disolución de lixiviación, según una novena realización de la presente invención;

la figura 3 ilustra un diagrama de flujo de proceso de una planta de ceniza de sosa según una décima realización de la presente invención, en el que se forma un depósito sólido de balsa (desecho) en una balsa, se recupera una masa sólida de la balsa y se somete a lixiviación para que se reutilice el residuo en la planta de ceniza de sosa para producir carbonato de sodio monohidratado;

la figura 4 ilustra un diagrama de flujo de proceso de un proceso que produce conjuntamente carbonato de sodio y bicarbonato de sodio según una undécima realización de la presente invención, recirculando tal proceso un residuo

lixiviado de una masa sólida que se recupera de un depósito en una balsa de relaves, al proceso de ceniza de sosa;

5 la figura 5 ilustra otro proceso que produce conjuntamente carbonato de sodio y bicarbonato de sodio según una duodécima realización de la presente invención, recirculando tal proceso un residuo lixiviado de una masa sólida que se recupera de un depósito en una balsa de relaves al proceso de bicarbonato de sodio;

10 la figura 6 muestra el diagrama de fases  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$  que representa el contenido en bicarbonato de sodio y carbonato del sólido de balsa (desecho), el residuo lixiviado (sólido), la disolución de lixiviación y el material lixiviado (líquido) según una realización de la presente invención;

la figura 7 ilustra la calidad mejorada en un producto final de ceniza de sosa cuando una disolución que contiene carbonato de sodio se trata con  $\text{MgCl}_2$  cuando se regenera carbonato de sodio decahidratado depositado en y recogido de una balsa de relaves en el proceso de ceniza de sosa;

15 la figura 8 representa el contenido en finos observado en un producto final de ceniza de sosa durante dos estaciones de recirculación de "deca" cuando se recoge un depósito de carbonato de sodio decahidratado de una balsa de relaves y se recircula al proceso de ceniza de sosa, siendo una primera estación de recirculación sin tratamiento con  $\text{MgCl}_2$  y siendo una segunda estación de recirculación con tratamiento con  $\text{MgCl}_2$ ;

20 la figura 9 representa la incidencia de espuma observada en un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado durante las dos estaciones de recirculación de "deca", siendo una sin tratamiento con  $\text{MgCl}_2$  y siendo la otra con tratamiento con  $\text{MgCl}_2$ ; y

25 la figura 10 representa el uso de antiespumante en un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado durante las dos estaciones de recirculación de "deca", siendo una sin tratamiento con  $\text{MgCl}_2$  y siendo la otra con tratamiento con  $\text{MgCl}_2$ .

### Definiciones y nomenclaturas

30 Para los fines de la presente descripción, determinados términos pretenden tener los siguientes significados.

El término "solubilidad" se refiere a la solubilidad en agua de un compuesto en una disolución acuosa o un licor.

35 Los términos "sólido recuperado" o "sólido regenerado" (por ejemplo, carbonato de sodio decahidratado recuperado) pueden usarse de manera intercambiable, y ambos se refieren a un sólido que se excava de una balsa de relaves o se recupera de un cristalizador mecánico (por ejemplo, un cristalizador de decahidrato o bicarbonato).

40 Los términos "deca recuperado" o "deca regenerado" pueden usarse de manera intercambiable, y ambos se refieren a un sólido que comprende carbonato de sodio decahidratado y que se excava de una balsa de relaves o se recupera de un cristalizador de decahidrato mecánico.

45 El término "depósito de deca" en la presente solicitud se refiere a un depósito sólido que comprende carbonato de sodio decahidratado y que se excava de una balsa de relaves (desecho). Tal "depósito de deca" puede comprender además otras sales de sodio tales como bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio.

El término "depósito de balsa" en la presente solicitud se refiere a un depósito en una balsa de relaves (desecho). Tal "depósito de balsa" puede comprender carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio.

50 El término "AT" o "álcali total" tal como se usa en el presente documento se refiere al porcentaje en peso en disolución de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio (expresándose esta última de manera convencional en cuanto a su contenido equivalente en carbonato de sodio). Por ejemplo, una disolución que contiene el 17 por ciento en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y el 4 por ciento en peso de  $\text{NaHCO}_3$  tendría un AT del 19,5 por ciento.

### 55 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

60 Uno de los objetivos de la presente invención es la reducción en el contenido en impurezas de un sólido de desecho mediante un método en dos etapas que emplea una etapa de lixiviación realizada con una masa de sólido de desecho para preparar un residuo lixiviado y una etapa de tratamiento con magnesio llevada a cabo con el residuo lixiviado para producir una disolución purificada que puede usarse como materia prima de cristalizador y/o como reactante para preparar uno o más productos cristalinos que comprenden carbonato de sodio, sulfito de sodio, bicarbonato de sodio, u otros derivados.

65 Otros objetivos incluyen la mejora en la calidad del producto mejorando las condiciones de cristalización y en el aumento del tiempo productivo de cristalización debido a menos problemas operativos debidos a la formación de incrustación y/o formación de espuma provocadas por un contenido demasiado alto en algunas impurezas.

Ha de entenderse que cualquier equipo o etapa o corriente descrito en esta memoria descriptiva en el contexto de una realización de cualquiera de las dos etapas de retirada de impurezas o su combinación según la presente invención puede usarse o intercambiarse en el contexto de otra realización, a menos que se establezca explícitamente de otro modo.

Realizaciones preferidas de la presente invención se refieren a un sistema y un proceso para la producción de carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, otros derivados cristalinos o combinaciones de dos o más de los mismos, en el que un método de lixiviación se lleva a cabo con un sólido de desecho que comprende un sólido de balsa para el fin de retirar (al menos parcialmente) impurezas solubles en agua que se originan a partir del sólido de balsa. Una fuente de tal sólido de balsa puede ser un depósito de balsa que contiene al menos un compuesto de sodio que se recircula al proceso para la producción de carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, otros derivados cristalinos, o combinaciones de dos o más de los mismos. Las impurezas solubles en agua pueden ser cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o diversa materia orgánica.

Formar el sólido de balsa o depósito puede comprender alimentar a la balsa de desechos un efluente de planta (que se considera generalmente como un desecho líquido). La balsa de desechos puede ser una balsa de relaves de cristalización o una balsa de aguas madre tal como se describió anteriormente. El efluente de planta (desecho líquido) comprende generalmente un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio, cualquier hidrato del mismo, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos. El efluente de planta (desecho líquido) comprende generalmente impurezas solubles en agua (generalmente las mismas impurezas solubles en agua que en el sólido de desecho y sólido/depósito de balsa), y comprende además carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio. El efluente de planta que alimenta la balsa de desechos puede comprender o puede consistir en uno o más licores de purga; un agua de mina (por ejemplo, agua de frente largo); agua de depurador de caldera y/o cualquier otro efluente de planta que sea necesario eliminar; o puede comprender o puede consistir en una mezcla que comprende dos o más de estas corrientes. El licor de purga sale preferiblemente de un cristizador (por ejemplo, un cristizador de carbonato de sodio monohidratado, uno de carbonato de sodio decahidratado, un reactor/cristalizador de bicarbonato de sodio, un cristizador de sulfito de sodio). Por "agua de mina" se entiende la disolución en agua que se forma cuando se inyecta agua directamente en un depósito de mena de trona, mediante lo cual, al entrar en contacto con el agua, se disuelve parte de la mena en el agua para formar el agua de mina. Cuando la técnica de minería emplea una técnica de frente largo, el agua de mina puede denominarse "agua de frente largo".

Para la formación de un depósito de balsa cristalino, la balsa de desechos se opera generalmente en condiciones de cristalización adecuadas para preparar al menos una sal de sodio cristalina seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, carbonato de sodio heptahidratado, y combinaciones de dos o más de los mismos, preferiblemente para preparar al menos una sal de sodio cristalina seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y combinaciones de los mismos. Se deposita materia insoluble en el fondo de la balsa para formar el depósito de balsa, y tal sal de sodio cristalina formada proporciona generalmente la mayor parte del depósito de balsa. El depósito que se forma y sedimenta en la balsa puede comprender una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos, pero comprende preferiblemente una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de los mismos.

El sólido de balsa puede recuperarse de una balsa de relaves mediante excavación con una excavadora de oruga u otra maquinaria que pueda romper y/o raspar una parte del depósito de balsa y excavar la masa suelta para someterla a lixiviación. La excavación del sólido de balsa se realiza preferiblemente (sin embargo no necesariamente) después de que se drene el licor sobrenadante de la balsa. La masa recuperada de sólido de balsa puede almacenarse como una o más pilas o montones por encima de depósito de balsa sin excavar, en el banco de la balsa y/o junto a la balsa. La masa recuperada de sólido de balsa puede dejarse en reposo antes de iniciar el método de lixiviación para drenar el licor de balsa en exceso a la balsa.

La masa recuperada de sólido de balsa puede someterse a la intemperie, es decir, se someterá a percolación de agua de lluvia (por lluvia, nieve, granizo) para disolver algunas impurezas, antes o después de que la masa recuperada de sólido de balsa se someta a una etapa de lixiviación que usa una disolución de lixiviación que contiene carbonato y/o bicarbonato de sodio. En algunas realizaciones, la etapa de lixiviación puede comprender o puede consistir en percolación de agua de lluvia para disolver algunas impurezas para proporcionar el residuo lixiviado.

El sólido de desecho que contiene el sólido de balsa puede comprender además un sólido recuperado de un cristizador, tal como un cristizador de decahidrato mecánico. Una planta de ceniza de sosa puede comprender un sistema de recuperación de decahidrato mecánico para permitir la recuperación de al menos una parte de un sólido de carbonato de sodio decahidratado que se depositaría si no en una balsa. Una vez que se recupera una masa de

5 sólido de carbonato de sodio decahidratado del sistema de recuperación de decahidrato mecánico, esta masa de sólido de “deca” puede someterse al método de retirada de impurezas en dos etapas, tal como en silos, en tanques (agitados o no), o en pilas o montones, antes de recircularse; o puede almacenarse, tal como en silos, tanques o pilas o montones, antes de someterse al método de retirada de impurezas en dos etapas, y luego recircularse a la planta que produce ceniza de sosa y/o bicarbonato de sodio.

10 Otra fuente de sólidos (que también puede comprender impurezas solubles en agua) en el sólido de desecho puede ser mena explotada en minería (por ejemplo, trona, nahcolita) o mena calcinada que, en forma disuelta, puede proporcionar materia(s) prima(s) en un proceso que prepara ceniza de sosa, bicarbonato de sodio, u otros productos derivados. La masa de sólido de desecho que se somete a lixiviación contiene preferiblemente menos del 25% en peso o menos del 10% en peso de la mena extraída en minería o calcinada. En algunas realizaciones, cuando el sólido de desecho contiene mena de trona o trona calcinada, la mayoría del sólido de desecho es al menos un sólido de balsa recuperado de una balsa de desechos. Sin embargo, la masa de sólido de desecho excluye preferiblemente mena explotada en minería, tal como mena de trona. Alternativa o adicionalmente, la masa de sólido de desecho excluye mena calcinada, tal como trona calcinada. La masa de sólido de desecho que se somete a lixiviación excluye más preferiblemente trona explotada en minería y trona calcinada.

20 El sólido de desecho o sólido de balsa puede comprender carbonato de sodio, cualquier hidrato del mismo, sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio, o mezclas de los mismos. La masa de sólido de desecho comprende preferiblemente carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, o cualquier mezcla de los mismos. El sólido de desecho o sólido de balsa comprende más preferiblemente carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, o cualquier mezcla de los mismos. En algunas realizaciones, el sólido de desecho o sólido de balsa comprende carbonato de sodio decahidratado, y opcionalmente un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidratado, sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio, y combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, el sólido de desecho o sólido de balsa comprende bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio, y opcionalmente un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidratado, carbonato de sodio decahidratado, y combinaciones de los mismos.

30 El sólido de desecho o sólido de balsa puede comprender una impureza seleccionada del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, materia orgánica (medida como COT), uno o más silicatos, y combinaciones de los mismos.

35 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener en promedio al menos el 2 por ciento en peso (% en peso) de NaCl, o en promedio al menos el 4% en peso de NaCl. El contenido en NaCl en la masa de sólido de desecho puede ser de hasta el 16% en peso.

40 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener en promedio al menos el 1,5% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o al menos el 2% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la masa de sólido de desecho puede ser de hasta el 5% en peso.

El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener en promedio al menos 500 ppm en COT, o al menos 700 ppm en COT. El contenido en COT en la masa de sólido de desecho puede ser de hasta 2.000 ppm.

45 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener en promedio al menos 200 ppm de Si (contado como sílice), o en promedio al menos 250 ppm de Si. El contenido en Si en la masa de sólido de balsa (desecho) puede ser de hasta 2800 ppm de Si.

50 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener al menos el 5% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, o al menos el 10% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. La masa de sólido de balsa (desecho) puede contener en promedio desde el 5% en peso hasta el 40% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. La masa de sólido de balsa (o desecho) contiene preferiblemente en promedio desde el 14% en peso hasta el 38% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> o puede contener en promedio desde el 5% en peso hasta el 15% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

55 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener hasta el 40% en peso de NaHCO<sub>3</sub>, o hasta el 20% en peso de NaHCO<sub>3</sub> o en promedio hasta el 15% en peso de NaHCO<sub>3</sub>, o en promedio hasta el 10% en peso de NaHCO<sub>3</sub>. La masa de sólido de balsa (o desecho) contiene preferiblemente en promedio hasta el 6% en peso de NaHCO<sub>3</sub> o en promedio hasta el 5% en peso de NaHCO<sub>3</sub>. La masa de sólido de balsa (o desecho) puede contener al menos el 2% en peso de NaHCO<sub>3</sub>.

60 El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener al menos el 5% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y NaHCO<sub>3</sub> combinados. El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener como máximo el 50% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y NaHCO<sub>3</sub> combinados. El sólido de desecho o sólido de balsa puede contener en promedio desde el 5% en peso hasta el 45% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y NaHCO<sub>3</sub> combinados. El sólido de desecho o sólido de balsa contiene preferiblemente en promedio desde el 14% en peso hasta el 44% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y NaHCO<sub>3</sub> combinados o en promedio desde el 5% en peso hasta el 22% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y NaHCO<sub>3</sub> combinados.

La masa de sólido de desecho puede someterse a una etapa de reducción de tamaño antes de ponerse en contacto con la disolución de lixiviación. La masa de sólido de desecho está normalmente en forma particulada (por ejemplo, trozos o pedazos de forma irregular). La reducción de tamaño puede incluir trituración en húmedo o molienda o aplastado. En algunas realizaciones, la masa de sólido de desecho está en forma particulada con un tamaño promedio de 5 cm (aproximadamente 2 pulgadas) o menos o con un tamaño promedio de 2,5 cm (aproximadamente 1 pulgada) o menos. Cuanto menor es el tamaño del sólido de desecho particulado, mayor es el área superficial proporcionada para la lixiviación. La misma etapa de reducción de tamaño es aplicable a una masa recuperada de depósito de balsa y otras fuentes del sólido de desecho, y puede continuarse con cada fuente por separado o después de combinarse para proporcionar la masa de sólido de desecho.

En cualquiera de o todas las realizaciones de la presente invención, la disolución de lixiviación tiene preferiblemente un contenido en la primera impureza (que va a retirarse) igual a o menor que el contenido en impureza del sólido de desecho o depósito de balsa.

En cualquiera de o todas las realizaciones de la presente invención, la disolución de lixiviación puede comprender o consistir esencialmente en una fuente seleccionada del grupo que consiste en un licor de purga que sale de un cristalizador, un agua de mina (por ejemplo, agua de frente largo), agua de depurador de caldera, otras fuentes de efluentes de planta, agua dulce, agua de lluvia, y cualquier combinación de dos o más de los mismos, en la que las otras fuentes de efluente de planta son inherentes a una planta que prepara carbonato de sodio, bicarbonato, sulfito, o combinaciones de los mismos. El licor de purga puede salir de un cristalizador que produce carbonato de sodio, cualquier hidrato del mismo (prefiriéndose el monohidrato), o bicarbonato de sodio. El licor de purga puede salir de dos o más cristalizadores, produciendo al menos un cristalizador carbonato de sodio o un hidrato del mismo (prefiriéndose el monohidrato) y produciendo el otro cristalizador bicarbonato de sodio. Cualquiera de las fuentes de disolución de lixiviación anteriores puede excluirse de esta lista. La disolución de lixiviación puede comprender o consistir esencialmente en un licor de purga que sale de un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado. Alternativamente, la disolución de lixiviación puede comprender o consistir esencialmente en un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato de sodio. Por motivos prácticos, la disolución de lixiviación puede comprender o consistir esencialmente en un efluente de una planta que produce ceniza de sosa, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio y/o sulfito de sodio, comprendiendo el efluente de planta una mezcla de al menos dos de las siguientes corrientes: uno o más licores de purga que salen de uno o más cristalizadores, agua de mina y/o agua de depurador de caldera.

La etapa de puesta en contacto puede comprender lixiviación por percolación en la que la disolución de lixiviación se hace pasar de manera descendente a través de la masa de sólido de desecho. La etapa de puesta en contacto puede comprender adicional o alternativamente lixiviar en una suspensión espesa en la que la masa de sólido de desecho se compacta, dispersa o suspende o inunda en la disolución de lixiviación.

Cuando la etapa de puesta en contacto comprende lixiviar por percolación en montones, la puesta en contacto puede llevarse a cabo mediante percolación, en la que la disolución de lixiviación se hace pasar a través de un montón sólido. La disolución de lixiviación se distribuye generalmente (por ejemplo, se pulveriza o se rocía) sobre el montón (pila) de masa de sólido de desecho y fluye hacia abajo impulsada por la gravedad a través del montón. El método puede comprender amontonar la masa de sólido de desecho sobre un sustrato impermeable a los líquidos que está inclinado con respecto a la horizontal (ya esté colocado sobre un terreno en pendiente de manera natural o esté colocado sobre una estructura en pendiente de manera artificial); dispersar la disolución de lixiviación a través de un sistema de distribución mediante lo cual la disolución de lixiviación se pulveriza sobre la masa amontonada; y recoger el material lixiviado en o cerca del fondo del sustrato inclinado después de percolación a través de la masa amontonada. El sustrato impermeable a los líquidos está inclinado preferiblemente con respecto a la horizontal en un ángulo -  $\alpha$  igual a o menor que el ángulo de talud natural de la masa de sólido de desecho, o siendo -  $\alpha$  como máximo de 45 grados, o como máximo de 30 grados. El sistema de distribución comprende preferiblemente al menos un componente de dispersión de disolución seleccionado del grupo que consiste en boquilla, cabezal rociador, tubería perforada, tubería porosa, tubería ranurada, tubería dividida, y cualquier combinación de los mismos. El sistema de distribución puede comprender un sistema de irrigación o rociado con una pluralidad de componentes de dispersión de disolución.

La lixiviación por percolación puede comprender alternativamente colocar la masa del sólido de desecho para formar un lecho compacto en un recipiente; dispersar la disolución de lixiviación en el interior del recipiente anterior o por encima del lecho compacto a través de un sistema de distribución mediante lo cual la disolución de lixiviación se pulveriza sobre la masa y se mueve hacia abajo a través del lecho compacto a medida que al menos una impureza se disuelve en la disolución que se va enriqueciendo progresivamente con tal impureza; y recoger el material lixiviado después de percolación a través del lecho compacto en el fondo del recipiente. El sistema de distribución puede comprender al menos un componente de dispersión de disolución seleccionado del grupo que consiste en boquilla, cabezal de pulverización, tubería perforada, tubería porosa, tubería ranurada, y cualquier combinación de los mismos.

La puesta en contacto en el método de lixiviación puede llevarse a cabo mediante inundación de un lecho compacto

de masa de sólido recuperado, en la que la disolución de lixiviación está fluyendo hacia arriba a través del lecho compacto.

5 La puesta en contacto en el método de lixiviación puede llevarse a cabo mediante lixiviación a contracorriente en la que la masa de sólido de desecho se mueve en un sentido mientras que la disolución de lixiviación que está en contacto con la masa en movimiento fluye en un otro sentido (generalmente pero no necesariamente en sentido opuesto).

10 La puesta en contacto en el método de lixiviación puede llevarse a cabo mediante la formación de una suspensión espesa, en la que partículas divididas de sólido de desecho se dispersan en la disolución de lixiviación. En la suspensión espesa, la masa de sólido de desecho está preferiblemente en forma particulada de tamaño promedio de menos de 2,5 cm (aproximadamente 1 pulgada).

15 La puesta en contacto en el método de lixiviación puede ser un proceso de paso único o un proceso repetitivo en el que al menos una parte del material lixiviado se recircula y se pone en contacto de nuevo con la masa de sólido recuperado.

20 El método de percolación puede llevarse a cabo en un modo discontinuo en el que la masa de sólido de desecho se coloca en primer lugar en un recipiente o por encima de un sustrato impermeable a los líquidos; entonces se pone en contacto con el medio de lixiviación en un lecho compacto o un montón, se drena de material lixiviado, y finalmente se retira del recipiente o el sustrato impermeable a los líquidos, para dejar espacio para un nuevo lote de sólido de desecho.

25 En cualquiera de o todas las realizaciones, el método de lixiviación puede llevarse a cabo a una temperatura de entre 0°C y 40°C. El método de lixiviación debe llevarse a cabo durante al menos 30 minutos, o puede llevarse a cabo durante al menos 1 hora. El método de lixiviación debe llevarse a cabo durante 2 días o menos.

30 El método de lixiviación puede llevarse a cabo de manera eficaz para disolver selectivamente al menos una primera impureza seleccionada del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, materia orgánica (medida como carbono orgánico total), y combinaciones de dos o más de los mismos. El método de lixiviación puede ser eficaz en cuanto a que se proporciona un residuo lixiviado con un contenido en COT, cloruro de sodio, o sulfato de sodio al menos el 40% menor que el de la masa de sólido de desecho antes del contacto. Adicional o alternativamente, el método puede ser eficaz en cuanto a que se proporciona al menos el 80% de reducción en el contenido en cloruro de sodio y/o en el contenido en sulfato de sodio.

35 En cualquiera de o todas las realizaciones, el método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en NaCl y/o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado en al menos el 40%, o en al menos el 50%, o en al menos el 80% o en al menos el 90%. El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en NaCl y/o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado en menos del 99%, o en el 95% o menos. Por ejemplo, la reducción del contenido en NaCl en el residuo lixiviado puede variar desde aproximadamente el 50% hasta aproximadamente el 95%. La reducción del contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado puede variar desde aproximadamente el 50% hasta aproximadamente el 90%.

45 El contenido de otras impurezas tales como silicatos puede reducirse también mediante lixiviación, aunque a una menor eficacia que el cloruro de sodio y sulfato de sodio. Una reducción en el contenido en silicatos (cuando los silicatos son una primera impureza) puede obtenerse en el residuo lixiviado generalmente cuando el contenido en Si en la disolución de lixiviación es igual a o preferiblemente menor que el del sólido de desecho (depósito de balsa) que se somete a lixiviación. Situaciones adecuadas para la retirada de uno o más silicatos mediante lixiviación serían, por ejemplo: a) cuando la disolución de lixiviación es bastante pobre en el contenido en Si, normalmente con un contenido de menos de 80 ppm de Si (por ejemplo, agua de frente largo o de mina, agua de lluvia), o b) cuando el sólido de desecho (depósito de balsa) que se somete al presente método de lixiviación es un sólido de balsa recuperado de una balsa de cristalización (normalmente con un contenido en Si de 600 ppm de Si o más).

50 El residuo lixiviado tiene preferiblemente un menor contenido en NaCl que el sólido de desecho antes de la lixiviación. El residuo lixiviado puede contener en promedio como máximo el 4% en peso de NaCl, o en promedio como máximo el 2,7% en peso de NaCl, o en promedio como máximo el 2% en peso de NaCl, o en promedio como máximo el 1% en peso de NaCl. El contenido en NaCl en el residuo lixiviado puede ser de tan sólo el 0,1% en peso.

60 El residuo lixiviado preferiblemente también tiene un menor contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que el sólido de desecho antes de la lixiviación. La masa de residuo lixiviado puede contener en promedio como máximo el 2,4% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o en promedio como máximo el 2% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o en promedio como máximo el 1,5% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o en promedio como máximo el 1% en peso de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado puede ser de tan sólo el 0,1% en peso.

65 El residuo lixiviado preferiblemente también tiene un menor contenido en COT que el sólido de desecho antes de la lixiviación. El residuo lixiviado puede contener en promedio como máximo 1.400 ppm en COT, o como máximo 1.100

ppm en COT. El contenido en COT en el residuo lixiviado puede ser de tan sólo 500 ppm, y es generalmente de al menos 150 ppm.

5 El residuo lixiviado puede contener en promedio desde el 10% en peso hasta el 38% en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , y contiene preferiblemente en promedio desde el 14% en peso hasta el 38% en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

10 El residuo lixiviado puede contener en promedio hasta el 40% en peso de  $\text{NaHCO}_3$  o en promedio hasta el 20% en peso de  $\text{NaHCO}_3$ . El residuo lixiviado contiene preferiblemente en promedio desde el 3% en peso hasta el 18% en peso de  $\text{NaHCO}_3$ , más preferiblemente contiene en promedio desde el 5% en peso hasta el 15% en peso de  $\text{NaHCO}_3$ .

15 El residuo lixiviado puede contener en promedio al menos el 10% en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$  combinados. El residuo lixiviado puede contener en promedio como máximo el 58% en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$  combinados. El residuo lixiviado contiene preferiblemente en promedio desde el 13% en peso hasta el 43% en peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$  combinados.

El método puede incluir recoger el residuo lixiviado.

20 El método puede incluir además disolver al menos una parte del residuo lixiviado en un medio acuoso para formar un licor. El medio acuoso en el que se disuelve el residuo lixiviado puede ser una disolución no saturada que contiene carbonato de sodio, por ejemplo un licor débil o una disolución saturada o casi saturada que contiene carbonato de sodio, por ejemplo una purga de cristalizador o un licor en el que se disuelve trona calcinada. La disolución de la al menos una parte del residuo lixiviado en el medio acuoso puede llevarse a cabo al mismo tiempo o en la misma disolución que la disolución de trona calcinada. En realizaciones preferidas, el residuo lixiviado o una parte del mismo se disuelve en primer lugar para formar el licor, y entonces se disuelve la trona calcinada en el licor resultante.

25 El licor resultante obtenido después de la disolución puede ser saturado o casi saturado en carbonato de sodio, es decir, que comprende más del 20%, o más del 25% de carbonato de sodio. El licor saturado o casi saturado que contiene al menos en parte el residuo lixiviado disuelto también puede contener trona calcinada disuelta.

30 El licor resultante obtenido después de la disolución del residuo lixiviado puede ser una disolución no saturada que contiene carbonato de sodio que comprende menos del 20 por ciento de carbonato de sodio, o entre el 5 por ciento y el 15 por ciento de carbonato de sodio.

35 Opcionalmente el método para retirar impurezas puede incluir además realizar una segunda etapa para la retirada adicional de impurezas. Esta segunda etapa opcional incluye preferiblemente un tratamiento con magnesio para formar un licor tratado. El tratamiento con magnesio puede llevarse a cabo durante la disolución del residuo lixiviado o puede llevarse a cabo (después de la disolución) con el licor que comprende el residuo lixiviado disuelto. El tratamiento con magnesio comprende añadir un compuesto de magnesio al residuo lixiviado que está disolviéndose o disuelto para formar materia insoluble en agua con al menos una parte de una segunda impureza.

40 El método puede incluir además hacer pasar el licor tratado a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener la disolución purificada. La etapa de separación en el método puede generar una corriente de licor débil que puede proporcionar al menos una parte del medio acuoso en el que se disuelve el residuo lixiviado para formar el licor que se trata entonces con magnesio. La etapa de separación incluye preferiblemente hacer pasar el licor tratado a través de un clasificador para retirar parte de la materia insoluble en agua y para recuperar un rebosamiento de clasificador; alimentar el rebosamiento de clasificador a un espesador para retirar materia insoluble en agua adicional; y filtrar el rebosamiento de espesador para proporcionar la disolución purificada.

45 Al menos una parte de la disolución purificada puede proporcionar al menos una parte de una alimentación de cristalizador para un proceso que produce un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, sulfito de sodio o bicarbonato de sodio.

50 Cuando se lleva a cabo la segunda etapa, la etapa de tratamiento con magnesio es generalmente eficaz en la retirada de al menos una parte de una segunda impureza que puede ser diferente a o igual que la primera impureza que se retira mediante la etapa de lixiviación.

55 Ambas etapas de retirada de impurezas pueden ser eficaces en la reducción del contenido de materia orgánica, en cuyo caso la segunda impureza y la primera impureza (materia orgánica) retiradas mediante el método son iguales.

60 El método puede comprender además disolver trona calcinada con el licor que contiene el residuo lixiviado o parte del mismo antes de o durante o después del tratamiento con magnesio opcional, pero antes de la etapa de separación.

65

Cuando el medio acuoso (usado para disolver el residuo lixiviado) es una disolución no saturada que contiene carbonato de sodio por ejemplo un licor débil, en tal realización la disolución purificada puede usarse como materia prima en una planta de ceniza de sosa que emplea un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado.

5 Cuando el medio acuoso (usado para disolver el residuo lixiviado) es un licor de purga que sale de un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado, en tal realización la disolución purificada puede usarse como materia prima para un cristalizador de bicarbonato de sodio.

10 Cuando el residuo lixiviado que comprende bicarbonato de sodio se disuelve en un medio acuoso, el licor resultante puede proporcionar una materia prima para el reactor/cristalizador de bicarbonato de sodio.

15 El licor puede comprender además trona calcinada disuelta, en el que la disolución de trona calcinada tiene lugar en el medio acuoso antes de o durante el tratamiento con magnesio opcional; o en el que la disolución de trona calcinada tiene lugar en al menos una parte del licor tratado después del tratamiento con magnesio opcional.

20 El tratamiento opcional con el compuesto de magnesio puede llevarse a cabo con el licor que es no saturado en carbonato de sodio y comprende menos del 20 por ciento de carbonato de sodio. Alternativa o adicionalmente, el tratamiento opcional con el compuesto de magnesio puede llevarse a cabo con el licor que es saturado o casi saturado en disolución de carbonato de sodio y comprende el 20 por ciento o más de carbonato de sodio.

25 En cualquiera de o todas las realizaciones de la presente invención, el tratamiento con magnesio opcional puede llevarse a cabo en un único punto de adición aguas arriba de un cristalizador que prepara carbonato de sodio monohidratado, bicarbonato de sodio o sulfito de sodio; o el tratamiento con magnesio puede llevarse a cabo en dos o más puntos aguas arriba de tal cristalizador en el proceso para la preparación de carbonato de sodio, bicarbonato de sodio o sulfito de sodio cristalinos.

30 Cuando el método comprende realizar una etapa de tratamiento con magnesio añadiendo un compuesto de magnesio a un primer licor que comprende el residuo lixiviado disuelto o parte de los mismos, el método puede comprender además realizar una etapa de tratamiento con magnesio complementaria añadiendo un compuesto de magnesio complementario a un segundo licor, en el que el compuesto de magnesio complementario puede ser igual o diferente al compuesto de magnesio usado para tratar el primer licor. El primer licor puede ser no saturado en carbonato de sodio, mientras que el segundo licor puede ser saturado o casi saturado en carbonato de sodio.

35 En cualquiera de o todas las realizaciones de la presente invención cuando se realiza la segunda etapa, la adición del compuesto de magnesio puede llevarse a cabo con una cantidad eficaz de magnesio con respecto a Si presente en el licor que está tratándose de modo que se forme silicato de magnesio insoluble en agua. La cantidad eficaz puede estar en una cantidad estequiométrica o inferior a la estequiométrica o superior a la estequiométrica de magnesio con respecto a la cantidad de Si presente en el licor que está tratándose.

40 En cualquiera de o todas las realizaciones cuando se realiza la segunda etapa, el tratamiento con el compuesto de magnesio puede llevarse a cabo a una temperatura de entre 20°C y 90°C. El tratamiento con el compuesto de magnesio debe llevarse a cabo durante al menos 5 minutos, o puede llevarse a cabo durante al menos 20 minutos. El tratamiento con el compuesto de magnesio puede llevarse a cabo de manera eficaz para dispersar el compuesto de magnesio en el licor, tal como con agitación.

45 En cualquiera de o todas las realizaciones cuando se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, el tratamiento con el compuesto de magnesio puede ser eficaz en la reducción del contenido en Si en al menos el 4%, o al menos el 10% o al menos el 15% o al menos el 20%. El tratamiento con el compuesto de magnesio puede ser eficaz en la reducción del contenido en Si en menos del 100%, en el 95% o menos. Por ejemplo, la reducción en Si en el licor tratado puede variar desde aproximadamente el 20% hasta aproximadamente el 95%.

50 En algunas realizaciones cuando se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, el tratamiento con magnesio puede ser eficaz en la consecución de un contenido de menos de 100 ppm de Si, o 90 ppm de Si o menos, o 75 ppm de Si o menos, o incluso 50 ppm de Si o menos, en el licor tratado o en la alimentación que entra en un cristalizador y/o un reactor.

55 En realizaciones alternativas cuando se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, el tratamiento con magnesio puede ser eficaz en la consecución de un contenido de una alimentación destinada a un cristalizador de bicarbonato de sodio de al menos 100 ppm de Si (contado como sílice), preferiblemente al menos 250 ppm, o al menos 500 ppm. No obstante, tal alimentación de cristalizador puede contener no más de 1.500 ppm de Si, preferiblemente no más de 1.000 ppm de Si, o más preferiblemente no más de 700 ppm de Si.

60 El compuesto de magnesio usado en la segunda etapa de retirada de impurezas puede comprender o consistir esencialmente en una o más sales de magnesio solubles en agua, comprende preferiblemente o consiste esencialmente en cloruro y/o sulfato de magnesio. Alternativamente, el compuesto de magnesio puede comprender o consistir esencialmente en uno o más compuestos de magnesio insolubles en agua, tales como que comprenden o

- que consisten esencialmente en hidróxido, óxido, carbonato de magnesio, y/o combinaciones de los mismos. Los compuestos de magnesio adecuados (aunque no limitativos) incluyen óxido de magnesio, hidróxido de magnesio, nitrato de magnesio, sulfato de magnesio, sulfito de magnesio, sulfuro de magnesio, carbonato de magnesio, clorato de magnesio, perclorato de magnesio, cloruro de magnesio, cualquier forma anhídrica o hidratada de los mismos, o
- 5 cualquier combinación de dos o más de los mismos. Cualquiera de los compuestos de magnesio anteriores puede excluirse de esta lista. En algunas realizaciones del método, el compuesto de magnesio puede excluir óxido de magnesio. En realizaciones preferidas, el compuesto de magnesio incluye al menos cloruro de magnesio y opcionalmente otros. En realizaciones más preferidas, el compuesto de magnesio es cloruro de magnesio
- 10 En algunas realizaciones del método, el tratamiento con el compuesto de magnesio se lleva a cabo preferiblemente con el compuesto de magnesio al menos parcialmente disuelto o completamente disuelto en agua. Puede usarse más de un compuesto de magnesio en el tratamiento con magnesio. Cuando el tratamiento con magnesio emplea dos o más compuestos de magnesio, al menos uno de los compuestos de magnesio es soluble en agua y se disuelve en agua cuando se añade durante el tratamiento con magnesio. Cuando se usan dos o más compuestos de
- 15 magnesio para el tratamiento, pueden usarse en el mismo punto de adición o pueden usarse en dos o más puntos de adición. En realizaciones preferidas, el compuesto de magnesio se añade en forma de una disolución de cloruro de magnesio.
- El tratamiento con el compuesto de magnesio puede llevarse a cabo añadiendo al menos un compuesto de
- 20 magnesio que está en forma particulada seca o se disuelve, dispersa, o forma una suspensión espesa en agua.
- El tratamiento con magnesio puede comprender al menos una de las siguientes etapas seleccionadas del grupo que consiste en
- 25 - añadir el compuesto de magnesio en un conducto a través del que fluye el licor que comprende el residuo lixiviado disuelto;
- añadir el compuesto de magnesio a un aparato de disolución, usándose el aparato de disolución para fundir y/o
- 30 disolver el residuo lixiviado;
- añadir el compuesto de magnesio a un espesador que comprende residuo lixiviado disuelto o a un rebosamiento que sale del espesador;
- 35 - añadir el compuesto de magnesio a una corriente de licor débil que comprende residuo lixiviado disuelto;
- añadir el compuesto de magnesio a un tanque de licor débil, comprendiendo el tanque de licor débil residuo
- 40 lixiviado disuelto y un licor débil que sale de un espesador;
- añadir el compuesto de magnesio a un tanque de lixiviación, usándose el tanque de lixiviación para disolver trona calcinada con al menos una parte del licor que comprende el residuo lixiviado disuelto;
- añadir el compuesto de magnesio a un licor saturado o casi saturado que comprende residuo lixiviado disuelto y trona calcinada disuelta;
- 45 - añadir el compuesto de magnesio a un clasificador o a un rebosamiento que sale del clasificador;
- añadir el compuesto de magnesio a un licor de purga de bicarbonato que comprende residuo lixiviado disuelto;
- añadir el compuesto de magnesio a un licor de material centrifugado que se extrae de un cristizador de carbonato
- 50 de sodio monohidratado y se separa de los cristales; y
- cualquier combinación de dos o más de estas etapas.
- Aunque el tratamiento con magnesio puede incluir añadir el compuesto de magnesio a un licor de material
- 55 centrifugado que contiene residuo lixiviado disuelto y que se dirige a un cristizador de monohidrato, esta etapa no se prefiere, puesto que se añadiría magnesio en el producto final y puede dar como resultado la formación de compuestos insolubles en agua donde producirán el mayor daño al intercambiador de calor del cristizador. Si el tratamiento con magnesio incluye añadir el compuesto de magnesio a un licor de material centrifugado, puede realizarse una etapa de separación (tal como filtración) con la corriente de licor de material centrifugado tratado para
- 60 retirar los compuestos insolubles en agua resultantes de tal tratamiento con magnesio antes de que se alimente el licor de material centrifugado purificado resultante al cristizador de monohidrato.
- En algunas realizaciones, el tratamiento con magnesio excluye preferiblemente añadir un compuesto de magnesio al cristizador de carbonato de sodio monohidratado para el fin de retirar impurezas tales como silicatos y/o la
- 65 formación de espuma que provocan compuestos orgánicos presentes en la alimentación de cristizador.

Según una realización en la que sólo se lleva a cabo la primera etapa de retirada de impurezas, el método comprende disolver el residuo lixiviado o una parte del mismo en el medio acuoso para formar un primer licor que es no saturado en carbonato de sodio; y formar un segundo licor disolviendo trona calcinada en al menos una parte del primer licor, siendo tal segundo licor saturado o casi saturado en carbonato de sodio. El método puede comprender además realizar al menos una de las etapas de cristalización:

- hacer pasar una primera alimentación de cristizador que comprende al menos una parte del segundo licor a través de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado en condiciones que fomentan la cristalización para formar cristales de carbonato de sodio monohidratado;

- hacer pasar al menos una parte del segundo licor que comprende carbonato de sodio a una planta de sulfito de sodio en la que se hace reaccionar carbonato de sodio con dióxido de azufre para formar una corriente que contiene sulfito de sodio y entonces hacer pasar una segunda alimentación de cristizador que comprende al menos una parte de la corriente que contiene sulfito de sodio a través de un cristizador de sulfito de sodio en condiciones que fomentan la cristalización adecuadas para formar cristales de sulfito de sodio;

- hacer pasar una tercera alimentación de cristizador que comprende al menos una parte del segundo licor y/o al menos una parte de un licor de purga que comprende carbonato de sodio a través de un cristizador de bicarbonato de sodio en condiciones que fomentan la cristalización que comprenden hacer pasar dióxido de carbono para formar cristales de bicarbonato de sodio, opcionalmente la purga o aguas madre que salen de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado.

Según una realización con una eliminación de impurezas en dos etapas, el método comprende disolver el residuo lixiviado o una parte del mismo en el medio acuoso para formar un primer licor que es no saturado en carbonato de sodio; formar un segundo licor disolviendo trona calcinada en al menos una parte del primer licor, siendo tal segundo licor saturado o casi saturado en carbonato de sodio; realizar un tratamiento con magnesio añadiendo un compuesto de magnesio a al menos una parte del primer licor o a al menos una parte del segundo licor o a ambos para formar materia insoluble en agua (precipitados y/o complejos) con al menos una parte de la segunda impureza (preferiblemente uno o más silicatos); y entonces hacer pasar el segundo licor (saturado o casi saturado), al menos una parte del cual se ha tratado con magnesio, a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener la disolución purificada. El método puede comprender además realizar al menos una de las etapas de cristalización:

- hacer pasar una primera alimentación de cristizador que comprende al menos una parte de la disolución purificada a través de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado en condiciones que fomentan la cristalización para formar cristales de carbonato de sodio monohidratado;

- hacer pasar al menos una parte de la disolución purificada que comprende carbonato de sodio a una planta de sulfito de sodio en la que se hace reaccionar carbonato de sodio con dióxido de azufre para formar una corriente que contiene sulfito de sodio y entonces hacer pasar una segunda alimentación de cristizador que comprende al menos una parte de la corriente que contiene sulfito de sodio a través de un cristizador de sulfito de sodio en condiciones que fomentan la cristalización adecuadas para formar cristales de sulfito de sodio;

- hacer pasar una tercera alimentación de cristizador que comprende al menos una parte de la disolución purificada y/o al menos una parte de un licor de purga que comprende carbonato de sodio a través de un cristizador de bicarbonato de sodio en condiciones que fomentan la cristalización que comprenden hacer pasar dióxido de carbono para formar cristales de bicarbonato de sodio, opcionalmente saliendo dicha purga o aguas madre de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado.

El método puede incluir además recuperar y secar los cristales que comprenden carbonato de sodio o que comprenden sulfito de sodio o que comprenden bicarbonato de sodio para formar un producto final.

Para una planta de ceniza de sosa, el presente método es útil en la minimización del mantenimiento del equipo particularmente del intercambiador de calor del cristizador.

La presente invención es particularmente ventajosa para minimizar la friabilidad del producto de ceniza de sosa cuando un sólido regenerado que comprende carbonato de sodio decahidratado cristalino, generalmente formado a partir de una corriente de purga de cristizador en una balsa o un cristizador de decahidrato, se recircula en la planta de producción de ceniza de sosa para producir producto adicional vendible sin sacrificar la calidad del producto. La reducción de la friabilidad de la ceniza de sosa no sólo es beneficiosa para el dimensionamiento del producto y los clientes, sino que también aumenta la capacidad de producción ya que algunos de estos cristales rotos (finos) llegan a recircularse de vuelta al cristizador o bien como disolución o bien como cristales. Si se retiran finos del producto final y se disuelven en agua o una disolución de licor débil, es necesario recristalizarlos y secarlos, estas dos etapas provocan una reducción de la capacidad; o si se recirculan finos en forma de cristales, se rehidratarán y será necesario secarlos provocando una reducción de la capacidad.

Para una producción de sulfito de sodio, la presente invención es también ventajosa para producir un producto de sulfito de sodio cristalino con un contenido en impurezas reducido dando como resultado una calidad mejorada.

5 En algunas realizaciones de un proceso para producir sulfito de sodio cristalino, el método puede incluir hacer reaccionar al menos una parte del licor con residuo lixiviado disuelto o la disolución purificada (después de la separación) con dióxido de azufre para formar una corriente de sulfito de sodio; hacer pasar la corriente de sulfito de sodio a través de un cristizador en condiciones que fomentan la cristalización adecuadas para formar cristales de sulfito de sodio; y secar los cristales para formar un producto final de sulfito de sodio cristalino. El producto final de sulfito de sodio cristalino satisface preferiblemente las especificaciones de calidad fotográfica.

10 En realizaciones alternativas o adicionales de la presente invención que producen sulfito de sodio cristalino, puede llevarse a cabo un tratamiento con magnesio opcional con una disolución acuosa que comprende sulfito de sodio antes de la cristalización del sulfito de sodio, en el que una disolución acuosa que contiene sulfito de sodio está formándose mediante reacción de carbonato de sodio y dióxido de azufre. O bien, el tratamiento con magnesio opcional puede llevarse a cabo antes de la etapa de reacción, por ejemplo con una disolución que contiene carbonato de sodio que comprende al menos una parte de residuo lixiviado disuelto para proporcionar la disolución que contiene carbonato de sodio tratada que se purifica entonces para proporcionar al menos una parte de reactante de carbonato de sodio para el proceso de sulfito de sodio.

20 Para una producción de bicarbonato de sodio, la presente invención es también ventajosa para producir un producto de bicarbonato de sodio cristalino con un contenido en impurezas reducido.

25 En algunas realizaciones de la presente invención que producen bicarbonato de sodio cristalino, puede formarse bicarbonato de sodio mediante reacción de carbonato de sodio y dióxido de carbono. Al menos una parte del licor (con residuo lixiviado disuelto) que contiene carbonato de sodio puede hacerse reaccionar con dióxido de carbono para proporcionar bicarbonato de sodio cristalino. Cuando se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, la adición del compuesto de magnesio puede realizarse antes de la etapa de reacción, por ejemplo haciendo reaccionar al menos una parte de la disolución purificada con dióxido de carbono para proporcionar al menos una parte de una alimentación de cristizador que contiene bicarbonato de sodio.

30 En algunas realizaciones, una corriente de licor de purga de monohidrato sale de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado, y el método puede comprender además alimentar al menos una parte de la corriente de licor de purga de monohidrato a una balsa de relaves mediante lo cual se forman cristales mediante cristalización por evaporación y/o enfriamiento dando como resultado un depósito contaminado con impurezas solubles en agua incluyendo cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos; recuperar al menos una parte de tal depósito para proporcionar un sólido recuperado; someter el sólido recuperado al método de lixiviación para obtener el residuo lixiviado; y entonces opcionalmente someter un licor que comprende el residuo lixiviado disuelto o una parte del mismo a un tratamiento con magnesio y entonces una separación para formar una disolución purificada que puede proporcionar al menos una materia prima para el proceso para preparar carbonato de sodio. El depósito recuperado contiene preferiblemente carbonato de sodio decahidratado.

45 En realizaciones alternativas o adicionales, una corriente de licor de purga de bicarbonato sale de un cristizador de bicarbonato de sodio, y el método puede comprender además almacenar al menos una parte de la corriente de licor de purga de bicarbonato en una balsa de relaves mediante lo cual se forman cristales mediante cristalización por evaporación y/o enfriamiento dando como resultado un depósito contaminado con impurezas solubles en agua incluyendo cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos; recuperar al menos una parte de tal depósito para proporcionar un sólido recuperado; someter el sólido recuperado al método de lixiviación para obtener el residuo lixiviado; y entonces opcionalmente someter un licor que comprende el residuo lixiviado disuelto o una parte del mismo a un tratamiento con magnesio y entonces una separación para formar una disolución purificada que puede proporcionar al menos una materia prima para el proceso para preparar bicarbonato de sodio. El depósito recuperado contiene preferiblemente bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y/o combinaciones de los mismos

55 En otras realizaciones para la producción conjunta de carbonato de sodio y bicarbonato, una primera corriente de licor de purga sale de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado y se hace pasar a un cristizador (o reactor) de bicarbonato en condiciones de cristalización para formar cristales de bicarbonato y para formar una segunda corriente de licor de purga que contiene impurezas solubles en agua. La segunda corriente de licor de purga que sale del cristizador de bicarbonato de sodio se hace pasar entonces a una balsa de relaves en condiciones de cristalización para formar un depósito de balsa que comprende bicarbonato de sodio, carbonato de sodio decahidratado y/o sesquicarbonato de sodio y que contiene estas impurezas solubles en agua, recuperándose al menos una parte de tal depósito de balsa y sometiéndose al método de lixiviación y entonces al tratamiento con magnesio opcional según la presente invención para reducir su contenido en impurezas (tales como cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o materia orgánica medida como COT). El residuo lixiviado obtenido después de la etapa de lixiviación o la disolución purificada obtenida después del tratamiento con magnesio opcional se recircula finalmente en el proceso de producción conjunta, por ejemplo como materia prima para el cristizador de carbonato de sodio monohidratado, o para el cristizador de bicarbonato, o ambos. En algunas realizaciones, el

residuo lixiviado puede dividirse en dos partes antes de cualquier tratamiento con magnesio opcional, una parte destinada a proporcionar una materia prima para un cristalizador, mientras que la otra parte está destinada a proporcionar una materia prima para el otro cristalizador. En tales casos, es posible que el tratamiento con magnesio pueda omitirse en una de estas partes, ya que el contenido en Si, por ejemplo, con la etapa de lixiviación puede ser lo suficientemente bajo como para ser aceptable para uno de los cristalizadores, por tanto no es necesario realizar la etapa de tratamiento con magnesio para retirar uno o más silicatos.

Otra realización de la presente invención cubre un método de reducción de la incidencia de formación de espuma en un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado que se alimenta mediante una alimentación que comprende un residuo lixiviado disuelto del que se ha reducido el contenido en impurezas mediante el método de lixiviación.

Aún otra realización de la presente invención cubre un método de reducción de la incidencia de formación de espuma en un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado que se alimenta mediante una alimentación que comprende una disolución purificada que contiene carbonato de sodio, que contiene un sólido de desecho disuelto del que se ha reducido el contenido en impurezas mediante la etapa de lixiviación y la etapa de tratamiento con magnesio.

En algunas realizaciones, cuando el residuo lixiviado comprende bicarbonato de sodio y el residuo lixiviado pretende alimentarse a un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado o un reactor de sulfito de sodio, el método según la presente invención puede comprender además convertir al menos una parte del bicarbonato de sodio en carbonato de sodio, por ejemplo añadiendo un álcali (por ejemplo, hidróxido) al licor que comprende el residuo lixiviado disuelto (obtenido después de la lixiviación del sólido de desecho o de balsa) o bien antes de cualquier tratamiento con magnesio opcional o bien cuando no se realiza tratamiento con magnesio; o añadiendo un álcali a la disolución purificada (obtenido después de la lixiviación y el tratamiento con magnesio del sólido de desecho o de balsa). De esta manera, la disolución purificada más alcalina puede servir como materia prima para el cristalizador de carbonato de sodio monohidratado ya que contendrá menos bicarbonato de sodio que el punto de saturación de bicarbonato de sodio a la temperatura operativa del cristalizador de monohidrato. Es preferible que la conversión de bicarbonato de sodio en carbonato de sodio se lleve a cabo después de que el residuo lixiviado disuelto en el licor se someta al tratamiento con magnesio.

En aún otras realizaciones alternativas o adicionales de una planta que produce bicarbonato de sodio cristalino, cuando el residuo lixiviado comprende bicarbonato de sodio, pretende alimentarse al reactor/cristalizador de bicarbonato de sodio sin eliminación de impurezas adicional mediante tratamiento con magnesio, se prefiere que no se convierta el bicarbonato de sodio en carbonato de sodio en el licor que contiene residuo lixiviado (obtenido después de la disolución).

En aún otras realizaciones alternativas o adicionales de una planta que produce bicarbonato de sodio cristalino, cuando el residuo lixiviado comprende bicarbonato de sodio que se somete entonces al tratamiento con magnesio y la separación para formar una disolución purificada que comprende bicarbonato de sodio que pretende alimentarse al reactor/cristalizador de bicarbonato de sodio, se prefiere que no se convierta el bicarbonato de sodio en carbonato de sodio en el licor que contiene residuo lixiviado (obtenido después de la disolución) o disolución purificada (obtenida después del tratamiento con magnesio).

A continuación se describirá la invención con referencia a los dibujos.

La figura 1 ilustra un sistema 10 para un método de lixiviación según la presente invención, que puede incluir una separación sólido/líquido y una recirculación de material lixiviado. El sistema 10 incluye una unidad 15 de lixiviación y una unidad 25 de separación sólido/líquido opcional. Una masa 20 de sólido de desecho y una disolución 30 de lixiviación se alimentan a la unidad 15 de lixiviación. Un residuo 40 lixiviado (sólido) y una corriente 60 de material lixiviado (líquido) salen de la unidad 15 de lixiviación. El residuo 40 lixiviado puede enviarse a la unidad 25 de separación sólido/líquido opcional (también denominada "separador de residuo/material lixiviado") en la que se retira el material lixiviado en exceso del residuo húmedo para formar un sólido seco antes de que se use como materia prima para una planta que produce un carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, u otros productos derivados.

La masa 20 de sólido de desecho puede comprender al menos una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio, cualquier hidrato del mismo, sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio, y mezclas de dos o más de los mismos. La masa 20 de sólido de desecho comprende preferiblemente carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, o cualquier mezcla de los mismos.

La masa 20 de sólido de desecho puede comprender o puede consistir en una masa de un sólido de balsa recuperado de una balsa de relaves (desecho), una masa de sólido recuperado de un cristalizador (tal como distinto a un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado), una masa de trona calcinada, una masa de trona explotada en minería, y combinaciones de los mismos. La masa 20 de sólido de desecho comprende preferiblemente una masa de sólido de balsa recuperado de una balsa de desechos, y opcionalmente las otras fuentes de sólidos enumeradas anteriormente. La masa 20 de sólido de desecho que está en contacto con la disolución 30 de lixiviación excluye preferiblemente mena explotada en minería, tal como mena de trona. Alternativa o

adicionalmente, la masa 20 de sólido de desecho que está en contacto con la disolución 30 de lixiviación excluye mena calcinada, tal como trona calcinada. Sin embargo en algunas realizaciones, la masa 20 de sólido de desecho puede contener mena de trona o trona calcinada siempre que la mayoría de la masa 20 sea un sólido de balsa recuperado.

5 Un depósito de balsa sólido (cristalino) puede formarse en el fondo de la balsa haciendo pasar un efluente de planta (desecho líquido) a la balsa de relaves que está en condiciones adecuadas para fomentar la cristalización de al menos una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, carbonato de sodio heptahidratado, y combinaciones de dos o más de los mismos. La masa 20 de sólido de desecho recuperado de una balsa de relaves puede excavar con una excavadora de oruga u otra maquinaria que pueda romper y/o raspar una parte del depósito de balsa y excavar la masa suelta para someterla a lixiviación. La excavación del sólido de balsa se realiza preferiblemente (sin embargo no necesariamente) después de que se drene el licor sobrenadante de la balsa. La masa 20 recuperada puede almacenarse como una o más pilas o montones por encima del depósito de balsa sin excavar, en el banco de la balsa y/o junto a la balsa. La masa 20 recuperada puede dejarse en reposo antes de iniciar el método de lixiviación para drenar el licor de balsa en exceso a la balsa.

La masa 20 recuperada puede someterse a la intemperie, es decir, se someterá a precipitación (lluvia, nieve, granizo) para disolver algunas impurezas mediante percolación de agua de lluvia, antes o después de someterse la masa 20 a una etapa de lixiviación usando una disolución de lixiviación que contiene carbonato de sodio. La masa 20 de sólido de desecho puede someterse a una etapa de reducción de tamaño antes de ponerse en contacto con la disolución 30 de lixiviación. La reducción de tamaño puede incluir trituración en húmedo o molienda o aplastado.

Cualquier realización descrita en el presente documento en la totalidad de la descripción referente al sólido de desecho y sólido/depósito de balsa es aplicable a la masa 20 de sólido de desecho, a menos que se establezca específicamente de otro modo.

La disolución 30 de lixiviación tiene preferiblemente un menor contenido en la (primera) impureza que va a retirarse mediante lixiviación que la de la masa 20 con la que está en contacto.

Adicionalmente, se prefiere que en la disolución 30 de lixiviación, la concentración de la (primera) impureza que va a retirarse mediante lixiviación sea menor que su punto de saturación.

La disolución 30 de lixiviación puede comprender un licor de purga de cristizador o una parte del mismo (por ejemplo, ilustrada como corriente 103 en la figura 1, corriente 103b en las figuras 3 y 4, corriente 136b en la figura 5), puede comprender una corriente retrógrada o toda la corriente 60 de material lixiviado, puede comprender agua de mina (por ejemplo, agua de frente largo) o agua dulce o agua de lluvia (no ilustrada), y/o puede comprender cualquier otro efluente de planta acuoso. Cualquier corriente individual o cualquier combinación de estas corrientes puede usarse como la disolución 30 de lixiviación. En realidad, una planta no puede usar tantas líneas para proporcionar la disolución 30 de lixiviación. Así que en la práctica, la disolución 30 de lixiviación comprenderá de la manera más probable más de una de las corrientes enumeradas anteriormente, tal como una mezcla de uno o más licores de purga que salen de cristizador(es), agua de mina, aguas residuales de depurador(es) de caldera, y cualquier otro efluente de planta inherente al proceso, en el que la mezcla puede extraerse de un tanque de compensación o de depósito que recibe la mayor parte de o todas estas corrientes de toda la planta. Se indican composiciones típicas de algunas de estas corrientes en la tabla 1.

TABLA 1: Composiciones típicas para diversas fuentes de la disolución de lixiviación.

Fuentes de la disolución de lixiviación	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (% en peso)	NaHCO <sub>3</sub> (% en peso)	NaCl (% en peso)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (% en peso)	COT (ppm)
Licor de purga de monohidrato de sodio	19,4-29,2	0,2-2,9	0-2,7	0,1-2,4	100-1500
Efluente de planta para planta de ceniza de sosa	5-25	1-10	0,4-3,7	0,1-2,1	100-1500
Licor de purga de bicarbonato de sodio	5-25	1-15	1-10	0,5-2	100-1500
Agua de mina (frente largo)	3-15	1-5	1-10	0-1	100-1500
Efluente de planta para planta de producción conjunta	1-6	1-15	1-10	0,1-2,1	100-1500

50 La disolución 30 de lixiviación puede ser casi saturada o saturada en carbonato de sodio equivalente o puede ser no saturada en carbonato de sodio equivalente. Cuanto más próxima esté la disolución 30 de lixiviación de la saturación, menos probable es que se disuelva la valiosa sal de (bi)carbonato de sodio en el material lixiviado. Adicionalmente, la disolución 30 de lixiviación debe tener una menor concentración en al menos una impureza (que

va a retirarse) que la masa de sólido en contacto con ella. El gradiente de concentración con respecto a esa impureza facilitará el proceso de lixiviación.

5 Una disolución 30 de lixiviación puede tener un contenido muy bajo en carbonato de sodio (menos del 2%); sin embargo su uso para retirar impurezas del sólido de desecho dará como resultado una alta disolución de carbonato de sodio, y el contenido en carbonato de sodio disminuirá en el residuo lixiviado.

10 Si la disolución 30 de lixiviación es no saturada en carbonato de sodio equivalente, puede preverse añadir producto de ceniza de sosa no vendible a la misma. De hecho, un producto de ceniza de sosa puede rechazarse por no pasar una prueba de control de calidad y no puede venderse. Un ejemplo puede ser cuando el producto de ceniza de sosa es demasiado fino para pasar la especificación para el tamaño de partícula mínimo. El producto de ceniza de sosa no vendible se recircula normalmente a la planta de ceniza de sosa en la que se redisuelve generalmente con trona calcinada. Sin embargo, es posible en vez de disolver al menos una parte del producto de ceniza de sosa no vendible en la disolución 30 de lixiviación, aumentar su contenido en carbonato de sodio para aproximarse a o  
15 alcanzar la saturación en carbonato de sodio. Esta saturación de la disolución de lixiviación antes de su uso para lavar la masa de sólido de desecho debe reducir el riesgo de pérdida de carbonato de sodio mediante disolución en el material lixiviado.

20 Cualquier realización descrita en el presente documento en la totalidad de la descripción referente a la disolución de lixiviación es aplicable a la disolución 30 de lixiviación, a menos que se establezca específicamente de otro modo.

25 Por tanto, la corriente 60 de material lixiviado o una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado que puede reciclarse o recircularse a la unidad 15 de lixiviación también proporciona al menos una parte de la disolución 30 de lixiviación. De esa manera, el material lixiviado entrará en contacto repetidamente con la masa de sólido que disolverá cada vez más cantidad de la impureza en el material lixiviado que se volverá cada vez más enriquecida en esta impureza. En este caso, el método de lixiviación se opera en un modo de recirculación. La recirculación de material lixiviado puede llevarse a cabo durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, al menos una hora, o hasta un día o dos días) o puede llevarse a cabo hasta que la concentración de impurezas en el material lixiviado alcance un valor predeterminado que puede ser un valor de subsaturación o puede ser el punto de saturación de la impureza a la temperatura operativa de la lixiviación. Alternativamente, la recirculación de material lixiviado puede llevarse a cabo hasta que la concentración de impurezas en el residuo lixiviado alcance un valor predeterminado que se sabe que es aceptable para que se recicle el residuo lixiviado como materia prima en la planta que produce carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y/o sulfito de sodio.

35 Cuando la masa de sólido contiene muy altos contenidos tanto en NaCl como en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (por ejemplo con un contenido en NaCl mayor del 4% en peso y con un contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mayor del 3% en peso), la recirculación de material lixiviado puede llevarse a cabo hasta que el contenido de ambas impurezas en el residuo lixiviado sea de o estén por debajo del valor predeterminado respectivo para proporcionar un residuo lixiviado como materia prima aceptable para una planta que produce carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y/o sulfito de sodio.

40 El valor predeterminado para NaCl en el residuo lixiviado puede oscilar entre el 4 y el 1,5% en peso. Por ejemplo, cuando el contenido en cloruro de sodio del residuo lixiviado disminuye hasta un nivel igual a o menor del 4% en peso, o hasta un nivel igual a o menor del 3% en peso, o incluso hasta un nivel igual a o menor del 2,7% en peso, o incluso preferiblemente hasta un nivel igual a o menor del 1,5% en peso, tal nivel volverá el residuo lixiviado aceptable como materia prima para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio. Por ejemplo, los efectos perjudiciales que se esperarían con un sólido de balsa en bruto (no lixiviado) con un contenido en NaCl mayor del 4% en peso no se esperarían con un residuo lixiviado con un contenido en NaCl en o por debajo de un valor predeterminado del 2,7% en peso. Los diversos residuos lixiviados obtenidos con un contenido en NaCl de entre el 0,3% en peso y el 1,5% en peso se considerarían materias primas aceptables para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio.

55 El valor predeterminado para Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado puede oscilar entre el 3 y el 1% en peso. Por ejemplo, cuando el contenido en sulfato de sodio del residuo lixiviado disminuye hasta un nivel igual a o menor del 3% en peso, o hasta un nivel igual a o menor del 2,4% en peso, o incluso igual a o menor del 2% en peso, tal contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> volverá el residuo lixiviado aceptable para su reutilización como materia prima para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio. Los efectos perjudiciales que se esperarían con un sólido de balsa en bruto (no lixiviado) con un contenido en sulfato de sodio mayor del 3% en peso no se esperarían con un residuo lixiviado con un contenido en sulfato de sodio en o por debajo de un valor predeterminado del 2,4% en peso. Los diversos residuos lixiviados obtenidos con un contenido en sulfato de sodio de entre el 0,2% en peso y el 2,05% en peso se considerarían aceptables para usarse como materias primas para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio.

60 En los casos cuando la corriente 60 de material lixiviado no se recircula a la unidad 15 de lixiviación, el método de lixiviación se opera en un modo de paso único, y la disolución 30 de lixiviación entra en contacto con el sólido de desecho 20 sólo una vez.

65

El funcionamiento de la unidad 15 de lixiviación en el modo de paso único o en el modo de recirculación puede estar dictado por el nivel de saturación de la disolución 30 de lixiviación con respecto a (bi)carbonato de sodio. Por ejemplo, cuando la disolución 30 de lixiviación puede ser casi saturada o saturada en carbonato de sodio equivalente (denominada a continuación en el presente documento disolución "saturada") comprendiendo al menos el 20% de carbonato de sodio eq. o al menos el 25% de carbonato de sodio eq., existe menos riesgo de perder masa de carbonato de sodio valiosa mediante disolución en el material lixiviado. Por tanto, se lleva a cabo preferiblemente el funcionamiento en el modo de recirculación cuando la disolución 30 de lixiviación es casi saturada o saturada en carbonato de sodio equivalente, ya que la exposición repetitiva a la masa con la disolución saturada de material lixiviado no provocará tanta pérdida de carbonato de sodio de la masa 20, en comparación con la exposición repetitiva con una disolución no saturada de material lixiviado.

La etapa de lixiviación en la unidad 15 puede llevarse a cabo a una temperatura ambiental de entre 0°C y 40°C (de entre 32 y 104°F), o preferiblemente de entre 0°C y 30°C (de entre 32 y 86°F). El método de lixiviación debe llevarse a cabo durante al menos 30 minutos, o puede llevarse a cabo durante al menos 120 minutos. El método de lixiviación debe llevarse a cabo durante como máximo 48 horas, o preferiblemente durante como máximo 16 horas.

El método de lixiviación puede llevarse a cabo de manera eficaz para disolver selectivamente al menos una impureza soluble en agua seleccionada del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, materia orgánica (medida como "carbono orgánico total"), y combinaciones de dos o más de los mismos. El método de lixiviación se lleva a cabo preferiblemente de manera eficaz para disolver selectivamente cloruro de sodio (NaCl) y/o sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), y opcionalmente disolver uno o más silicatos, materia orgánica (medida como "carbono orgánico total"), o combinaciones de dos o más de los mismos. Algunos elementos metálicos (por ejemplo, magnesio, calcio, hierro, aluminio) pueden eliminarse también, aunque su retirada de la masa de sólido mediante lixiviación parece ser más eficaz cuando los contenidos iniciales en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la masa de sólido en bruto son ya inferiores al 2% en peso.

El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en NaCl en el residuo 40 lixiviado en al menos el 40%, en al menos el 50%, o al menos el 60% o al menos el 80% o al menos el 90%. El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en NaCl en el residuo lixiviado en menos del 99%, o en el 95% o menos. Por ejemplo, la reducción del contenido en NaCl en el residuo lixiviado puede variar desde aproximadamente el 60% hasta aproximadamente el 95%, cuando la concentración inicial de NaCl en el sólido en bruto es superior al 2% en peso.

El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo 40 lixiviado en al menos el 40%, o al menos el 50% o al menos el 60% o al menos el 70%. El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado en menos del 95%, en el 90% o menos. Por ejemplo, la reducción del contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el residuo lixiviado puede variar desde aproximadamente el 40% hasta aproximadamente el 85%, cuando la concentración inicial de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el sólido en bruto es superior al 1% en peso.

El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en silicatos en el residuo 40 lixiviado en al menos el 30%, o al menos el 40%. El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en silicatos en el residuo lixiviado en menos del 90%, en el 85% o menos. Por ejemplo, la reducción del contenido en silicatos en el residuo lixiviado puede variar desde aproximadamente el 5% hasta aproximadamente el 50%, especialmente cuando la concentración inicial de NaCl en el sólido en bruto es menor del 2% en peso.

El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en carbono orgánico total (COT) en el residuo 40 lixiviado en al menos el 20%, o al menos el 30%. El método de lixiviación puede ser eficaz en la reducción del contenido en COT en el residuo lixiviado en menos del 90%, o en el 85% o menos. Por ejemplo, el contenido en COT en el residuo lixiviado puede ser desde aproximadamente el 20% hasta aproximadamente el 85% menor que el del sólido en bruto.

Diversas realizaciones de los métodos de lixiviación química que pueden usarse en la unidad 15 de lixiviación pueden incluir, por ejemplo, lixiviación en cuba, lixiviación en tanque Pachuca (agitado con aire) y/o lixiviación en montones. Puede usarse cualquier combinación de estas técnicas de lixiviación en la unidad 15 de lixiviación. Aunque sólo se muestra una unidad 15 de lixiviación en la figura 1, ha de entenderse que pueden emplearse más de un recipiente, cuba o montón en la unidad 15 de lixiviación, de tal manera que la etapa de lixiviación puede realizarse usando dos o más recipientes, cubas o montones operados en serie, operados en paralelo u operados en secuencia alterna.

Las figuras 2a-2i ilustran algunas de las realizaciones que pueden llevarse a cabo para el método de lixiviación según la presente invención. Ha de entenderse que cualquier equipo o etapa o corriente dado a conocer en el contexto de una realización del presente método de lixiviación puede usarse o intercambiarse en el contexto de otra realización de lixiviación, a menos que se establezca explícitamente de otro modo.

Las figuras 2a, 2b y 2i ilustran diversos sistemas para un método de lixiviación que emplea un montón 22 de sólido

- de desecho colocado sobre un sustrato 45 impermeable a los líquidos inclinado y que emplea un sistema 35 de distribución de disolución (a, b, e) para pulverizar la disolución 30 de lixiviación por encima de la masa 22 amontonada según la presente invención. El sustrato 45 impermeable a los líquidos está preferiblemente inclinado en un ángulo  $\alpha$  - con respecto a la horizontal. El ángulo  $\alpha$  - puede ser igual a o menor que el ángulo de talud natural del sólido de desecho colocado sobre la parte superior del sustrato 45. El ángulo  $\alpha$  - puede ser igual a o menor que 45 grados, o igual a o menor que 30 grados. Los sistemas de las figura 2b y 2i emplean una recirculación de material lixiviado por medio de la línea 70 desde una zona 55 de recogida de material lixiviado hasta el sistema 35b o 35e de distribución de disolución.
- 5 En algunas realizaciones ilustradas en la figura 2i, una primera masa de sólido puede aplicarse sobre el terreno cerca o adyacente a una zona de recogida (por ejemplo, una zanja); un sustrato 45 flexible puede disponerse sobre una pendiente de la pila, y una segunda masa de sólido puede colocarse sobre la parte superior del sustrato 45 flexible. Esto funcionaría bastante bien cuando el sólido se recupera de un depósito de sal en una parte de una balsa de desechos que se ha drenado de líquido sobrenadante. El grosor del depósito en la parte drenada de la balsa puede ser de desde 0,3 hasta 6 metros de profundidad (de desde 1 hasta 20 pies), y la superficie del depósito puede ser lo suficientemente dura como para soportar el peso de equipo pesado para excavar el sólido. El sólido excavado puede apilarse sobre la superficie del depósito. De esa manera, parte del sólido que va a lixiviarse puede servir como soporte para el sustrato 45. En este caso, al menos la parte del sitio de la balsa usado para lixiviación tendría que drenarse para retirar licor de balsa sobrenadante para liberar la superficie del depósito. El material lixiviado puede recogerse en la zona de recogida en la balsa en la que podría recircularse para lixiviarse más y/o puede dirigirse a otra parte de la balsa que no está drenada o a otra balsa que está próxima al sitio de lixiviación.
- 10 El sustrato 45 impermeable a los líquidos puede ser flexible tal como un revestimiento o lona impermeable que puede disponerse sobre el suelo de un terreno en pendiente con un ángulo de pendiente  $\alpha$  (tal como se ilustra en la figura 2a) o puede disponerse sobre una pendiente de un montón de sólidos con ángulo en pendiente  $\alpha$  - (tal como se ilustra en la figura 2i).
- 15 Alternativamente, el sustrato 45 impermeable a los líquidos puede ser rígido para soportar el peso de la masa de sólido que va a lixiviarse, y el sustrato 45 rígido estaría colocado en el ángulo  $\alpha$  - inclinado con respecto a la horizontal. Un ejemplo de un sustrato rígido puede ser una capa de hormigón o un revestimiento de plástico rígido. Tal como se muestra en la figura 2b, un extremo del sustrato 45 (que es rígido) puede mantenerse a una elevación superior mediante una pared de soporte para mantener el sustrato 45 en su lugar. Tal como se muestra en la figura 2i, el sustrato 45 que puede ser rígido puede disponerse sobre una pendiente de un montón de sólidos con un ángulo  $\alpha$ -.
- 20 El sustrato 45 impermeable a los líquidos puede estar hecho de un material no poroso. El sustrato 45 impermeable a los líquidos puede comprender un material poliolefínico tal como polipropileno y/o polietileno. Un material adecuado para el sustrato 45 impermeable a los líquidos es un revestimiento de plástico o una lámina hecha de polietileno, tal como hecha de polietileno (por ejemplo, Visqueen™), que tiene generalmente entre 0,1 y 0,25 mm de grosor, y se usa comúnmente como loneta temporal, cubierta de hormigón, tela protectora para pintura, revestimiento para balsas decorativas y cubierta del terreno para el control de las malas hierbas.
- 25 El sustrato 45 puede tener una superficie plana. El sustrato 45 puede tener una superficie ondulada con un patrón regular o irregular de crestas y/o ranuras. El sustrato 45 puede comprender ranuras (por ejemplo, sobre su superficie superior que se expone a la pila) para facilitar el flujo de material lixiviado hacia abajo desde la parte superior de la pila hasta la zona 55 de recogida de material lixiviado. Las ranuras pueden discurrir paralelas desde una elevación alta hasta una elevación inferior. O las ranuras sobre el sustrato 45 pueden colocarse en una disposición con forma de abanico, discurriendo cada una desde una elevación alta hasta una elevación inferior, para que el material lixiviado se dirija hacia una ubicación centralizada hacia la zona 55 de recogida. El borde de la elevación inferior del sustrato 45 puede sobresalir hacia la zona 55 de recogida de material lixiviado.
- 30 Puede haber un protector permeable a los líquidos (no mostrado) en el borde de la elevación inferior del sustrato 45 para impedir que los sólidos del montón 22 caigan en la zona 55 de recogida. El protector permeable a los líquidos permite que el material lixiviado pase a su través.
- 35 En la figura 2a, la disolución 30 de lixiviación puede forzarse por medio de una bomba (no mostrada) desde un depósito de almacenamiento o compensación de disolución (no mostrado) a través de una rejilla 35a de líneas de distribución, normalmente tubos de plástico, desplegados a través de la parte superior de la masa 22 amontonada del sólido 20 de desecho. Uno o más cabezales rociadores, boquillas de pulverización o tubos enroscados conectados a diversos intervalos en la red de líneas de distribución pulverizan la disolución 30 de lixiviación sobre el montón 22. La pulverización es necesaria para distribuir la disolución de lixiviación sobre toda la parte superior del montón 22. Es preferible una pulverización hacia abajo (pero no se requiere) para minimizar la pérdida de disolución por medio de evaporación y/o viento.
- 40 Se acumula disolución de lixiviación cargada, que se ha percolado a través del montón 22, sobre el sustrato 45 impermeable a los líquidos y fluye hacia la zona 55 de recogida en las estribaciones del montón 22. La zona 55 de

recogida está configurada para recibir la disolución de lixiviación cargada enriquecida en impurezas. Una corriente 60 de material lixiviado puede bombearse desde la zona 55 de recogida por medio de una bomba 65 de material lixiviado. En la figura, las flechas indican el sentido de flujo de la disolución de lixiviación.

5 La lixiviación en montones presenta varias ventajas tales como equipo y funcionamiento sencillos, baja inversión y costes de funcionamiento y rendimientos aceptables. Por otro lado debe tenerse en cuenta que tal funcionamiento puede sufrir algunas limitaciones; el material amontonado puede ser muy heterogéneo, y en la práctica, no puede ejercerse un control estrecho del proceso, excepto por un posible ajuste intermitente del pH y la adición de algún ácido/álcali si es necesario a la disolución 30 de lixiviación para favorecer la disolución selectiva de al menos una  
10 impureza. Además, las tasas de evaporación de agua y viento en esta configuración al aire libre pueden ser altas, y pueden requerirse periodos de funcionamiento prolongados con el fin de lograr un rendimiento de lixiviación suficiente.

15 Por estos motivos puede haber modificaciones en el sistema 10 del método de lixiviación que permiten superar algunas de estas desventajas. Por ejemplo tal como se ilustra en la figura 2b, puede disponerse un sistema 35b de distribución de líneas de goteo sobre el montón 22. El sistema 35b de distribución de líneas de goteo consiste en tuberías o tubos que están perforados, son porosos, ranurados, divididos o contruidos de manera similar para el fin de aplicar la disolución 30 de lixiviación al montón 22. Una cubierta 52 impermeable (por ejemplo una lámina de plástico impermeable a los líquidos), preferiblemente flexible, puede extenderse sobre y cubrir el sistema 35b de  
20 distribución de líneas de goteo, el montón 22 subyacente y opcionalmente la zona 55 de recogida. La disolución 30 de lixiviación entra en el sistema 35b de distribución de líneas de goteo y se aplica al montón 22. La disolución de lixiviación cargada percola a través del montón 22, se acumula sobre el sustrato 45 y fluye hacia la zona 55 de recogida. Tal configuración de sistema en la lixiviación del montón minimizaría la pérdida de agua por medio de evaporación y viento y evitaría que la precipitación de agua (por ejemplo, lluvia, nieve, granizo) diluyera la disolución de lixiviación y/o el material lixiviado.  
25

Tal como se ilustra en la figura 2b (aunque sería igualmente aplicable a la figura 2a), una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado se recircula a la unidad 15 de lixiviación por medio de la disolución 30 de lixiviación. En esta realización, la disolución 30 de lixiviación puede comprender la corriente 60 de material lixiviado o una parte 70 de la misma y/o un licor 103 de purga (o una parte del mismo) tal como se comentará más adelante en el contexto de las  
30 figuras 3 y 4. Sin embargo, la parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede recircularse directamente a la unidad 15 de lixiviación por separado de la disolución 30 de lixiviación, de modo que la disolución 30 de lixiviación y la parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado no se mezclan antes de que se alimentan a la unidad 15 de lixiviación.  
35

Tal como se ilustra en la figura 2i, el montón consiste en dos regiones 22a, 22b de montón que están separadas por el sustrato 45 impermeable a los líquidos, la región 22a de fondo del montón que sirve como soporte o portador para la región 22b superior del montón. El sustrato 45 impermeable a los líquidos puede ser rígido o flexible. Este sistema puede construirse colocando en primer lugar un primer montón (región 22a) sobre el sustrato 45 de modo que el  
40 sustrato 45 se encuentra en un ángulo  $\alpha$  - con respecto a la horizontal sobre la pendiente creada por la primera región 22a de montón. Entonces se pone otra pila de sólidos de balsa (desechos) por encima del sustrato 45 inclinado para formar un segundo montón. La inclinación del sustrato 45 en un ángulo  $\alpha$  - debe favorecer el flujo de material lixiviado (que percola a través de la región 22b de montón) hacia la zona 55 de recogida de material lixiviado.  
45

El material lixiviado reciclado o recirculado (y opcionalmente una disolución 30' de lixiviación de compensación que puede contener un licor 103 de purga) se pulveriza sobre el montón 22 por medio del sistema 35e de distribución con el fin de que el licor entre en contacto con los sólidos en la región 22b del montón. Los sólidos en la región 22a de montón ubicada por debajo del sustrato 45 impermeable a los líquidos que proporcionan una superficie inclinada sobre la que se coloca el sustrato 45 no entran en contacto con el licor pulverizado (disolución de lixiviación y/o  
50 material lixiviado) en esta realización.

El sistema 35e de distribución de disolución de lixiviación pueden comprender cualquier tipo de rociador/boquilla usado sobre sistemas de irrigación de pivote central, tales como un rociador de impacto de alta o baja presión, una pluralidad de los mismos, una boquilla de pulverización de baja presión o un cabezal con capas de deflexión estacionarias, rotatorias u oscilantes, una pluralidad de los mismos o cualquier combinación de los mismos. Un "rociador de impacto" es generalmente un dispositivo de aplicación de agua equipado con una o dos boquillas y un brazo de impacto para provocar la rotación de un rociador y la rotura de la corriente de agua. Un ejemplo de este diseño es un rociador de impacto Rain Bird™. Una "boquilla de pulverización" es generalmente un dispositivo de  
60 distribución de agua equipado con una capa de deflexión estacionaria (que no se mueve cuando impacta en la misma el agua corriente que sale de la boquilla), una capa de deflexión rotatoria (que rota en un círculo de 360 grados cuando impacta en la misma el agua corriente que sale de la boquilla) o una capa de deflexión oscilante (que oscila cuando impacta en la misma el agua corriente que sale de la boquilla) usada para distribuir agua en círculos de 180 a 360 grados. Pueden adquirirse rociadores de impacto con boquillas esparcidoras o boquillas no circulares para afectar a la rotura de las gotitas de líquido y suministrar la disolución más uniformemente a la superficie de la pila. Normalmente, pueden hacerse funcionar rociadores de impacto a lo largo de un intervalo más amplio de  
65

- presiones que las boquillas de pulverización de baja presión. Por ejemplo, un rociador de impacto de alta presión es adecuado en un intervalo de desde 40 hasta 80 psi mientras que una boquilla de pulverización de baja presión oscilante sería adecuada para presiones entre 10 y 40 psi. Debe indicarse que el montaje de una boquilla de pulverización de baja presión demasiado cercana a la superficie del suelo reducirá el diámetro humedecido de la pulverización con líquido, puesto que la gravedad fuerza las gotitas de líquido hacia la superficie del montón a medida que se desplazan a través del aire. Puesto que el diámetro humedecido está controlado por la velocidad del líquido que sale de una boquilla particular y la distancia entre la corriente de líquido y la superficie del montón, puede montarse una boquilla de pulverización de baja presión sobre un tubo de goteo o elevador por debajo de la tubería de pivote con el fin de aumentar el rendimiento de humectación. Esto puede realizarse montando la boquilla de pulverización por encima de un elevador o una combinación de un cuello de cisne rígido y una manguera flexible a alguna distancia desde la superficie del montón 22b. El sistema 35e de rociador puede ser flexible en su funcionamiento permitiendo por ejemplo una cobertura de 360 grados de pulverización con líquido o una cobertura de líquido parcialmente circular para humedecer sólo zonas específicas del montón.
- 15 La figura 2c ilustra aún un sistema alternativo para un método de lixiviación que emplea una masa 20 de sólido de desecho colocado en un lecho 24 compacto en un recipiente 25 sin agitación y que emplea un sistema 35c de distribución de disolución de lixiviación según una tercera realización de la presente invención.
- 20 El método de lixiviación por percolación llevado a cabo en el sistema de la figura 2c puede comprender colocar la masa 20 del sólido de desecho para formar el lecho 24 compacto en el interior del recipiente 25 sin agitación; dispersar la disolución 30 de lixiviación por encima o en la parte superior del lecho 24 compacto en el interior del recipiente 25 a través del sistema 35c de de distribución. A medida que la disolución 30 de lixiviación pulverizada fluye hacia abajo a través del lecho 24 compacto, al menos una impureza se disuelve en la disolución que se va enriqueciendo progresivamente con tal impureza; y después de la percolación a través del lecho compacto la corriente 60 de material lixiviado se retira en el fondo del recipiente 25. Tal como se ilustra en la figura 2c, una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede recircularse al recipiente 25 de lixiviación, por ejemplo por medio de la disolución 30 de lixiviación de modo que la disolución 30 de lixiviación comprende el material lixiviado 60 o una parte 70 del mismo (tal como se ilustra).
- 30 El método de lixiviación por percolación puede llevarse a cabo en el sistema ilustrado en la figura 2c en un modo discontinuo. La masa de sólido de desecho se coloca en primer lugar como lecho 24 compacto en el recipiente 25; el lecho 24 compacto se pone entonces en contacto con el medio 30 de lixiviación por medio de la distribución 35c; el flujo de la disolución 30 de lixiviación se detiene y el material lixiviado se drena del recipiente 25. Se retira un residuo húmedo lixiviado del recipiente 25 para colocar un nuevo lote de sólido de desecho en el interior del recipiente 25 para una nueva ronda de lixiviación.
- 35 El sistema de la figura 2d es similar al sistema de la figura 2c que emplea la masa 20 de sólido de desecho colocada en un lecho 24a compacto en un recipiente sin agitación 26, excepto porque la disolución 30 de lixiviación se alimenta en el fondo del lecho 24a compacto. La disolución 30 de lixiviación fluye hacia arriba a través del lecho 24a compacto inundando por tanto el lecho 24a compacto y formando una acumulación de material lixiviado en la parte superior del lecho 24a. La disolución de lixiviación disuelve al menos una impureza en la disolución y se va enriqueciendo progresivamente con tal impureza a medida que se mueve desde la parte inferior hasta la parte superior del recipiente 26. Después de la "percolación" hacia arriba a través del lecho 24a compacto, el material lixiviado acumulado rebosa en un aliviadero 31 en la parte superior del recipiente 26, y la corriente 60 de material lixiviado se retira del aliviadero 31 por medio de una bomba 65 de material lixiviado en comunicación de fluido con el aliviadero 31. Tal como se ilustra en la figura 2d, al menos una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede recircularse al recipiente 26 de lixiviación por medio de la disolución 30 de lixiviación, de modo que la disolución 30 de lixiviación comprende la corriente 60 de material lixiviado o una parte 70 de la misma (tal como se ilustra).
- 50 El método de lixiviación puede llevarse a cabo en el sistema ilustrado en la figura 2d en un modo discontinuo; la masa 20 de sólido de desecho se coloca en primer lugar como lecho 24a compacto en el recipiente 26, el lecho 24a compacto se pone entonces en contacto con el medio 30 de lixiviación desde la parte inferior hacia arriba; el material lixiviado se drena del recipiente 26 a partir del aliviadero 31 en la parte superior del recipiente 26. El flujo de disolución 30 de lixiviación se detiene; se elimina por drenado el líquido del residuo lixiviado en el recipiente 26 y se retira el residuo húmedo lixiviado del recipiente 26 para colocar un nuevo lote de sólido de desecho en el interior del recipiente 26 para una nueva ronda de lixiviación.
- 60 La figura 2e ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea una masa en movimiento de sólido de desecho según una quinta realización de la presente invención.
- 65 La etapa de puesta en contacto para la lixiviación en el sistema de la figura 2e puede comprender colocar la masa 20 de sólido de desecho para formar una suspensión espesa con la disolución 30 de lixiviación en el interior de un recipiente 71 de suspensión espesa con agitación y además alimentar la suspensión espesa así formada a una columna 72 de lavado. Esta suspensión espesa que entra en la columna 72 fluye hacia abajo en una zona de suspensión "A" de la columna 72 pero en la parte exterior de los tubos 73 internos que están colocados en el interior de la columna 72. La zona de suspensión A, en el nivel "a", cambia a una zona "B" de engrosamiento. Por debajo de

este nivel "a" está situado un lecho compacto de partículas cristalinas sólidas. Mientras que el lecho compacto de partículas cristalinas sólidas está formándose en la zona B de engrosamiento de la columna 72, la disolución 30 de lixiviación disuelve al menos algunas de las impurezas de la masa 20 de sólido. Un material lixiviado extraído con la bomba 65 de material lixiviado pasa por la zona "B" de engrosamiento a través de los filtros 74 contenidos con los tubos 73 y fluye hacia arriba en los tubos 73 para formar la corriente 60 de material lixiviado que sale de la columna 72. Para permitir la permeación de material lixiviado desde la zona "B" de engrosamiento hacia los tubos 73, las partes de pared de los tubos 73 ubicados por debajo de la ubicación del filtro 74 están hechos preferiblemente de un material que permite la permeación de líquido pero mantiene el sólido fuera de los tubos 73. Las otras partes de pared de los tubos 73 ubicados por encima de la ubicación del filtro 74 pueden estar hechas de un material que mantiene el sólido fuera de los tubos 73 pero también que puede ser impermeable a los líquidos o puede permitir la permeación de líquido a su través. Una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede recircularse de nuevo a la parte superior de la columna 72. Alternativa o adicionalmente, otra parte 70a del material lixiviado puede recircularse de nuevo al recipiente 71 de suspensión espesa con agitación para proporcionar al menos una parte del líquido en la suspensión espesa que se forma en el interior de tal recipiente 71. Con la ayuda de una cuchilla de raspado colocada en el fondo de la columna 72, se retira por raspado un material sólido particulado. Las partículas sólidas así formadas salen de la columna 72 para formar el residuo 40 lixiviado. A medida que el residuo 40 lixiviado sale de la columna 72, más masa 20 de sólido de desecho entra en el recipiente 71 de suspensión espesa con agitación, de modo que hay un reemplazo continuo del sólido en este método.

La figura 2f y la figura 2g ilustran sistemas para un método de lixiviación que emplea una suspensión espesa 27 de una masa 20 de sólido de desecho dispersada en la disolución 30 de lixiviación, colocándose la suspensión espesa en un recipiente 28 con agitación según la sexta y séptima realizaciones de la presente invención.

La etapa de puesta en contacto para la lixiviación en los sistemas de la figura 2f y la figura 2g puede comprender colocar la masa 20 de sólido de desecho para formar la suspensión espesa 27 con la disolución 30 de lixiviación en el interior del recipiente 28 con agitación; mezclar la masa 20 de sólido en el interior del recipiente 28 en la disolución 30 de lixiviación mediante un medio de agitación, tal como un impulsor de agitación (tal como se muestra), o un inyector de gas tal como inyector de aire y/o vapor (no mostrado); durante el mezclado, disolver al menos una impureza en la disolución de la suspensión espesa que se va enriqueciendo progresivamente con esta impureza; y recoger la corriente 60 de material lixiviado por medio de una unidad de separación sólido/líquido (75 ó 78).

En la figura 2f, la unidad 75 de separación sólido/líquido puede ser uno o más filtros colocados en el interior del recipiente 28 para permitir que permee líquido a través del/de los filtro(s) y para mantener las partículas sólidas en el interior del recipiente 28.

En la figura 2g, la unidad 78 de separación sólido/líquido puede ser uno o más hidrociclones colocados fuera del recipiente 28 para generar una corriente enriquecida con sólidos y una corriente 60 de material lixiviado (líquido) que puede salir del sistema. Una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede dirigirse de nuevo al recipiente 28. La corriente enriquecida con sólidos se recircula generalmente de nuevo al recipiente 28, aunque puede eliminarse una corriente retrógrada de la corriente de sólidos (no mostrado) para proporcionar el residuo 50 lixiviado tal como se describió anteriormente en relación con la figura 1.

Tal como se ilustra en la figura 2c - 2g, una parte 70 de la corriente 60 de material lixiviado puede recircularse al recipiente (25, 26, 28) de lixiviación por medio de la disolución 30 de lixiviación, de modo que la disolución 30 de lixiviación comprende el material lixiviado 60 o una parte 70 del mismo (tal como se ilustra). Alternativamente, el material lixiviado 60 o una parte 70 del mismo puede recircularse al recipiente (25, 26, 28) de lixiviación por separado de la disolución 30 de lixiviación (no ilustrado).

Con respecto al método de lixiviación llevado a cabo en los sistemas de la figura 2c, 2d y 2f, la etapa de lixiviación puede llevarse a cabo en un modo discontinuo en el que la masa 20 de sólido de desecho se coloca en primer lugar en el recipiente 25, 26 ó 28; entonces se pone en contacto con el medio 30 de lixiviación en el lecho 24 compacto o suspensión espesa 27, se drena de material lixiviado y finalmente se retira del recipiente 25, 26 sin agitación o recipiente 28 con agitación para hacer espacio para un nuevo lote de sólido de desecho que va a cargarse en el interior del recipiente 25, 26 ó 28 y se somete a la misma técnica de lixiviación.

La figura 2h ilustra un sistema para un método de lixiviación que emplea un montón 22 de sólido de desecho colocado sobre una cinta 48 transportadora inclinada y que emplea un sistema 35d de distribución de disolución para pulverizar la disolución 30 de lixiviación por encima de la masa 22 amontonada según otra realización de la presente invención. La cinta 48 transportadora inclinada es preferiblemente impermeable a líquido, aunque puede ser permeable a líquido. Puede usarse una cinta acanalada. La cinta 48 transportadora está inclinada preferiblemente en un ángulo  $\alpha$  - con respecto a la horizontal. El ángulo  $\alpha$  - puede ser igual a o menor que el ángulo de talud natural del sólido de desecho dispuesto por encima de la cinta 48. El ángulo  $\alpha$  - puede ser igual a o menor que 45 grados, o igual a o menor que 30 grados. Una zona 55 de recogida está configurada para recibir la disolución de lixiviación cargada enriquecida en impurezas.

En la figura 2h, la disolución 30 de lixiviación puede forzarse por medio de una bomba 65 a partir de un depósito de

almacenamiento o compensación de disolución (no mostrado) a través de la rejilla 35d de líneas de distribución, normalmente tubos de plástico, desplegados a través de la parte superior de la masa 22 amontonada del sólido 20 de desecho. Cabezales rociadores, boquillas de pulverización o tubos enroscados conectados a diversos intervalos en la red de líneas de distribución pulverizaron la disolución 30 de lixiviación sobre el montón 22. Es preferible una pulverización hacia abajo para minimizar la pérdida de disolución por medio de evaporación y/o viento.

La masa 22 amontonada se mueve hacia arriba sobre la cinta 48 transportadora a medida que se pone en contacto con la disolución de lixiviación pulverizada por encima. Mientras que el sólido en contacto se mueve hacia arriba, una parte de sus impurezas se disuelven selectivamente en el material lixiviado que percola a través de la masa de sólido en movimiento. Esto da como resultado la formación de un residuo 50 lixiviado húmedo. A medida que la masa 22 de sólido en contacto alcanza la parte superior de la cinta 48 transportadora, el residuo 50 lixiviado así formado cae (impulsado por la gravedad) en un tanque 49 esperando la recirculación a una planta que prepara ceniza de sosa, sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio y/o sulfito de sodio. Tal tanque 49 puede ser un aparato de disolución en el que se disuelve el residuo lixiviado para dar un medio acuoso en la preparación para su recirculación como materia prima a la planta, o puede ser un recipiente de almacenamiento. A medida que el residuo 50 lixiviado sale de la cinta 28 transportadora en la parte superior, puede cargarse sólido nuevo (que no se ha sometido a lixiviación aún) en el fondo de la cinta 48 transportadora.

Cuando la cinta 48 transportadora es impermeable a líquido, la disolución de lixiviación cargada, que ha percolado a través del montón 22, se acumula sobre la cinta 48 impermeable a los líquidos y fluye hacia abajo (al mismo tiempo haciendo contacto con más sólido en su camino hacia abajo) hacia la zona 55 de recogida de material lixiviado ubicada en las estribaciones de la cinta 48 transportadora. La corriente 60 de material lixiviado puede bombearse por medio de la bomba 65 desde la zona 55 de recogida para dirigirse al sistema 35d de distribución y/o para dirigirse a una balsa de desechos.

En una realización alternativa (no ilustrada), la cinta 48 transportadora es permeable a líquido, y la disolución de lixiviación cargada, que ha percolado a través del montón 22, fluye a través de la cinta 48 permeable a los líquidos hacia una zona 55 de recogida de material lixiviado grande (tal como una zanja) colocada inmediatamente por debajo de la cinta 48 transportadora.

El funcionamiento del método de lixiviación en la figura 2h puede ser un sistema de paso único para los sólidos en el que el tiempo de residencia de los sólidos sobre la cinta transportadora es suficiente para reducir el contenido de al menos una impureza no deseada (preferiblemente cloruro de sodio, sulfato de sodio y/o compuestos orgánicos solubles en agua) en el residuo lixiviado resultante. Sin embargo, es posible que una parte del residuo lixiviado acumulado en el tanque 49 pueda enviarse sobre la cinta 48 transportadora para una lixiviación adicional. Este ciclo podría repetirse hasta que el contenido en la impureza en el residuo lixiviado presente en el tanque 49 alcance en promedio un valor predeterminado que hace que el residuo sea aceptable para la recirculación a la planta.

La figura 3 ilustra una diagrama de flujo de proceso de bloques de una planta para producir carbonato de sodio cristalino a partir de mena de trona, también conocida como planta de ceniza de sosa, que usa el método de lixiviación según la presente invención que retira alguna impureza del sólido de desecho para formar un residuo lixiviado y un segundo método opcional de eliminación de impurezas (tratamiento con magnesio) para formar una disolución purificada que contiene carbonato de sodio, conteniendo el residuo lixiviado y/o la disolución purificada carbonato de sodio que es adecuado para su uso como materia prima para la planta de ceniza de sosa.

En la producción de ceniza de sosa, se tritura mena 106 de trona y se calcina en un calcinador 108. El producto calcinado tiene una temperatura final de desde aproximadamente 257°F hasta 482°F (o desde 125°C hasta 250°C), o desde aproximadamente 300°F hasta 375°F (o desde 150°C hasta 190°C), o de aproximadamente 300-330°F (150-166°C) a la salida del calcinador 108 (también conocida como temperatura de "derrame"). Las condiciones de funcionamiento de la calcinación deben ser eficaces en la descomposición del sesquicarbonato de sodio en carbonato de sodio. Durante la calcinación, una parte de las impurezas que contienen silicio contenidas en la mena de trona se convierten en silicatos que son solubles en agua. Las condiciones de calcinación también tienen un impacto sobre el contenido de bicarbonato en el producto calcinado resultante, es decir, cuanto mayor sean la temperatura y el tiempo de residencia (y por tanto la finalización de la calcinación), menor será la cantidad de bicarbonato de sodio presente en el producto calcinado resultante. Una de las ventajas de la calcinación de la trona es que la trona calcinada se disuelve más rápido que la trona sin procesar. Otra ventaja es que la trona calcinada puede producir disoluciones más concentradas que contienen carbonato de sodio, cuyas concentraciones pueden alcanzar aproximadamente el 30%, mientras que la trona sin procesar disuelta da como resultado disoluciones que tienen sólo aproximadamente el 16% de carbonato de sodio más el 10% de bicarbonato de sodio.

Entonces se disuelve la mena de trona calcinada en agua o en un licor diluido, es decir, una disolución acuosa insaturada de carbonato de sodio (por ejemplo, una corriente 115 de licor débil que sale de un tanque 116 de licor débil que se describirá a continuación) dentro de un tanque 110 de lixiviación para dar una disolución saturada o casi saturada o licor 111 con aproximadamente el 30% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y que contiene impurezas solubles en agua, que incluyen uno o más silicatos, compuestos orgánicos, cloruros y sulfatos. A continuación en el presente documento, el licor 111 puede denominarse disolución 111 saturada o casi saturada. De hecho, la solubilidad de silicatos presentes

en la mena de trona aumenta durante la etapa de calcinación en el calcinador 108. La disolución de trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación tiene lugar generalmente a una temperatura de entre 170°F y 200°F (o entre 77,5 y 93°C). La disolución se lleva a cabo generalmente a presión atmosférica. El tiempo de residencia en el tanque 110 de lixiviación es generalmente de al menos 15 minutos, y puede ser de hasta 60 minutos. Aunque sólo se ilustra un tanque 110 de lixiviación en la figura 3, por motivos prácticos, el tanque 110 de lixiviación puede comprender dos o más recipientes que se hacen funcionar en serie en los que tienen lugar varias fases de disolución y/o que se hacen funcionar en paralelo. Es decir, en el recipiente más aguas arriba sólo tiene lugar una disolución parcial de trona calcinada, mientras que en el recipiente presentes más aguas abajo, se completa la disolución de carbonato de sodio para formar la disolución 111 saturada o casi saturada.

La lixiviación que tiene lugar en el tanque 110 de lixiviación no es el mismo método según la presente invención. En el tanque 110 de lixiviación, se espera una disolución completa de productos valorizados de carbonato de sodio, mientras que en el método para la retirada de impurezas mediante el presente método de lixiviación se produce una disolución selectiva de algunas de las impurezas mientras que al menos el 70% o más de los productos valorizados de carbonato de sodio inicialmente presentes en el sólido de balsa (de desecho) se retienen en el residuo lixivado (es decir, menos del 30% de los productos valorizados de carbonato de sodio se disuelven en el material lixivado).

El agua o medio acuoso en el que se disuelve la trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación puede ser agua dulce. Sin embargo, el agua o medio acuoso para la disolución de la trona calcinada puede contener una o más disoluciones acuosas recirculadas que ya contienen álcalis, procedentes del proceso de ceniza de sosa o de otros procesos. El agua o medio acuoso puede comprender aguas madre (aguas de cristalización) producidas aguas abajo del proceso, cuando se cristalizan carbonato de sodio, decahidrato de sodio y/o bicarbonato de sodio, por ejemplo. El agua o medio acuoso puede comprender agua de mina. Generalmente, la disolución de la trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación tiene lugar con al menos una parte de la corriente 115 de licor débil.

El tanque 110 de lixiviación también puede servir como recipiente para tratamiento(s) opcional(es), tal(es) como el tratamiento con magnesio opcional para la retirada de uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos solubles en agua (especialmente aquellos con propensión a formación de espuma), u otro tratamiento químico específico, o un ajuste del pH para la retirada de bicarbonato de sodio, o el uso secuencial o simultáneo de estos tratamientos.

La disolución saturada o casi saturada o licor 111 obtenido tras la disolución de la trona calcinada y que sale del tanque 110 de lixiviación se purifica normalmente en un sistema de separación. La purificación implica generalmente etapas de sedimentación y de filtración, para retirar las impurezas insolubles en agua que proceden de la mena de trona y para retirar los materiales insolubles que pueden formarse mediante el tratamiento con magnesio opcional. Generalmente un clasificador es la primera fase de retirada de sólidos. Retira los sólidos grandes que se sedimentan rápidamente. A continuación se usa un espesador y tiene un tiempo de residencia mucho más largo y retira sólidos más pequeños con la ayuda de un agente de floculación. Uno o más filtros terminan la purificación retirando los sólidos muy pequeños que no se sedimentan ni en el clasificador ni en el espesador. La purificación también puede implicar el uso de reactivos para facilitar la sedimentación y/o para retirar materias orgánicas todavía contenidas en la disolución purificada. Carbono activado y/o agente de floculación son ejemplos de tales reactivos.

La disolución 111 saturada o casi saturada que sale del tanque 110 de lixiviación se hace pasar preferiblemente a través de un clasificador 112 en el que se retira materia insoluble de gran tamaño y se envía a un aparato de disolución secundario y entonces a unas colas, y un rebosamiento 118 de clasificador sale del clasificador 112. La clasificación de la disolución 111 saturada o casi saturada tiene lugar generalmente a una temperatura de entre 170°F y 190°F (77-88°C) y a presión atmosférica.

El rebosamiento 118 de clasificador se alimenta a un primer espesador 113 en una serie de dos o más fases de espesamiento. En el primer espesador 113, tiene lugar la sedimentación de materia insoluble de menor tamaño, facilitándose generalmente esta sedimentación mediante adición de agente de floculación. El espesador 113 funciona generalmente a una temperatura de entre 160°F y 180°F (71-82°C) y a presión atmosférica. El tiempo de residencia en el espesador 113 es generalmente de al menos 12 horas, más preferiblemente entre 18 y 24 horas.

El primer espesador 113 también sirve como recipiente para tratamiento(s) opcional(es), tal(es) como el tratamiento con magnesio para la retirada de uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos solubles en agua (especialmente aquellos con propensión a formación de espuma), o para un ajuste del pH para la conversión de bicarbonato de sodio en carbonato de sodio, o el uso secuencial o simultáneo de estos tratamientos.

Haciendo referencia a una fase de espesamiento posterior, la materia insoluble en la parte inferior del primer espesador 113 se envía a otro espesador 113a para diluir la disolución que contiene carbonato de sodio usada para transportar los materiales insolubles a las colas. La separación mediante sedimentación genera una corriente insoluble que se elimina y un sobrenadante 124 que se envía a un tanque 116 de licor débil. Este sobrenadante 124 es una disolución insaturada que contiene carbonato de sodio que contiene menos del 20% de carbonato de sodio. El contenido en carbonato de sodio en el sobrenadante 124 puede variar entre el 3 y el 15%, pero generalmente es de entre el 5 y el 15%, o incluso entre el 5 y el 10%, o incluso entre el 3 y el 5%. Una corriente 115 de licor débil que sale del tanque 116 de licor débil se alimenta de vuelta al tanque 110 de lixiviación para proporcionar al menos una

parte (o la totalidad) del medio acuoso en el que se disuelve la trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación.

El tanque 116 de licor débil es básicamente un tanque de contención para proporcionar un flujo constante de la corriente 115 de licor débil al tanque 110 de lixiviación. La temperatura en el tanque 116 de licor débil es generalmente de entre 110°F y 160°F (entre 43,3 y 71°C), o preferiblemente entre 120°F y 155°F (entre 48,9 y 68,3°C); o más preferiblemente entre 150°F y 160°F (entre 66 y 71°C). La presión de funcionamiento en el tanque 116 de licor débil es generalmente la atmosférica. El tiempo de residencia del licor insaturado en el tanque 116 de licor débil es generalmente de al menos 10 minutos, normalmente de aproximadamente 180 minutos.

La corriente 115 de licor débil no está saturada en carbonato de sodio y generalmente contiene menos del 20% de carbonato de sodio. La corriente 115 de licor débil puede contener desde el 3% hasta el 15% de carbonato de sodio, o puede contener desde el 5% hasta el 10% de carbonato de sodio; o puede contener desde el 6% hasta el 9% de carbonato de sodio. El contenido en AT de tal corriente 15 es generalmente de entre el 3 y el 10% de AT, preferiblemente de aproximadamente el 4-7% de AT, o aproximadamente el 5-6% de AT.

Haciendo referencia de nuevo al funcionamiento del primer espesador 113, aunque la mayor parte de la materia insoluble se ha retirado de la disolución de ceniza de sosa saturada o casi saturada en el clasificador 112 y el primer espesador 113, todavía hay alguna materia insoluble muy pequeña que se necesita retirar. Por tanto, el rebosamiento del primer espesador 113 se hace pasar a través de una unidad 114 de filtración para crear una disolución saturada o casi saturada, purificada, que contiene carbonato de sodio que sale de la unidad 114 de filtración como filtrado 127.

Antes de hacer pasar la disolución a través de la unidad 114 de filtración, puede ponerse la disolución (por ejemplo, rebosamiento del espesador 113) en contacto con carbono activado para retirar algunos de los compuestos orgánicos presentes en la disolución.

Aunque no se ilustra en la figura 3, una parte de la disolución purificada (filtrado 127) puede servir como reactivo para un proceso para la producción de bicarbonato de sodio mediante reacción con dióxido de carbono, o un reactivo para un proceso para la producción de sulfito de sodio mediante reacción con dióxido de azufre.

Haciendo referencia de nuevo a la producción de carbonato de sodio tal como se ilustra en la figura 3, el filtrado 127 (disolución purificada) sirve como al menos una parte de la alimentación 101 del cristizador a un cristizador 102 (normalmente un cristizador evaporador).

El cristizador 102 en el que se introduce la disolución saturada o casi saturada purificada debe poder cristalizar carbonato de sodio. El carbonato de sodio cristalizado puede estar en diferentes formas de hidratación: monohidrato, decahidrato, heptahidrato o puede ser anhidro.

En realizaciones preferidas, los cristales de carbonato de sodio producidos en el cristizador 102 están en forma de monohidrato. El cristizador 102 es entonces parte de lo que se denomina comúnmente "proceso de monohidrato". A medida que se calienta la disolución saturada o casi saturada en el cristizador 102, tiene lugar evaporación de agua lo que realiza la cristalización de carbonato de sodio para dar cristales de carbonato de sodio monohidratado ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). La temperatura típica en el cristizador 102 puede ser de desde 160°F hasta 230°F (o desde 71 hasta 110°C).

Los cristales del monohidrato se retiran de las aguas madre mediante un separador 128 centrífugo y entonces se secan en una secadora para convertirlos en producto 109 de ceniza de sosa anhidra, que se almacena en silos y se carga en vagones ferroviarios o contenedores de transporte para su envío a clientes.

Una corriente de licor se recircula al cristizador 102 a través de un bucle de recirculación que comprende un intercambiador 107 de calor de cristizador para su procesamiento adicional para dar cristales de carbonato de sodio monohidratado. Mientras pasan a través del intercambiador 107 de calor de cristizador, la temperatura de las aguas madre aumenta.

Para evitar la contaminación y el deterioro de la forma y dureza de cristales por impurezas, tales como silicatos, así como para evitar la acumulación de estas impurezas en el cristizador y para minimizar la formación de incrustaciones en las superficies de intercambiador de calor expuestas a las aguas madre, debe purgarse una parte del licor del cristizador. Una corriente 103 de licor de purga se retira del cristizador 102. El contenido en AT de tal corriente 103 de licor de purga es generalmente de entre el 25 y el 31% de AT dependiendo de los niveles de impurezas solubles que entran en el sistema. La corriente 103 de licor de purga o una parte (103a) de la misma puede dirigirse a una balsa 104 de relaves (tal como se muestra en la figura 3) o un sistema de recuperación de carbonato de sodio decahidratado mecánico (no mostrado), o dirigirse a un proceso de bicarbonato tal como se ilustra en la figura 4.

Se retiran unas aguas madre que contienen cristales de carbonato de sodio monohidratado e impurezas solubles en agua (incluyendo silicato) del cristizador 102 y pueden enviarse al separador 128 centrífugo para recoger cristales

de monohidrato, mientras que se envía una corriente 129 de material centrifugado a un tanque 119 de material centrifugado. El tanque 119 de material centrifugado no sólo puede servir como tanque de compensación para la recirculación del material centrifugado sino que también puede servir como recipiente para tratamiento(s) opcional(es) del material centrifugado, tal(es) como un tratamiento químico específico para la retirada de uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos solubles en agua (especialmente aquellos con propensión a formación de espuma), o un ajuste del pH para la retirada de bicarbonato de sodio, o el uso secuencial o simultáneo de estos tratamientos.

La corriente 121 de licor de material centrifugado que sale del tanque 119 de material centrifugado se alimenta al cristalizador 102, o bien combinada con el filtrado 127 que sale de la unidad 114 de filtración para formar la alimentación 101 del cristalizador (tal como se muestra) o bien alimentada por separado al cristalizador 102 (no mostrado).

En el proceso llevado a cabo en el sistema ilustrado en la figura 3, el licor débil o de purga puede comprender impurezas solubles en agua que se seleccionan del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, compuestos orgánicos solubles en agua y cualquier combinación de los mismos, y puede comprender un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos.

En el proceso llevado a cabo en la planta de ceniza de sosa de la figura 3, el proceso de producción de carbonato de sodio comprende además la recirculación de un sólido de desecho que se recupera de un depósito 105 cristalino (que comprende carbonato de sodio decahidratado) que se forma en la balsa 104 de relaves. De hecho, el licor de purga (a través de la corriente 103a) enviado a la balsa 104 de relaves se evapora y/o se enfría dando como resultado la cristalización de carbonato de sodio decahidratado contaminado con cantidades variables de impurezas. Al menos una parte de este depósito 105 de carbonato de sodio decahidratado (también denominado depósito de "deca") se excava y recoge para su procesamiento adicional en la planta de ceniza de sosa. El depósito de "deca" incluye, pero no se limita a, cloruro de sodio soluble en agua, sulfato de sodio, uno o más silicatos, compuestos orgánicos (algunos de los cuales son agentes que provocan espuma) y también puede contener desde el 0,1% hasta el 10% de bicarbonato de sodio o hasta el 6% de bicarbonato de sodio.

La regeneración de este depósito de "deca" tiene varias ventajas: 1) reducción del volumen de la balsa 104 de relaves ocupado por este depósito, retrasando por tanto la necesidad de un levantamiento caro del dique o construcción de otra balsa de relaves, 2) aumento de la vida de la mina de trona reduciendo la cantidad equivalente de mena de trona requerida para la producción de carbonato de sodio; y 3) reducción del coste de producción de carbonato de sodio, ya que esta regeneración de carbonato de sodio decahidratado es más económica que la extracción en minería de mena de trona.

Según la presente invención, se somete a lixiviación una masa sólida recuperada de la balsa 104 de relaves y/o de un cristalizador distinto del cristalizador 102 de monohidrato.

Una parte (103b) de la corriente 103 de licor de purga puede dirigirse a usarse como disolución 30 de lixiviación o una parte de la misma en el sistema 10 de lixiviación para la lixiviación tal como se ilustra de manera general en la figura 1 y tal como se describe a continuación. La unidad de lixiviación puede comprender cualquiera de las unidades de lixiviación tal como se ilustran específicamente en las figuras 2a-2i, o bien de manera individual o bien en cualquier combinación. Por tanto, el método de lixiviación usado en sistema 10 de lixiviación puede abarcar cualquiera de las etapas o técnicas tal como se describen a continuación en relación con las figuras 2a-2i, o bien realizadas individualmente o bien realizadas en cualquier combinación. La masa de sólido de desecho que sirve como alimentación 20 sólida al sistema 10 de lixiviación comprende o consiste en al menos una parte del depósito 105 que se recupera de la balsa 104. El material 60 lixiviado que sale del sistema 10 de lixiviación puede dirigirse al sistema 10 de lixiviación a través de la línea 70 (para más lixiviación) y/o a la balsa 104 (para su eliminación). La disolución 30 de lixiviación que alimenta el sistema 10 de lixiviación puede comprender una parte (103b) del licor de purga monohidratado que sale del cristalizador 102, o un agua de mina, o un efluente de planta (tal como agua de depurador de caldera, purga de sulfito, purga de bicarbonato...). El residuo 50 lixiviado que sale del sistema 10 de lixiviación puede dirigirse al aparato 117 de disolución en el que se disolverá con un medio acuoso (preferiblemente licor 122 débil) para la reutilización de estos productos valorizados de carbonato de sodio para preparar ceniza de sosa.

En el proceso llevado a cabo en el sistema ilustrado en la figura 3, el residuo 50 lixiviado que contiene productos valorizados de carbonato de sodio puede añadirse (generalmente en forma disuelta) en una o más ubicaciones en el proceso con el fin de valorizar este sólido en lugar de eliminarlo como desecho. El residuo lixiviado recuperado puede comprender todavía impurezas solubles en agua que se seleccionan del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, compuestos orgánicos solubles en agua y combinaciones de los mismos, y puede comprender una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidrato, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio y cualquier combinación de dos o más de los mismos. El residuo lixiviado recuperado puede comprender, todavía adicionalmente, una impureza que contiene un elemento que se selecciona del grupo

que consiste en magnesio, calcio, hierro, aluminio y combinaciones de los mismos.

El residuo lixiviado se añade preferiblemente en forma disuelta tal como disuelto en agua o en una disolución acuosa que comprende productos valorizados alcalinos (tales como un licor débil). Cuando se recircula el residuo lixiviado a la planta de ceniza de sosa, puede añadirse en cualquier punto en la planta de ceniza de sosa, preferiblemente una ubicación que está ubicada aguas arriba de la unidad 114 de filtración. Puede añadirse a una disolución insaturada, saturada o casi saturada de carbonato de sodio, tal como añadirse a la corriente 115 de licor débil, al tanque 116 de licor débil o al espesador 113a secundario, o puede añadirse al espesador 113 primario, al clasificador 112 o su rebosamiento 118, o al tanque 110 de lixiviación.

Preferiblemente, en primer lugar se envía el residuo 50 lixiviado al aparato 117 de disolución (también denominado "fundidor"). Una parte 122 del licor débil que sale del tanque 116 de licor débil puede proporcionar el medio acuoso necesario para la disolución de residuo lixiviado en el aparato 117 de disolución. El residuo lixiviado se disuelve generalmente más rápido en disolución cuando se calienta. Dado que, por ejemplo, la disolución de "decahidrato" en agua es endotérmica, la necesidad de calor se proporciona mediante la parte 122 de licor débil que entra en el aparato 117 de disolución dado que el licor débil en el tanque 116 está a una temperatura superior a la temperatura del aparato de disolución. La temperatura en el aparato 117 de disolución es generalmente de entre 90°F y 120°F (32,2-48,9°C), o superior a 100°F (37,8°C). La presión de funcionamiento en el aparato 117 de disolución es generalmente la atmosférica. El tiempo de residencia del residuo lixiviado en el aparato 117 de disolución es generalmente de al menos 10 minutos, y puede ser de hasta 60 minutos. El tanque 116 de licor débil o un espesador secundario (tal como el segundo espesador 113a ilustrado) sirve como tanque de contención para una corriente 115 de licor débil. La corriente 115 de licor débil que sale del tanque 116 de licor débil se alimenta al tanque 110 de lixiviación.

Una parte o la totalidad del residuo lixiviado disuelto (corriente 123) que sale del aparato 117 de disolución puede enviarse como disolución a la corriente 115 de licor débil que sale del tanque 116 de licor débil (tal como se muestra) o puede dirigirse al tanque 116 de licor débil (no mostrado). Dado que el carbonato de sodio procedente del aparato 117 de disolución se alimenta a la corriente 115 de licor débil (que sale del tanque 116 de licor débil) o se alimenta al tanque 116 de licor débil, el contenido en AT de tal corriente 115 generalmente aumenta desde el ~6% típico (sin recirculación de "sólido de balsa") hasta generalmente entre el 8 y el 15%, de manera preferible aproximadamente el 11-13% de AT. La corriente 123 que comprende residuo lixiviado disuelto puede añadirse a la corriente 115 de licor débil en cualquier punto de adición entre el aparato 117 de disolución y el tanque 110 de lixiviación.

Alternativa o adicionalmente, una parte o la totalidad del residuo lixiviado disuelto (corriente 123') que sale del aparato 117 de disolución puede enviarse a un espesador, tal como el segundo espesador 113a en la serie de espesadores tal como se ilustra mediante una línea discontinua en la figura 3.

La corriente 115 de licor débil enviada al tanque 110 de lixiviación sirve para disolver la trona calcinada triturada para formar la disolución saturada o casi saturada o licor 111. Normalmente se purifica la disolución saturada o casi saturada o licor 111 obtenido tras la disolución de trona calcinada y que sale del tanque 110 de lixiviación. A continuación en el presente documento, al licor 111 se le puede denominar disolución 111 saturada o casi saturada. La purificación implica generalmente etapas de sedimentación y filtración para retirar impurezas insolubles en agua. La materia insoluble en agua en la disolución 111 saturada o casi saturada puede proceder de la mena de trona calcinada y puede resultar de tratamiento(s) químico(s) opcional(es) que crea(n) precipitados insolubles en agua y/o complejos con algunas impurezas solubles en agua, tales como uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos. La purificación también puede implicar el uso de reactivos para facilitar la sedimentación y/o para retirar materias orgánicas todavía contenidas en la disolución purificada. Carbono activado y/o floculantes son ejemplos de tales reactivos.

Tal como se ilustra en la figura 3, el licor 111 que contiene residuo lixiviado disuelto se alimenta normalmente a las siguientes unidades de separaciones: clasificador 112, espesadores (incluyendo el espesador 113 primario y el espesador 113a secundario que se hacen funcionar en serie) y unidad 114 de filtración. El sólido disuelto en el licor 111 puede originarse del sólido de depósito 105 de balsa y/o de un cristalizador, preferiblemente distinto del cristalizador 102 de monohidrato.

La fracción de residuo lixiviado disuelto en el licor 111 puede ser de desde el 1 hasta aproximadamente el 15%, puede ser desde el 1 hasta el 10%, o puede ser del 10% o más, procediendo el resto de trona calcinada disuelta. Debido a que el depósito 105 de balsa puede contener una cantidad varias veces superior de uno o más silicatos solubles en agua y bicarbonato de sodio que la trona calcinada (por ejemplo, quizás hasta 10 veces superior en ppm Si), incluso una pequeña fracción de depósito de balsa disuelto en el licor 111 puede proporcionar un aumento significativo del contenido en silicatos solubles en agua del licor 111 especialmente si el sólido de desecho (que comprende un sólido de balsa) no se somete al método de lixiviación y al tratamiento con magnesio. Por tanto cuanto mayor es la fracción de sólido de desecho disuelto en el licor 111, mayor es la necesidad de retirar las impurezas del sólido de desecho mediante lixiviación y tratamiento con magnesio antes de su entrada en el cristalizador 102.

En casos en los que el residuo lixiviado contiene una cantidad superior de bicarbonato de sodio soluble que la trona calcinada, añadir el residuo lixiviado disuelto en el licor 111 aumentará el contenido de bicarbonato de sodio en el licor 111. Dado que la fracción de residuo lixiviado en el licor 111 aumenta, por tanto será necesario convertir el bicarbonato de sodio en carbonato de sodio. La conversión puede llevarse a cabo calcinando térmicamente el residuo lixiviado, por ejemplo, antes de disolver el residuo lixiviado en el aparato 117 de disolución o mediante conversión química mediante reacción con un álcali (por ejemplo, cal, hidróxido de sodio). La conversión de bicarbonato de sodio en carbonato de sodio puede tener lugar en cualquier lugar en la planta entre el aparato 117 de disolución y el cristalizador 102, por ejemplo en el tanque 116 de licor débil, en el tanque 110 de lixiviación, en el tanque 119 de material centrifugado, en un recipiente del tanque 110 y/o en el primer espesador 113.

Adicionalmente, el sólido de balsa o desecho puede contener impurezas orgánicas, algunas de las cuales pueden tener una propensión a provocar espuma. Cuanto mayor es la fracción de residuo lixiviado que va a añadirse en el licor 111, mayor es la necesidad de disolver selectivamente algunas de las impurezas orgánicas mediante lixiviación y/o precipitar selectivamente algunas mediante tratamiento con magnesio antes de que el licor entre en el cristalizador 102.

Según una realización de la presente invención llevada a cabo en la figura 3, puede llevarse a cabo un tratamiento con magnesio opcional con el fin de retirar al menos parcialmente algunas de las impurezas que quedan en el residuo lixiviado, tales como uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos que provocan espuma.

Por ejemplo, puede añadirse un compuesto de magnesio a un licor que comprende al menos una parte del residuo lixiviado para realizar la retirada (al menos parcial) de silicato(s) soluble(s) en agua y/o impurezas orgánicas.

La adición de compuesto de magnesio puede llevarse a cabo en licor insaturado tal como en licor 115 débil (por ejemplo, punto 125 de adición) o en cualquier ubicación entre la salida inferior del primer espesador 113 y el tanque 110 de lixiviación incluyendo en el segundo espesador 113a (por ejemplo, en el punto 113' de adición), en el sobrenadante 124, en el tanque 116 de licor débil y/o en el aparato 117 de disolución (por ejemplo, en el punto 117' de adición). Por ejemplo, el tratamiento con magnesio puede llevarse a cabo añadiendo el compuesto de magnesio en el segundo espesador 113a que se alimenta mediante la parte 123' que comprende residuo lixiviado disuelto que sale del aparato 117 de disolución. Por ejemplo, el compuesto de magnesio (por ejemplo, en forma disuelta o en suspensión espesa o en dispersión o en suspensión) puede mezclarse con la parte 123' que comprende residuo lixiviado disuelto antes de que la parte 123' entre en el espesador 113a secundario o puede añadirse por separado al espesador 113a secundario (tal como se muestra con el punto 113' de adición).

Un tratamiento alternativo o adicional con un compuesto de magnesio puede llevarse a cabo con un licor que contiene carbonato de sodio saturado o casi saturado. Como ejemplo, puede añadirse un compuesto de magnesio a un licor que comprende al menos una parte del residuo lixiviado y trona calcinada disuelta para formar un precipitado de silicato que realiza la retirada de una o más impurezas de silicatos solubles en agua. La adición puede llevarse a cabo en el tanque 110 de lixiviación, en el clasificador 112, en el rebosamiento 118 de clasificador (por ejemplo, el punto 126 de adición), en el espesador 113 primario, o en cualquier ubicación entre el tanque 110 de lixiviación y el espesador 113 primario.

La ubicación de la adición del compuesto de magnesio se elige para proporcionar una cantidad de tiempo suficiente para permitir la retirada de silicato deseada en el licor tratado mediante la formación de silicatos insolubles. El tiempo necesario para la formación de precipitado debe ser como mínimo de 5 minutos, pero preferiblemente al menos 20 minutos, más preferiblemente entre 20 y 60 minutos, pero puede ser de hasta 24 horas.

Dado que la corriente 115 de licor débil se alimenta al tanque 110 de lixiviación en el que se disuelve la trona calcinada, puede añadirse magnesio en una cantidad estequiométrica con respecto a la formación de silicato de magnesio no sólo basándose en el contenido en silicato presente en el licor débil que entra en el tanque 110 sino también basándose en el contenido en silicato en la trona calcinada que entra en el tanque 110. Alternativamente, el compuesto de magnesio puede añadirse en una cantidad inferior a la estequiométrica o superior a la estequiométrica, para alcanzar la retirada parcial o completa deseada de los silicatos solubles en agua presentes en la disolución contenida en el tanque 110 de lixiviación. Si todavía queda magnesio en formas distintas de silicato en la corriente 115 de licor débil que se arrastra en el tanque 110 de lixiviación, puede producirse retirada adicional de silicatos solubles de la trona calcinada que está disolviéndose en el tanque 110 de lixiviación, por ejemplo mediante la posterior conversión de compuestos de magnesio más solubles en agua que el silicato de magnesio.

Aunque la figura 3 se describe para la producción de ceniza de sosa con la recirculación del depósito 105 sólido recuperado de la balsa 104, se prevé que la recirculación de tal sólido de balsa recuperado puede realizarse en un proceso que produce bicarbonato de sodio, en el que la balsa 104 de relaves puede hacerse funcionar en condiciones favorables para la cristalización de bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio. En este caso, el depósito sólido formado en la balsa puede comprender bicarbonato de sodio y/o sesquicarbonato de sodio cristalizados, y este depósito sólido también contendrá impurezas solubles en agua. Cuando al menos una parte de tal depósito se excava y recircula al proceso de bicarbonato de sodio y/o al proceso de ceniza de sosa, el método o bien con un método de retirada de impurezas de una etapa (un método de lixiviación) o bien con un método de

retirada de impurezas de dos etapas (una etapa de lixiviación seguida por un tratamiento con magnesio) según la presente invención puede llevarse a cabo con el sólido que contiene bicarbonato de sodio tal como se describió anteriormente con el fin de reducir el contenido en impurezas.

- 5 Puede encontrarse un ejemplo de un proceso para producir bicarbonato de sodio en la solicitud de patente publicada antes de la concesión estadounidense US 2009/0291038 de Davoine et al. que se incorpora en el presente documento como referencia.

10 Otro ejemplo de un proceso en el que se producen conjuntamente carbonato y bicarbonato de sodio cristalinos es tal como se muestra en la figura 4, que ilustra aún otra realización de la presente invención. En la figura 4, la operación de calcinación de trona en el calcinador 108, la disolución de trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación, la separación de materiales insolubles de licor saturado o casi saturado en el sistema de separación (tal como en las unidades 112, 113, 113a, 114), la operación en el sistema de cristalización de monohidrato (cristalización en el  
15 cristizador 102, recirculación de licor a través del intercambiador 107 de calor, retirada y separación del material 129 centrifugado usando una centrifugadora 128 de la figura 3) avanzan tal como se describió anteriormente para la figura 3.

Sin embargo, el proceso llevado a cabo en la planta de la figura 4 se diferencia del de la figura 3 de la siguiente manera. Al menos una parte (103c) del licor 103 de purga monohidratado se envía a un proceso de bicarbonato.  
20 Opcionalmente una parte de las aguas 129 madre o del licor 121 de material centrifugado puede dirigirse además al mismo proceso de bicarbonato en vez de recircularse al cristizador 102 de monohidrato. Otra parte (103a) del licor 103 de purga monohidratado puede enviarse a la balsa 104a mientras que otra parte (103b) del licor 103 de purga monohidratado se dirige a la unidad 10 de lixiviación para proporcionar al menos una parte de la disolución 30 de lixiviación.

25 La figura 4 comprende además la creación de un segundo licor de purga que sale del proceso de bicarbonato que se envía a la balsa 104a de relaves en la que hay formación de un nuevo depósito 105a de balsa. Al menos una parte de este depósito 105a de balsa se recupera, se purifica mediante el método de retirada de impurezas de dos etapas y se dirige para su procesamiento adicional en la planta de producción conjunta. El sólido de balsa recuperado  
30 puede contener impurezas solubles en agua que se seleccionan del grupo que consiste en cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos, compuestos orgánicos y combinaciones de los mismos. El sólido de balsa recuperado puede tener además una impureza que contiene un elemento que se selecciona del grupo que consiste en magnesio, calcio, hierro, aluminio y combinaciones de los mismos. Este sólido de balsa recuperado también contiene un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado,  
35 carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidrato, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio y cualquier combinación de dos o más de los mismos.

Este sólido de balsa recuperado se somete a una primera etapa de retirada de impurezas (es decir, el método de lixiviación) según una realización de la presente invención en la unidad 10 de lixiviación tal como se describió  
40 anteriormente en la figura 1 o mediante cualquier método de lixiviación descrito con respecto a las figuras 2a-2i.

Entonces puede someterse un licor que contiene al menos parte del residuo lixiviado disuelto a una segunda etapa de retirada de impurezas (es decir, un tratamiento con magnesio).

45 En la operación del proceso según la figura 4, se tritura mena 106 de trona y se calina en el calcinador 108. Se introducen trona calcinada triturada y una corriente 115a de licor débil en el tanque 110 de lixiviación. El licor 111a resultante contiene materiales insolubles en agua y se purifica en al menos una unidad 150 de separación para formar la disolución 127 acuosa purificada. La unidad 150 de separación puede incluir un clasificador, uno o más  
50 espesadores y/o un sistema de filtración, tal como el clasificador 112, los espesadores 113 y 113a y el filtro 114 que se describieron anteriormente en el contexto de la figura 3. La alimentación 101 del cristizador que comprende el filtrado 127 y al menos una parte 121 de material centrifugado de unas aguas 129 madre recirculadas se introduce en el cristizador 102 de monohidrato, en el que se produce una suspensión 130 que contiene cristales de carbonato de sodio monohidratado. Se separa un producto 109 final cristalino que contiene estos cristales de monohidrato de la suspensión 130 en un separador (tal como la centrifugadora 128 descrita anteriormente en el  
55 contexto de la figura 3), mientras que al menos una parte 121 de material centrifugado de las aguas 129 madre resultantes se envía de vuelta al cristizador 102.

En algunas realizaciones de la figura 4, la parte 121a de las aguas 129 madre del proceso de monohidrato que no se recircula al cristizador 102 puede enviarse a un reactor 131 en el que se forma bicarbonato de sodio mediante  
60 reacción de carbonato de sodio con CO<sub>2</sub>.

Una segunda alimentación 103c de cristizador que comprende una parte de la corriente 103 de purga de monohidrato que sale del cristizador 102 y/o la parte 121a de las aguas 129 madre se alimenta al reactor 131. El  
65 carbonato de sodio presente en la segunda alimentación 103c de cristizador se hace reaccionar con CO<sub>2</sub> para formar bicarbonato de sodio que se cristaliza. En algunas realizaciones, la segunda alimentación 103c de cristizador que comprende carbonato de sodio comprende al menos 175 g/kg de carbonato de sodio, y el materia

132 prima de dióxido de carbono comprende al menos el 90% de CO<sub>2</sub>. La alimentación de CO<sub>2</sub> al reactor 131 puede ser de una materia 132 prima de dióxido de carbono y/o de efluentes 139 y 140 que contienen CO<sub>2</sub> (descritos a continuación) generados en la planta de producción conjunta.

5 La segunda alimentación 103c de cristalizador puede consistir esencialmente en la corriente 103 de purga que sale del cristalizador 102 de monohidrato, o puede consistir esencialmente en la parte 121a de las aguas 129 madre. La segunda alimentación 103c de cristalizador puede contener al menos 175 g/kg, preferiblemente al menos 190 g/kg, más preferiblemente al menos 205 g/kg, lo más preferiblemente al menos 220 g/kg de carbonato de sodio. La segunda alimentación 103c de cristalizador puede contener no más de 250 g/kg, preferiblemente no más de 240 g/kg de carbonato de sodio. La segunda alimentación 103c de cristalizador puede contener no más de 30 g/kg, preferiblemente no más de 20 g/kg, más preferiblemente no más de 15 g/kg, lo más preferiblemente no más de 10 g/kg de bicarbonato de sodio. La segunda alimentación 103c de cristalizador comprende impurezas solubles en agua tales como cloruro de sodio (NaCl), sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos. La segunda alimentación 103c de cristalizador puede contener al menos 0,1 g/kg, preferiblemente al menos 0,5 g/kg de Si (contado como sílice). La segunda alimentación 103c de cristalizador puede contener no más de 1,5 g/kg de sílice, preferiblemente no más de 1 g/kg de sílice. También se recomienda que la segunda alimentación 103c de cristalizador no contenga más de 60 g/kg, preferiblemente no más de 50 g/kg de cloruro de sodio y/o no contenga más de 20 g/kg de sulfato de sodio, más preferiblemente no más de 15 g/kg de sulfato de sodio.

20 Si el contenido en impurezas solubles en agua (uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos) en la segunda alimentación 103c de cristalizador supera lo que puede ser aceptable, entonces la segunda alimentación 103c de cristalizador puede someterse a un tratamiento de retirada de impurezas opcional tal como el tratamiento con magnesio (que forma materia insoluble en agua con al menos una parte de las impurezas solubles en agua), y entonces puede separarse antes de dirigirse al reactor 131.

25 El reactor 131 sirve como zona de reacción para la conversión de carbonato de sodio con dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) así como un cristalizador para preparar bicarbonato de sodio cristalino. El reactor 131 comprende generalmente un dispositivo de contacto gas-licor, tal como un reactor de gas-licor con agitación apropiada, que comprende un inyector de gas que puede distribuir el gas homogéneamente en el interior del reactor. El licor constituye ventajosamente la fase continua dentro del reactor 131, inyectándose el gas en la parte inferior y moviéndose hacia arriba. El reactor 131 comprende preferiblemente medios de enfriamiento, para contrarrestar la exotermia de la reacción. La temperatura dentro del reactor 131 puede ser de entre 60°C y 80°C, más preferiblemente entre 65°C y 75°C. La temperatura de la segunda alimentación 103c de cristalizador (parte de la corriente 103 de purga de monohidrato y/o parte 121a de las aguas 129 madre) cuando se alimenta al reactor 131 está normalmente a una temperatura superior, preferiblemente de entre 80°C y 95°C. Con el fin de obtener una suspensión acuosa adecuada que comprende cristales de bicarbonato de sodio, el tiempo de residencia en el reactor 131 puede ser superior a 10 minutos, preferiblemente superior a 20 minutos.

40 La alimentación de dióxido de carbono al reactor 131 debe reaccionar eficazmente con el carbonato de sodio de la segunda alimentación de cristalizador en el reactor 131. Con ese fin, se recomienda que la fuente combinada de dióxido de carbono tal como materia 132 prima y/o efluentes 139 y 140 que contienen CO<sub>2</sub> comprenda al menos el 20% en peso, o al menos el 40%, o al menos el 60%, o preferiblemente al menos el 80% de CO<sub>2</sub>. Resulta particularmente eficaz usar CO<sub>2</sub> puro (al 100%), pero no se requiere.

45 La alimentación de CO<sub>2</sub> al reactor 131 puede tener diferentes orígenes. En algunas realizaciones, la materia 132 prima de CO<sub>2</sub> puede proceder de una planta de gas natural, tras haberse concentrado por ejemplo a través de un proceso de amina. La alimentación de CO<sub>2</sub> procede preferiblemente de la planta de ceniza de sosa monohidratada, por ejemplo puede incluir el efluente 140 que contiene CO<sub>2</sub> del calcinador 108 usado para calcinar la trona y/o el efluente 139 que contiene CO<sub>2</sub> de una unidad 138 de extracción de CO<sub>2</sub> opcional. En el proceso para la producción conjunta de cristales de carbonato de sodio y de bicarbonato de sodio tal como se ilustra en la figura 4, la alimentación de dióxido de carbono al reactor 131 puede producirse mediante calcinación indirecta de una composición que libera CO<sub>2</sub> al calcinarse, preferiblemente una composición que comprende un bicarbonato alcalino, más preferiblemente una composición que comprende sesquicarbonato de sodio o trona. La calcinación de trona se realiza ventajosamente a entre 140°C y 180°C. Por calcinación indirecta quiere decirse calcinación en la que la composición que va a calcinarse no está en contacto directo con la fuente de calor usada para calentar el calcinador. Esta es de hecho la situación en calcinadores convencionales, en los que la composición está en contacto directo con los gases de combustión producidos al quemar combustible. En tal realización, pueden usarse calcinadores calentados por vapor de agua, en los que se hace circular el vapor de agua en tuberías, y la composición, preferiblemente trona, se calienta mediante contacto con la superficie exterior de las tuberías. El vapor de agua se produce ventajosamente mediante cogeneración de vapor de agua y electricidad. Cuando el calcinador 108 en la figura 4 es un calcinador calentado por vapor de agua, produce el efluente 140 de calcinador que comprende CO<sub>2</sub>, tras un secado adecuado por ejemplo mediante una etapa de condensación, de modo que el efluente 140 de calcinador tiene una concentración elevada en CO<sub>2</sub>, normalmente más del 80% en volumen, preferiblemente más del 90%, lo más preferiblemente más del 95%. Por tanto el efluente 140 de calcinador que comprende CO<sub>2</sub> producido de esa manera es especialmente adecuado como parte de la alimentación de dióxido de carbono al reactor 131 para la producción de bicarbonato de sodio a partir de carbonato de sodio.

La suspensión 133 producida en el reactor 131 se somete a una separación. La separación de los cristales de la suspensión puede llevarse a cabo mediante cualquier medio de separación mecánica apropiado, por ejemplo mediante sedimentación, mediante centrifugación, mediante filtración o mediante una combinación de estos tres medios de separación. Los cristales de bicarbonato de sodio se separan preferiblemente en un sistema 135 de separación (que incluye preferiblemente un filtro), se secan y se compactan para formar un producto 134 de bicarbonato de sodio.

Una segunda corriente 136 de licor sale del sistema 135 de separación. Esta segunda corriente 136 de licor puede enviarse directamente al menos en parte a la balsa 104a de relaves. Alternativa o adicionalmente, el segundo licor puede dirigirse (al menos en parte) a una unidad 138 de extracción de CO<sub>2</sub> opcional. Esta segunda corriente 136 de licor o parte de la misma se hace reaccionar con vapor 137 (o se "desbicarbonata") en la unidad 138 para liberar CO<sub>2</sub> a partir de bicarbonato, y al salir de la unidad 138, la corriente 136a de licor desbicarbonatada se envía a la balsa 104a de relaves.

La corriente 139 de efluente que comprende dióxido de carbono sale de la unidad 138 de extracción de CO<sub>2</sub> opcional y puede recircularse al reactor 131, ya que este efluente 139 que contiene CO<sub>2</sub> puede servir como una parte de la alimentación de CO<sub>2</sub> para la reacción con carbonato de sodio.

Por tanto, la balsa 104a de relaves puede recibir la segunda corriente 136 de licor (o una parte de la misma) que sale del sistema 135 de separación, la corriente 136a de licor desbicarbonatado que sale de la unidad 138 y/o al menos una parte 103a del licor 103 de purga que sale del cristalizador 102 de monohidrato. En la balsa 104a de relaves, tiene lugar cristalización por evaporación y/o por enfriamiento dando como resultado la formación de cristales de al menos un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, decahidrato de sodio, heptahidrato de sodio, monohidrato de sodio y combinaciones de los mismos, acumulándose estos cristales en el depósito 105a de balsa. El depósito 105a de balsa contiene preferiblemente cristales de al menos una sal de sodio seleccionada del grupo que consiste en bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, decahidrato de sodio y combinaciones de los mismos, o más preferiblemente contiene cristales de al menos un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio y combinaciones de los mismos. El depósito 15a de balsa está generalmente contaminado con impurezas solubles en agua, incluyendo cloruro de sodio, sulfato de sodio, uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos, algunos de los cuales pueden ser agentes que provocan espuma. Al menos una parte de este depósito 105a de balsa se recupera para su recirculación en la planta.

La recirculación del sólido de balsa recuperado a la planta procede de la siguiente manera.

La masa 20 de sólido 105a de balsa recuperado y la disolución 30 de lixiviación (medio acuoso) se alimentan a la unidad 10 de lixiviación. Durante la lixiviación, hay una disolución selectiva de algunas de las impurezas solubles en agua del sólido a la disolución para formar una corriente 60 de material lixiviado (licor) y un residuo 50 lixiviado (sólido) que tiene un contenido reducido en impurezas solubles en agua. La corriente 60 de material lixiviado puede dirigirse de vuelta a la balsa 104a y/o puede dirigirse de vuelta a la unidad 10 de lixiviación para un contacto adicional con la masa 20 de sólido de balsa.

Entonces se envía el residuo 50 lixiviado a un aparato 117a de disolución. Una parte 122 de licor débil del tanque 116 de licor débil puede proporcionar el medio acuoso para la disolución del sólido regenerado en el aparato 117a de disolución. Dado que la disolución de residuo 50 lixiviado en agua puede ser endotérmica, el calor necesario para la disolución puede proporcionarse mediante la parte 122 de licor débil que entra en el aparato 117a de disolución dado que la temperatura de la parte 122 es superior a la temperatura del aparato de disolución. La temperatura en el aparato 117a de disolución es generalmente superior a aproximadamente 90°F (32°C), o superior a aproximadamente 100°F (38°C), y como mucho de aproximadamente 140°F (60°C) o como mucho de aproximadamente 120°F (49°C). La presión de funcionamiento en el aparato 117a de disolución es generalmente la atmosférica. El tiempo de residencia en el aparato 117a de disolución es generalmente de al menos 10 minutos, y puede ser de hasta 60 minutos. El tanque 116 de licor débil tal como se ilustra en la figura 4 o un espesador secundario (no ilustrado) usado en la unidad 150 de separación (tal como el espesador 113a descrito en la figura 3) sirve como tanque de contención para la corriente 115a de licor débil que va a enviarse de vuelta al tanque 110 de lixiviación tal como se describió anteriormente para la corriente 115 de licor débil de la figura 3.

Una parte o la totalidad de la corriente 123 (que comprende residuo lixiviado disuelto) que sale del aparato 117a de disolución puede mezclarse con la corriente 115a de licor débil que sale del tanque 116 de licor débil (tal como se muestra) o puede dirigirse al tanque 116 de licor débil (no mostrado). La corriente 115a de licor débil alimentada al tanque 110 de lixiviación sirve para disolver la trona calcinada triturada. La disolución saturada o casi saturada o licor 111a sale del tanque 110 de lixiviación y se dirige a la unidad 150 de separación.

Según la presente invención, la masa 20 de sólido de desecho que se alimenta al sistema 10 de lixiviación comprende o consiste esencialmente en al menos una parte del depósito 105a de balsa que se recupera de la balsa 104a. La masa 20 de sólido sometida a la lixiviación consiste preferiblemente en una parte del depósito 105a de

- balsa recuperado de la balsa 104a de relaves. Sin embargo, cuando la masa 20 sólida contiene una parte del depósito 105a de balsa recuperado de la balsa 104a de relaves, puede contener además trona extraída en minería triturada, trona calcinada, una parte no comercializable de producto 109 de ceniza de sosa, una parte no comercializable de producto 134 de bicarbonato de sodio y/o un sólido procedente de un cristalizador distinto del cristalizador 102 de monohidrato (no ilustrado). En realizaciones preferidas, la masa 20 de sólido de desecho no contiene trona triturada ni trona calcinada. En realizaciones alternativas o adicionales, la masa 20 de sólido de desecho no contiene producto 109 de ceniza de sosa ni producto 134 de bicarbonato de sodio.
- El sistema 10 de lixiviación puede comprender cualquiera de las unidades de lixiviación tales como las ilustradas en las figuras 2a-2i, o bien de manera individual o bien en cualquier combinación. Por tanto, el método de lixiviación usado en el sistema 10 de lixiviación puede abarcar cualquiera de las etapas o técnicas tal como se describieron anteriormente en relación con las figuras 2a-2i, o bien realizadas individualmente o bien realizadas en cualquier combinación.
- La disolución 30 de lixiviación que va a usarse en el sistema 10 de lixiviación tal como se ilustra de manera general en la figura 1 y descrito anteriormente puede comprender la parte (103b) de la corriente 103 de licor de purga monohidratado que sale del cristalizador 102 de monohidrato. Adicional o alternativamente, la disolución 30 de lixiviación puede comprender al menos una parte de otro licor de purga que sale del sistema de cristalización de bicarbonato de sodio, tal como al menos una parte de la segunda corriente 136 de licor que sale del sistema 135 de separación y/o al menos una parte de la corriente 136a de licor desbicarbonatado que sale de la unidad 138 de extracción de CO<sub>2</sub> opcional. La disolución 30 de lixiviación puede comprender adicionalmente agua de mina u otro efluente de planta (tal como un rebosamiento de un clasificador, un sobrenadante de espesador, un efluente de un espesador secundario,...).
- El residuo 50 lixiviado que sale del sistema 10 de lixiviación puede dirigirse al aparato 117a de disolución en el que se disolverá para dar un medio acuoso (preferiblemente licor 122 débil) para su reutilización para preparar ceniza de sosa.
- La corriente 60 de material lixiviado que sale del sistema 10 de lixiviación puede dirigirse a la balsa 104a y/o dirigirse a la unidad 10 de lixiviación para un contacto adicional con el sólido.
- En una realización alternativa o adicional no ilustrada en la figura 4, en lugar de dirigir el residuo lixiviado disuelto (en la corriente 123) al tanque 110 de lixiviación a través de la corriente 115a, una parte o la totalidad del residuo lixiviado disuelto (corriente 123) que sale del aparato 117a de disolución puede enviarse a un espesador secundario (no ilustrado) usado en la unidad 150 de separación (tal como segundo espesador 113a en la serie de espesadores tal como se ilustra en la figura 3).
- Según una realización de la presente invención llevada a cabo en la figura 4, se lleva a cabo una segunda etapa de retirada de impurezas (un tratamiento con magnesio) con el fin de retirar al menos parcialmente algunas de las impurezas que quedan en el residuo lixiviado, tales como uno o más silicatos y/o compuestos orgánicos que provocan espuma. Por ejemplo, puede añadirse un compuesto de magnesio a un licor que comprende al menos una parte del residuo lixiviado para realizar la retirada (al menos parcial) de silicato soluble en agua y/o impurezas orgánicas.
- La adición de compuesto de magnesio puede llevarse a cabo en licor insaturado tal como en licor 115a débil (por ejemplo, punto 125 de adición) o en el tanque 116 de licor débil, y/o en el aparato 117a de disolución o en un espesador secundario usado en la unidad 150 de separación tal como el espesador 113a ilustrado en la figura 3 (por ejemplo, punto 113' de adición). Por ejemplo, el compuesto de magnesio (por ejemplo, en forma disuelta o en suspensión espesa o en dispersión o en suspensión) puede mezclarse con licor 115a débil que comprende residuo lixiviado disuelto antes de que el licor 115a débil entre en el tanque 110.
- Puede llevarse a cabo un tratamiento alternativo o adicional con un compuesto de magnesio con un licor que contiene carbonato de sodio saturado o casi saturado. Como ejemplo, puede añadirse un compuesto de magnesio a un licor que comprende al menos una parte del residuo lixiviado y trona calcinada disuelta para formar materiales insolubles que realiza la retirada de parte del silicato y/o impurezas orgánicas. La adición puede llevarse a cabo en el tanque 110 de lixiviación, en un clasificador usado en la unidad 150 de separación, tal como el clasificador 112 ilustrado en la figura 3, o su rebosamiento de clasificador (por ejemplo, punto 126 de adición).
- Adicionalmente, aunque no se ilustra, si el contenido en impurezas (silicatos y/o compuestos orgánicos) en la alimentación 103c de bicarbonato (que comprende una parte del licor 103 de purga monohidratado) que se alimenta al reactor 131 supera lo que puede ser aceptable para la formación de bicarbonato de sodio cristalino, entonces puede someterse la alimentación 103c a un tratamiento con magnesio y entonces separarse antes de dirigirse al reactor 131.
- Otro ejemplo de un proceso en el que se producen conjuntamente carbonato y bicarbonato de sodio cristalinos se muestra en la figura 5, que ilustra aún otra realización de la presente invención. La operación de calcinación de trona

5 en el calcinador 108, disolución de trona calcinada en el tanque 110 de lixiviación, separación de materiales insolubles de la disolución saturada o casi saturada en el sistema de separación (tal como las unidades 112, 113, 113a, 114), operación en el sistema de cristalización de monohidrato (cristalización en el cristizador 102, recirculación de licor a través del intercambiador 107 de calor, retirada y separación del material 129 centrifugado usando una centrifugadora 128 de la figura 3) avanzan tal como se describió anteriormente para la figura 3. De manera similar a la figura 4, al menos una parte del licor 103 de purga monohidratado se envía mediante la alimentación 103c al proceso de bicarbonato que incluye el reactor 131, la unidad 135 y la unidad 138 opcional. Opcionalmente una parte de las aguas 129 madre o el licor 121 de material centrifugado también puede enviarse al mismo proceso de bicarbonato en vez de recircularse al cristizador 102.

10 Sin embargo, el proceso llevado a cabo en la planta de la figura 5 se diferencia del de la figura 4 de la siguiente manera. No se envía nada del licor 103 de purga monohidratado a una balsa 104b de relaves. Aunque una parte del licor 103 de purga monohidratado en la alimentación 103c se envía al reactor 131 para la conversión de carbonato de sodio en bicarbonato, otra parte (103d) del licor 103 de purga monohidratado se envía al aparato 117a de disolución en el que se disuelve el residuo 50 lixiviado que sale de la unidad 10 de lixiviación. Una parte o la totalidad de la corriente 123 (que comprende residuo lixiviado disuelto) que sale del aparato 117a de disolución se dirige entonces al reactor 131. En cuanto al segundo licor 136 de purga (bicarbonato) que sale del proceso de bicarbonato, una parte del mismo en la línea 136a se envía a la balsa 104b de relaves en la que se produce formación de un nuevo depósito 105b de balsa, mientras que otra parte en la línea 136b sirve como al menos una parte de la disolución 30 de lixiviación en la unidad 10 de lixiviación.

25 Según una realización de la presente invención llevada a cabo en la figura 5, se lleva a cabo un tratamiento con magnesio con el fin de retirar (al menos parcialmente) algunas de las impurezas que quedan en el residuo lixiviado, tales como silicatos y/o compuestos orgánicos que provocan espuma. La adición de compuesto de magnesio puede llevarse a cabo en la corriente 123 (que comprende residuo lixiviado disuelto) que sale del aparato 117a de disolución (por ejemplo, punto 125' de adición) o en un tanque que recibe tal corriente 123 (no ilustrado). Por ejemplo, puede mezclarse un compuesto de magnesio en la corriente 123, y entonces el licor tratado entra en una unidad 150a de separación secundaria en la que se retiran los materiales insolubles formados para formar la corriente purificada que entonces se alimenta al reactor 131 de bicarbonato.

30 En alguna realización, si el contenido en impurezas solubles en agua (silicatos y/o compuestos orgánicos) en la alimentación 103c al reactor 131 de bicarbonato supera lo que puede ser aceptable para la formación de bicarbonato de sodio cristalino, entonces puede someterse a un tratamiento con magnesio y entonces se separa antes de dirigirse al reactor 131. Tal como se ilustra, una parte 103e de la alimentación 103c se mezcla con la corriente 123 que sale del aparato 117a de disolución antes del punto 125' de adición de Mg del compuesto de magnesio y entonces las corrientes combinadas tratadas entran en la unidad 150a de separación secundaria para formar una disolución purificada que entonces se dirige al reactor 131.

40 Según aún otra realización no ilustrada de la presente invención que es aplicable al proceso ilustrado en la figura 3 - 5, el método puede comprender además convertir bicarbonato de sodio en carbonato de sodio, por ejemplo mediante la adición de un álcali (por ejemplo, hidróxido, cal). Esta etapa puede llevarse a cabo independientemente de si tiene lugar la reducción de impurezas en el residuo lixiviado. Los solicitantes han encontrado que la presencia de bicarbonato de sodio en la alimentación 101 del cristizador (disolución saturada o casi saturada) tenía un impacto negativo sobre la cristalización de carbonato de sodio monohidratado en el cristizador 102, especialmente si se deja que el bicarbonato de sodio supere su punto de saturación que varía desde el 1,5% hasta el 3,5% en el cristizador 102 (dependiendo del intervalo de la temperatura del cristizador). El contenido en bicarbonato en el licor saturado o casi saturado que resulta de la trona calcinada disuelta viene dictado normalmente por una selección apropiada de las condiciones de calcinación. Por tanto, en general, el contenido en bicarbonato se mantiene deliberadamente a un nivel inferior a la saturación. Sin embargo, cuando se recircula el residuo 50 lixiviado (que comprende carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato y/o sesquicarbonato) a la producción de ceniza de sosa o a la planta de producción conjunta de ceniza de sosa/bicarbonato, puede traer consigo cantidades significativas de bicarbonato de sodio, y el control habitual del contenido en bicarbonato de la alimentación 101 del cristizador al cristizador 102 de monohidrato no es eficaz en esta situación.

55 La adición de álcali o el ajuste del pH para la conversión de bicarbonato en carbonato se lleva a cabo preferiblemente tras el método de lixiviación en la unidad 10, aunque también puede llevarse a cabo en puntos diferentes en la planta de producción conjunta o de ceniza de sosa. El ajuste del pH se realiza generalmente añadiendo al menos un compuesto alcalino, preferiblemente en forma soluble, tal como una disolución de hidróxido de sodio o cal, para lograr un pH de disolución final de aproximadamente 11,5. El ajuste del pH puede realizarse en el tanque 16 de licor débil, el tanque 110 de lixiviación, el espesador 113 o el tanque 119 de material centrifugado, tal como se ilustra en la figura 3. El ajuste del pH se realiza preferiblemente en el tanque 110 de lixiviación. Tal como se explicó anteriormente, por motivos prácticos, el tanque 110 de lixiviación puede comprender dos o más recipientes que se hacen funcionar en serie en los que tienen lugar diversas fases de disolución. En tal caso, el ajuste del pH puede realizarse en el recipiente más aguas abajo de modo que hay tiempo suficiente en la formación de materia insoluble en agua mediante tratamiento(s) químico(s) opcional(es) para retirar algunas impurezas solubles en agua (tales como uno o más silicatos), antes de ajustar el pH para convertir el bicarbonato de sodio en

carbonato de sodio.

Aunque no se ilustra en las figuras 3-5, el tanque 116 de licor débil, o el aparato 117 o 117a de disolución, o el tanque 119 de material centrifugado pueden estar dotados de medios de agitación, tales como una rueda de paletas, un agitador, un mezclador, un bucle de recirculación de alto flujo, un difusor de gas y similares. La agitación mezclará rápidamente los sólidos disueltos dentro del tanque 116 de licor débil. Si el residuo 50 lixiviado se añade en un conducto (por ejemplo el conducto a través del cual fluye la corriente 115 o 115a de licor débil) en forma disuelta o no, la adición del residuo 50 lixiviado debe realizarse de tal manera que se proporcione un buen mezclado para que el residuo 50 lixiviado se disperse bien en el licor que fluye a través del conducto.

Aunque no se ilustra, puede producirse sulfito de sodio mediante la reacción de gas de dióxido de azufre con una disolución alcalina de sodio en un reactor. La disolución alcalina de sodio puede ser una disolución de hidróxido de sodio o una disolución que contiene carbonato de sodio. Pueden prepararse disoluciones que contienen carbonato de sodio calcinado y disolviendo sesquicarbonato de sodio (mena de trona) tal como se explica en el contexto de la figura 3. Por ejemplo, la disolución saturada o casi saturada que contiene carbonato de sodio mostrada como disolución purificada o filtrado 127 en las figuras 3 - 5 será una materia prima que contiene carbonato de sodio adecuada para usarse en el proceso de sulfito de sodio. La reducción en impurezas mediante el presente método de dos etapas dará lo más probablemente como resultado una calidad de producto de sulfito de sodio superior especialmente cuando se lixivia un sólido de desecho (que comprende o consiste en un sólido de balsa) y se trata con magnesio antes de usarse en la preparación de la materia prima que contiene carbonato de sodio.

Además de una calidad de producto de sulfito de sodio superior, el contenido en impurezas global reducido mediante el presente método de dos etapas lo antes posible en el proceso da como resultado además un aumento del tiempo en corriente y un menor coste de producción reduciendo la frecuencia de la necesidad de limpiar el intercambiador de calor del cristalizador.

Llevar a cabo el presente método de retirada de impurezas de una etapa o de dos etapas según la presente invención proporcionará una o más de las siguientes ventajas: mejora de la calidad del producto al disminuir la friabilidad del producto de carbonato de sodio o mejora de la propiedad fotoquímica del producto de sulfito de sodio cristalino; reducción de la propensión a la formación de incrustaciones en el equipo (particularmente el intercambiador de calor del cristalizador) expuesto a disolución que contiene impurezas mediante la reducción de impurezas solubles en agua en tal disolución, disminuyendo por tanto la frecuencia de los costosos lavados a alta presión del intercambiador de calor del cristalizador; y permitir la recirculación de un depósito de balsa que contiene carbonato de sodio decahidratado y/o bicarbonato de sodio (que se precipitan a partir de un licor de purga de cristalizador y se depositan en una balsa de relaves) a la producción de carbonato de sodio, reduciendo por tanto el volumen captado por este depósito y aumentando la vida útil de la balsa de relaves y las reservas de mina y reduciendo el coste de producción.

Llevar a cabo el presente método de retirada de impurezas de una etapa o de dos etapas según la presente invención proporciona una ventaja adicional o alternativa cuando se produce recirculación de un sólido de balsa que comprende carbonato de sodio decahidratado y/o bicarbonato de sodio recuperado de una balsa de relaves, reduciendo o eliminando la incidencia de formación de espuma en el cristalizador de carbonato de sodio monohidratado debido a la presencia de agentes que provocan espuma que se arrastran al proceso por el sólido de balsa recuperado y/o se introducen a partir de la mena calcinada. El presente método de dos etapas puede dar como resultado una reducción del contenido de estos agentes que provocan espuma lo que reduce la propensión a formación de espuma en el cristalizador de monohidrato y/o en unidades periféricas asociadas con el cristalizador de monohidrato.

Habiéndose descrito la presente invención de manera general, se facilitan los siguientes ejemplos como realizaciones particulares de la invención y para demostrar la práctica y ventajas de la misma. Se entiende que los ejemplos se facilitan a modo de ilustración y no se pretende que limiten la memoria descriptiva ni las siguientes reivindicaciones de ninguna manera.

## Ejemplos

### Ejemplos 1-6: Etapa de lixiviación

#### Ejemplo 1

Se realizó una prueba de lixiviación con una muestra de sólido que se recuperó de un depósito de balsa en una balsa de aguas madre que recibía un rebosamiento de una balsa de cristalización. La muestra recuperada tenía un alto contenido en sulfato y cloruro de sodio. En la tabla 2 a continuación se indica la composición del depósito de balsa.

Se midió el carbono orgánico total (COT) en un analizador de COT Phoenix 8000 de Tekmar-Dohrmann mediante detección por infrarrojos tras la oxidación para dar dióxido de carbono mediante persulfato de sodio potenciado por

luz ultravioleta. Se midió el contenido en sulfato de sodio mediante el siguiente método. Se precipitó ion sulfato en un medio tampón de ácido acético (HC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) (pH=4) con cloruro de bario (BaCl<sub>2</sub>) para formar cristales de sulfato de bario (BaSO<sub>4</sub>) de tamaño uniforme. Se midió la turbidez de la suspensión de BaSO<sub>4</sub> y se determinó la concentración de ion sulfato mediante comparación de la lectura con una curva patrón. Se determinó el cloruro de manera potenciométrica usando un electrodo de cloruro específico y una técnica de adiciones de patrones. Se determinó el contenido en carbonato de sodio y en bicarbonato de sodio mediante una valoración de punto final doble de ácido/base con un ácido. Se determinó el contenido en otros compuestos inorgánicos (Ca, Mg, Fe, Si, Al) mediante plasma acoplado inductivamente (ICP).

Había dos fases diferenciadas con diferentes colores en la muestra de depósito de balsa recuperada. Una fase de tipo fango era de color amarillo y por tanto se identifica como "fase amarilla" en la tabla 2. Una fase superior parduzca era mucho más dura y se identifica como "fase superior" en la tabla 2. La composición promedio de estas dos fases se identifica como "promedio" en la tabla 2. Se mezclaron ambas fases de "deca" entre sí en un recipiente de lixiviación (cubo). El contenido en cloruro de sodio promedio en la muestra de sólido de balsa era muy alto al 9,8% en peso, y el contenido en bicarbonato de sodio promedio en la muestra de sólido de balsa también era alto al 5,15% en peso.

Se configuró la prueba de lixiviación de la siguiente manera. Se usó un cubo de plástico pequeño de 2,5 galones (9,46 litros) como recipiente de lixiviación. Se perforaron orificios en la tapa y en el fondo del cubo. Se colocaron trozos de muestra de sólido de balsa dentro del cubo pequeño para formar un lecho sobre un tamiz de 100 de malla (0,15 mm) con el fin de que el sólido de balsa no taponara los orificios en el fondo del cubo. Se montó el cubo pequeño sobre un cubo de plástico más grande de 5 galones (18,9 litros) que contenía una disolución de lixiviación.

TABLA 2: Composiciones en promedio y en dos fases de la muestra de balsa

Componentes	Contenido	Fase amarilla	Fase superior	Promedio	Residuo lixiviado
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	% en peso	28,0	22,7	25,4	29,7
NaHCO <sub>3</sub>	% en peso	1,8	8,5	5,15	15,9
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	% en peso	29,8	31,2	30,55	45,6
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	% en peso	2,7	3,6	3,2	1,2
NaCl	% en peso	4,2	15,4	9,8	1,9
Ca	ppm	20	115	68	26
Mg	ppm	30	85	58	157
Fe	ppm	1	2	1,5	2,4
Si	ppm	285	455	370	847
Al	ppm	5	5	5	7
COT	ppm	857	1855	1356	1070

Se bombeó la disolución de lixiviación desde el cubo grande sobre la tapa del cubo pequeño, para que la disolución pasara a través de los orificios de la tapa al interior del cubo más pequeño. Los orificios en la tapa permitieron "rociar" la disolución sobre los trozos sólidos para "lavar" la muestra de sólido de balsa. La disolución se percoló a través de los trozos sólidos para salir del cubo pequeño a través de los orificios en el fondo del cubo pequeño para que la disolución cargada drenara al interior del cubo más grande. De ese modo, se recirculó la disolución de lixiviación sobre la muestra de sólido de balsa durante la duración de la prueba excepto durante la noche.

Se usó un licor de purga que sale de un cristizador de carbonato de sodio monohidratado como disolución de lixiviación. Se lixiviaron aproximadamente 1.859 g del sólido de balsa en el cubo pequeño a temperatura ambiente con aproximadamente 8.453 g del licor de purga. Se configuró una bomba peristáltica que hacía fluir el licor de purga desde el cubo grande sobre la tapa del cubo pequeño para mantener un nivel de líquido constante en la tapa del cubo pequeño. La velocidad de flujo medida era de 0,15 ml/min. Se llevó a cabo la prueba durante dos días, pero se apagó la bomba durante la noche. Se pesaron el licor de purga y la muestra de sólido de balsa al final de la prueba. El peso de sólido final fue de aproximadamente 963 g. El peso de licor final fue de aproximadamente 7.856 g. La densidad de partida del licor era de 1,18 g/ml, y la densidad relativa final fue de 1,13 g/ml.

Se tomaron muestras de licor a lo largo de toda la prueba de lixiviación (en total 1.416 g). Se disolvió la muestra de sólido restante (residuo lixiviado) en agua desionizada caliente (el peso de disolución final fue de aproximadamente 3.181 g) que se dejó reposar durante la noche y entonces se filtró (sobre un filtro de papel en un embudo Buchner). Se analizaron el licor de purga de partida, la muestra de sólido de partida, diversas muestras de licor, el licor final, y el residuo lixiviado disuelto para determinar el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, COT y diversos compuestos inorgánicos mediante plasma acoplado inductivamente (ICP). En la tabla 3 se indica la composición del licor a lo largo del tiempo, y en la tabla 4 a continuación están las composiciones inicial y final del sólido.

El licor de purga recirculado se saturó a aproximadamente el 17% de carbonato de sodio a medida que la disolución lixivió el sólido de deca. Hubo una reducción del 81% en cloruro, reducción del 62% en sulfato, y una reducción del 21% en COT a partir del sólido lixiviado. Cloruro, sulfato y COT se redujeron significativamente en la muestra de sólidos de balsa mediante recirculación del licor de purga sobre los sólidos. Los resultados indican además que a medida que el licor de purga lixivió el sólido de deca, se evaporó una pequeña cantidad de agua. A medida que circuló el licor, hubo de hecho algo de evaporación que desplazó el licor a la región de sesquicarbonato del diagrama de fases de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-NaHCO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O tal como se muestra en la figura 6. A medida que el licor alcanzó la supersaturación, precipitó sesquicarbonato de sodio en los sólidos. Por tanto, el análisis de sólidos final contenía el 16% en peso de bicarbonato de sodio.

TABLA 3: Composición del licor de purga recirculado a lo largo del tiempo durante la lixiviación

Tiempo transcurrido (min)	0	45	100	160	280	400	550	660	820
% en peso de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	13,98	16,29	16,59	16,72	16,9	16,85	17,00	17,09	17,26
% en peso de NaHCO <sub>3</sub>	2,77	2,69	2,61	2,64	2,46	2,57	2,54	2,50	2,51
% en peso de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	16,75	18,98	19,2	19,36	19,36	19,42	19,54	19,59	19,77
% en peso de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,72	1,32	1,62	1,52	1,36	1,48	1,58	1,77	1,83
% en peso de NaCl	2,20	3,04	2,63	2,96	2,84	2,85	2,86	2,63	2,98
ppm de Ca	6	6	5	7	5	10	4	3	13
ppm de Mg	7	9	8	10	8	8	9	9	8
ppm de Fe	0,8	0,8	0,4	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6
ppm de Si	560	508	475	488	440	438	440	434	410
ppm de Al	2	2	1	1	2	1	1	1	1
ppm de COT	441	521	444	469	517	527	518	507	623

TABLA 4: Composición de sólidos antes y después de la lixiviación con licor de purga recirculado

Muestra:	Sólido de balsa de partida (en bruto)	Sólido lixiviado final
% en peso de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	25,4	29,7
% en peso de NaHCO <sub>3</sub>	5,2	15,9
% en peso de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	30,6	45,6
% en peso de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,2	1,86
% en peso de NaCl	9,8	1,16
ppm de Ca	68	26
ppm de Mg	58	157
ppm de Fe	1,5	2,4
ppm de Si	370	847
ppm de Al	5	7
ppm de COT	1356	1070

Ejemplo 2

Se realizó una prueba de lixiviación similar siguiendo el mismo proceso que en el ejemplo 1, excepto porque se usó un sólido de balsa diferente de una balsa de aguas madre y se usó agua de frente largo como disolución de lixiviación. Se recuperó el sólido de balsa de la balsa usando una excavadora de oruga y se almacenó en el banco de la balsa durante 3 meses antes de tomar una muestra para las pruebas. En la tabla 6 se muestra el análisis del sólido sometido a la intemperie en comparación con el sólido inicialmente recuperado.

Se colocaron aproximadamente 5.697 g de la muestra de sólido de balsa sometida a la intemperie en el cubo pequeño y se lixiviaron a temperatura ambiente con aproximadamente 4.315 g de agua de frente largo. Se configuró la bomba peristáltica que bombeaba el agua de frente largo del cubo grande sobre la tapa del cubo pequeño para mantener un nivel de líquido constante en la tapa del cubo pequeño. Se llevó a cabo la prueba durante dos días, pero se apagó la bomba durante la noche. Se pesaron el agua de frente largo y la muestra de sólido de balsa al final de la prueba. El peso de sólido final fue de aproximadamente 3.590 g. El peso de disolución final fue de aproximadamente 6.045 g.

Se tomaron muestras de licor a lo largo de toda la prueba (en total 370 g). Se disolvió la muestra de sólido restante (residuo lixiviado) en agua desionizada caliente que se dejó reposar durante la noche y entonces se filtró (sobre un

## ES 2 503 571 T3

5 filtro de papel en un embudo Buchner). Se analizaron el agua de frente largo de partida, la muestra de sólido de partida, diversas muestras de disolución, el licor final y el residuo lixiviado disuelto para determinar el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, COT y diversos compuestos inorgánicos mediante ICP. En la tabla 5 se indican las composiciones de la disolución, y en la tabla 6 a continuación están las composiciones de los sólidos en bruto, sometidos a la intemperie y lixiviados.

TABLA 5: Composición del agua de frente largo a lo largo del tiempo durante la lixiviación

Tiempo transcurrido (min)	0	270	460	760	940
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,56	14,73	15,63	16,29	16,61
% de NaHCO <sub>3</sub>	2,98	2,77	2,53	2,3	1,85
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	11,54	17,5	18,16	18,59	18,46
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,04	2,24	0,98	2,00	0,81
% de NaCl	2,99	4,56	4,69	4,32	2,18
ppm de Ca	7	5	5	3	6
ppm de Mg	16	17	20	20	15
ppm de Fe	0,7	0,5	0,9	0,8	0,3
ppm de Si	23	170	200	210	180
ppm de Al	2	3	3	4	3
ppm de COT	274	504	514	593	517

10

TABLA 6: Composición de sólidos de partida (en bruto), sometidos a la intemperie y lixiviados cuando se lixivia con agua de frente largo recirculada

15

Muestra:	Sólido de balsa de partida (en bruto)	Sólido de balsa sometido a la intemperie	Sólido lixiviado final
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	25,37	23,32	24,61
% de NaHCO <sub>3</sub>	5,15	7,00	10,67
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	30,52	30,32	35,28
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,15	1,84	0,76
% de NaCl	9,8	1,84	1,28
ppm de Ca	68	10	21
ppm de Mg	58	61	88
ppm de Fe	1,5	6,3	2,8
ppm de Si	370	226	202
ppm de Al	5	2	2,2
ppm de COT	1356	576	698

20

El agua de frente largo recirculada se saturó a aproximadamente el 17% de carbonato de sodio a medida que la disolución lixivió el sólido de balsa.

25

Se observó mediante sometimiento a la intemperie natural que el contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NaCl en los sólidos disminuyó desde el 9,8% en peso y el 3,15% en peso respectivamente hasta el 1,84% en peso para ambos (una reducción del 41% para Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y una reducción del 81% para NaCl). Mediante sometimiento a la intemperie, el contenido en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en los sólidos disminuyó desde el 25,4% en peso hasta el 23,3% en peso, mientras que el contenido en NaHCO<sub>3</sub> en los sólidos aumentó desde el 5,15% en peso hasta el 7,1% en peso.

30

La lixiviación redujo adicionalmente el contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NaCl en los sólidos (una reducción del 58% para Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y una reducción del 30% para NaCl) para una reducción global del contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NaCl mediante sometimiento a la intemperie y lixiviación del 76% y el 87%, respectivamente.

35

Mediante sometimiento a la intemperie y lixiviación, el contenido en bicarbonato de sodio se duplicó en los sólidos.

El contenido en silicatos en los sólidos disminuyó en un 39% mediante sometimiento a la intemperie, y disminuyó adicionalmente en otro 10% tras la lixiviación para una reducción global del contenido en silicatos del 45% en los sólidos.

### Ejemplo 3

40

Se realizó otra prueba de lixiviación con una muestra de un sólido de "deca" que se recuperó de una balsa de relaves de cristalización. Se usó un licor de purga como disolución de lixiviación y se hizo pasar a través de un

cilindro graduado grande lleno con un sólido de balsa de deca en bruto. El fondo de la columna tenía un tamiz de 40 de malla (0,425 mm), y no se necesitó ningún vacío para conseguir que el licor fluyera a través. Se analizó el sólido antes y después de hacer pasar el licor a través del mismo. Se secó al aire parte del sólido de partida durante la noche junto con los cristales finales de la columna para analizar su composición.

5 Se tomaron tres muestras de licor a lo largo de toda la prueba. Se analizaron el licor de purga de partida, diversas muestras de licor, la muestra de sólido de partida y el residuo lixiviado para determinar el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio y diversos compuestos inorgánicos mediante ICP. En la tabla 7 se indican las composiciones del licor, y en la tabla 8 a continuación se muestran las composiciones inicial y final del sólido.

15 El sólido de deca de partida (en bruto) del ejemplo 3 ya tenía un contenido bajo en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Dado que estos niveles eran inferiores al 1% en peso, habría sido aceptable usar tal sólido de deca "tal cual" (es decir, sin someterse a lixiviación) como materia prima para preparar ceniza de sosa y/o bicarbonato de sodio. Se aumentó el contenido en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> desde el 0,01 hasta el 0,33% en peso y desde el 0,1 hasta el 0,22% en peso, respectivamente, mediante esta lixiviación, pero el contenido resultante en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el sólido lixiviado todavía era muy inferior al 1% en peso. Sin embargo, se observó que la lixiviación era eficaz en la reducción del nivel de silicatos en el sólido lixiviado desde 840 ppm hasta 285-566 ppm (una reducción del 32-66%).

20 TABLA 7: Composiciones del licor de purga durante la lixiviación

	Licor de partida	Primero en salir	Central	Último en salir
% de AT como Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	22,35	24,17	22,42	23,65
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,00	1,11	1,18	0,95
% de NaCl	2,22	1,63	1,79	1,82
ppm de Ca	0,6	9	2	2
ppm de Mg	3,0	8	2,0	2
ppm de Fe	0	2,4	0,4	0,3
ppm de Si	865	1021	850	791
ppm de Al	4	6	2	1

25 TABLA 8: Composición del sólido de balsa antes y después de la lixiviación con licor de purga

	Sólido de partida (en bruto)	Parte superior de la pila	Parte inferior de la pila
% de AT como Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	34,19	34,63	34,60
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,10	0,22	0,21
% de NaCl	0,01	0,32	0,34
ppm de Ca	37	46	66
ppm de Mg	23	12	32
ppm de Fe	5,7	3,6	5,1
ppm de Si	840	285	566
ppm de Al	9	6	15

30 Ejemplo 4

Se realizó una prueba de lixiviación similar siguiendo el mismo proceso que en el ejemplo 3, pero con un sólido de balsa diferente de una balsa de relaves de cristalización. Se hicieron pasar dos muestras secadas al aire para los sólidos disolviendo muestras de 20 g en 200 ml de agua DI y tomando alícuotas mientras se pesaban las muestras de partida directamente para cada prueba. En la tabla 9 se indican las composiciones del licor y en la tabla 10 a continuación están las composiciones inicial y final del sólido antes y después de la lixiviación con licor de purga recirculado.

40 TABLA 9: Composiciones del licor de purga recirculado antes y después de la lixiviación

	Licor de partida	Licor final
% de AT como Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	12,48	16,75
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,89	0,90
% de NaCl	2,42	2,08
ppm de Ca	6	17

ppm de Mg	14	17
ppm de Fe	1,5	1,8
ppm de Si	505	561
ppm de Al	9,8	6,8

El sólido de deca de partida (en bruto) del ejemplo 4 ya tenía un contenido bajo en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Dado que estos niveles eran de aproximadamente el 1% en peso o menos, habría sido aceptable usar tal sólido de deca "tal cual" (es decir, sin someterse a lixiviación) como materia prima para preparar ceniza de sosa y/o bicarbonato de sodio. Cuando se compararon los análisis de muestras secadas al aire, el contenido en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> era disminuyó ligeramente desde el 0,50 hasta el 0,48% en peso y desde el 0,69 hasta el 0,60% en peso, respectivamente, mediante esta lixiviación, pero no significativamente. Sin embargo, se observó que la lixiviación fue eficaz en la reducción del contenido en silicatos en el sólido lixiviado desde 2.666 ppm hasta 1.957 ppm (reducción del 26%). La lixiviación también fue eficaz en la reducción del contenido del sólido en Ca (reducción del 33%), Mg (reducción del 58%), Fe (reducción del 16%), y Al (reducción del 40%).

TABLA 10: Composición del sólido antes y después de la lixiviación con licor de purga recirculado

	De partida (en bruto)	De partida (secado al aire)	Final (secado al aire)
% de AT como Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	34,5	39,06	40,29
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,07	0,69	0,60
% de NaCl	0,65	0,50	0,48
ppm de Ca	169	149	100
ppm de Mg	85	88	37
ppm de Fe	7,3	7,2	6,0
ppm de Si	1102	2666	1957
ppm de Al	12	25	15

Ejemplo 5

Se realizó otra prueba de lixiviación siguiendo el mismo proceso que en el ejemplo 1, excepto porque se usó un sólido de balsa diferente de una balsa de aguas madre y se usó un efluente de planta de producción conjunta como disolución de lixiviación. La balsa de aguas madre recibió un licor de purga monohidratado. Se recuperó una parte del depósito de balsa de esta balsa usando una excavadora de oruga y se almacenó en el banco de la balsa durante varios meses antes de tomar una muestra para las pruebas. La planta de producción conjunta producía carbonato de sodio monohidratado a partir de trona calcinada y también producía bicarbonato de sodio a partir de al menos una parte del licor de purga monohidratado. Como tal, el efluente de planta de producción conjunta usado para la disolución de lixiviación contenía un licor de purga de bicarbonato de sodio.

Se colocaron aproximadamente 4.021 g de la muestra de sólido de balsa en el cubo pequeño y se lixiviaron a temperatura ambiente con aproximadamente 3.191 g del efluente de planta de producción conjunta. Se configuró la bomba peristáltica que bombeaba el efluente de planta de producción conjunta desde el cubo grande sobre la tapa del cubo pequeño para mantener un nivel de líquido constante en la tapa del cubo pequeño. Se llevó a cabo la prueba durante dos días, pero se apagó la bomba durante la noche. Se disolvió la muestra de sólido restante (residuo lixiviado) en agua desionizada caliente que se dejó reposar durante la noche y entonces se filtró (sobre un filtro de papel en un embudo Buchner).

Se analizaron el efluente de planta de producción conjunta de partida, el material lixiviado, la muestra de sólido de balsa de partida y el residuo lixiviado para determinar el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbono orgánico total y diversos compuestos inorgánicos mediante ICP. En la tabla 11 se indican las composiciones del líquido y en la tabla 12 a continuación se muestran las composiciones de los sólidos.

TABLA 11: Composiciones de la disolución de lixiviación / material lixiviado usando efluente de planta de producción conjunta durante la lixiviación

	Disolución de lixiviación de partida (efluente de planta)	Material lixiviado intermedio a 1 día	Material lixiviado a 2 días
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,77	15,37	16,02
% de NaHCO <sub>3</sub>	4,69	3,02	3,14
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,58	2,17	2,13
% de NaCl	2,26	2,50	2,52

## ES 2 503 571 T3

ppm de Ca	14	7	40
ppm de Mg	8	14	15
ppm de Fe	1,1	0,4	0,5
ppm de Si	179	197	219
ppm de Al	0,5	0,4	0,5
ppm de COT	334	359	417

TABLA 12: Composición de sólidos de partida (en bruto) y lixiviados tras la lixiviación con efluente de planta de producción conjunta

5

Muestra:	Sólido de balsa de partida (en bruto)	Residuo de sólido lixiviado final
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	19,32	18,28
% de NaHCO <sub>3</sub>	6,25	7,94
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>	25,57	26,22
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,78	0,60
% de NaCl	1,44	0,75
ppm de Ca	33	4
ppm de Mg	34	46
ppm de Fe	0,9	1,2
ppm de Si	265	304
ppm de Al	0,5	0,5
ppm de COT	271	178

10 El material lixiviado se saturó a aproximadamente el 16% de carbonato de sodio a medida que se recirculó el efluente de planta de producción conjunta para lavar el sólido de balsa, ya que parte del carbonato de sodio procedente de los sólidos lavados se disolvió en el material lixiviado.

15 Se observó que el contenido en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NaCl en los sólidos disminuyó tras la lixiviación con efluente de planta de producción conjunta recirculado desde el 1,78% en peso y el 1,44% en peso hasta el 0,6% en peso y el 0,75% respectivamente (una reducción del 66% para Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y una reducción del 48% para NaCl). El carbono orgánico total (COT, ppm) en los sólidos también disminuyó tras la lixiviación con efluente de planta de producción conjunta recirculado desde 271 ppm hasta 178 ppm (lo que representa una reducción del 34% de COT). El contenido en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en los sólidos sólo disminuyó ligeramente desde el 19,32% en peso hasta el 18,28% en peso mediante lixiviación, mientras que el contenido en NaHCO<sub>3</sub> en los sólidos aumentó desde el 6,25% en peso hasta el 7,94% en peso.

20

### Ejemplo 6

25 Se realizó una prueba de lixiviación a gran escala usando un sistema de lixiviación similar al sistema ilustrado en la figura 2i. Se construyó una capa 45 de aproximadamente 50 pies por 50 pies con una pendiente gradual (ángulo aproximado de 15 a 25 grados) hacia el área 55 de recogida de material lixiviado (sumidero) y se revistió con Visqueen™ (un revestimiento impermeable a líquidos) con el fin de capturar y dirigir el material lixiviado que alcanza la capa para que fluya al interior del área 55 de recogida. El área 55 de recogida tenía aproximadamente 5 pies de anchura por 10 pies de longitud por 7 pies de profundidad, y se llenó parcialmente con un efluente de planta que contenía carbonato de sodio que se originaba de un proceso de ceniza de sosa en el que se hacía funcionar un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado. Por tanto, el efluente de planta contenía una purga de carbonato de sodio monohidratado y se usó como disolución de lixiviación.

30

35 Se recuperó una masa de aproximadamente 50 toneladas de sólidos de "deca" de balsa de una balsa de aguas madre (que recibía rebosamiento descargado de una balsa de cristalización), y se apiló sobre la capa y revestimiento de Visqueen™ para formar el montón 22b.

35

40 Para evitar que el montón 22b de 50 toneladas se descargue al interior de la zona 55 de recogida, se dejó drenar la masa de 50 toneladas tras la excavación antes de colocarla sobre la capa y el revestimiento. Se dejó la pila de sólido de balsa en reposo durante aproximadamente dos días. Se usó una bomba (Godwin HL80) para bombear la disolución desde el área 55 de recogida hasta un rociador 35e de impacto Rain Bird. El sistema de rociador pulverizó la disolución sobre el montón 22b para llevar a cabo la etapa de lixiviación. Un material lixiviado fluyó a través del montón 22b sobre la capa 45 y de una manera descendente hacia la zona 55, en la que se recirculó el material lixiviado mediante la línea 70 para un "lavado" adicional del montón 22b. Se llevó a cabo la prueba durante 45 aproximadamente 7,7 horas y se realizó en el exterior a una temperatura ambiental de 40°F (4,4°C). La velocidad del viento durante la prueba era de aproximadamente 5 millas por hora. Hubo muy poca pérdida de agua por evaporación durante este proceso, por lo que no se necesitó compensación de disolución de lixiviación (identificada

40

45

como 30 en la figura 2i) en la zona 55.

Tras detener la prueba de lixiviación, se tomaron tres muestras de residuo lixiviado en diferentes ubicaciones del montón 22b, una de las cuales estaba ubicada aproximadamente 10 cm (4 pulgadas) hacia el centro del montón 22b (denominada a continuación en el presente documento muestra "central"), mientras que las otras se denominan muestras "testigo".

Se analizó la composición de la disolución en momentos de prueba inicial, intermedio y final, una muestra de sólido de partida (tomada tras el tiempo en reposo antes de iniciar la prueba) y las muestras de residuo lixiviado (tomadas en tres ubicaciones diferentes del montón tratado) para determinar el carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, carbono orgánico total y diversos compuestos inorgánicos. En la tabla 13 se indican las composiciones de la disolución/material lixiviado y en la tabla 14 a continuación se muestran las composiciones inicial y final del sólido.

TABLA 13: Composiciones del efluente de planta recirculado como medio de lixiviación en el sumidero antes, durante y después de la lixiviación

	Disolución de lixiviación de partida (efluente de planta)	Material lixiviado en sumidero a 270 min	Material lixiviado final en sumidero a 460 min
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10,16	9,53	9,64
% de NaHCO <sub>3</sub>	2,84	2,95	2,64
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,06	2,39	2,52
% de NaCl	3,14	4	4,47
ppm de Ca	8	7	8
ppm de Mg	22	16	19
ppm de Fe	8	1,1	1,8
ppm de Si	261	196	153
ppm de Al	1	1	2
ppm de COT	423	593	631

TABLA 14: Composiciones de los sólidos de balsa antes y después de la lixiviación

	Sólidos de balsa de partida a t=0	Residuo de balsa lixiviado a t=460 min		
		Muestra central	Muestra testigo 1	Muestra testigo 2
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	27,90	29,47	27,04	29,11
% de NaHCO <sub>3</sub>	5,59	2,41	2,93	3,65
% de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,29	2,05	1,71	1,82
% de NaCl	2,47	1,47	0,77	0,66
ppm de Ca	140	122	100	160
ppm de Mg	45	48	40	40
ppm de Fe	15	19,8	16	13
ppm de Si	535	648	690	765
ppm de Al	20	25	20	20
ppm de COT	391	286	234	232

El contenido en cloruro de sodio, sulfato de sodio y COT en los sólidos de balsa se redujo en el residuo lixiviado haciendo circular un efluente de planta como disolución de lixiviación a través del montón de sólidos. Basándose en el peso, hubo una reducción de desde el 40 hasta el 73% en cloruro de sodio (reducción promedio de aproximadamente el 61%), reducción de desde el 38 hasta el 48% en sulfato de sodio (reducción promedio de aproximadamente el 43%), y una reducción de desde el 27 hasta el 41% en COT (reducción promedio de aproximadamente el 34%) desde los sólidos de balsa de partida hasta el residuo lixiviado. Sin embargo, hubo un aumento observado de desde el 21 hasta el 43% basándose en el peso del contenido en silicatos en el residuo lixiviado (aumento promedio de aproximadamente el 31%).

En el otro extremo, el material lixiviado se enriqueció en cloruro de sodio, sulfato de sodio y COT, con un aumento del 137%, 42% y 49% respectivamente a partir de su contenido inicial en el efluente de planta. También hubo una disminución del 49% del contenido en silicatos en el material lixiviado.

En los ejemplos 1-6, se observó que el contenido en silicatos puede o bien aumentar o bien disminuir mediante tal método de lixiviación. Sin embargo, se observó que generalmente se obtenía una disminución del contenido en silicato en el residuo lixiviado cuando se producía cualquiera de estas condiciones: a/ cuando la disolución de

lixiviación tenía un contenido en Si muy bajo (véase el ejemplo 2 con agua de frente largo cuando el contenido en Si en la disolución de lixiviación era de 23 ppm en el agua de frente largo durante la lixiviación y probablemente incluso inferior en el agua de lluvia durante el sometimiento a la intemperie); o b/ cuando los sólidos de balsa eran de una balsa de cristalización (véanse los ejemplos 3 y 4 lavados con licor de purga monohidratado) y ya tenían un contenido en impurezas bajo en sulfato y cloruro de sodio (aproximadamente el 1% en peso o menos) que haría que fueran aceptables como materia prima para una planta de (bi)carbonato de sodio, pero que contenían un contenido en Si alto de 700 ppm o más. En el otro extremo, generalmente se obtuvo un aumento del contenido en silicatos en el residuo lixiviado cuando se producían estas condiciones: c/ cuando los sólidos de balsa eran de una balsa de aguas madre con alto contenido en sulfato y cloruro de sodio (el 1,78-3,2% para sulfato y el 1,44-9,8 % en peso para cloruro), y d/ cuando la disolución de lixiviación tenía un contenido en Si de aproximadamente 179 a 560 ppm.

Ejemplos 7-14: Etapa de tratamiento con magnesio

Ejemplo 7

Se añadió una muestra de carbonato de sodio decahidratado (“deca”) al licor débil del proceso de ceniza de sosa para aumentar la alcalinidad total como carbonato de sodio (AT) de la muestra hasta el ~13%. Se analizó la muestra para determinar silicio mediante plasma de argón acoplado inductivamente (ICP) poco después de añadir el deca (resultado de ~300 ppm; esto era una prueba semicuantitativa que resultó ser la mitad de la concentración real). Se añadieron diferentes compuestos de magnesio a alícuotas de esta disolución para retirar silicato soluble. Se añadieron alícuotas de sales de magnesio con el objetivo de retirar la mitad del silicato y la totalidad del silicato. Se agitaron las mezclas durante 5 minutos y entonces se filtraron a través de un filtro de 5 micrómetros. Se añadió óxido de magnesio como suspensión espesa al 13,5%, cloruro de magnesio como disolución al 15% y carbonato de magnesio como suspensión espesa al 15%. Se filtró una parte de la disolución de partida sin Mg añadido. Se analizaron los filtrados finales para determinar la AT, materia insoluble en agua (insol) y metales mediante ICP. En la tabla 15 se presentan los resultados.

TABLA 15: Retirada de silicato de una mezcla de deca/licor débil con diversos compuestos de magnesio

Muestra:	Licor débil (WL)	deca/WL en disolución de partida filtrar	deca/WL en disolución de partida filtrada	MgO añadido para retirar ~150 ppm de Si	MgO añadido para retirar ~300 ppm de Si	MgCl2 añadido para retirar ~150 ppm de Si	MgCl2 añadido para retirar ~300 ppm de Si	MgCO3 añadido para retirar ~150 ppm de Si	MgCO3 añadido para retirar ~300 ppm de Si
% de AT como Na2CO3	6,01	13,31	13,52	13,19	12,87	13,08	12,93	13,30	13,25
ppm de insol	NA	NA	1213	1231	2441	1400	3742	1300	1899
ppm de Mg			2,9	57	65	80	51	23	31
ppm de Si			563	485	447	431	229	542	539
% de aumento de Mg				1866	2141	2659	1659	693	969
ppm de reducción de Si				78	116	132	334	21	24
% de reducción de Si				13,9	20,6	23,5	59,3	3,7	4,3

Quando se añadieron los compuestos de magnesio a la disolución de deca/WL, se formaron instantáneamente pequeñas partículas blancas. Cuando se colocaron las disoluciones sobre una placa de agitación para agitarse, se formó un precipitado de tipo “copos de nieve”. El precipitado de “copos de nieve” aumentó durante aproximadamente un minuto tras lo cual el tamaño de partícula comenzó a disminuir. El aspecto de la disolución se volvió turbio. La adición de cloruro de magnesio a un objetivo de retirada de silicato del 100% fue la más turbia y la más difícil de filtrar. Para este experimento particular, cloruro de magnesio retiró silicato de la manera más eficaz en la disolución de deca/licor débil insaturada mientras que carbonato de magnesio retiró la menor cantidad de silicato. Se espera que un aumento del tiempo de contacto y/o una mejor agitación pueden mejorar los resultados con carbonato de magnesio.

Ejemplo 8

Se añadió una muestra de deca a licor débil (WL) para aumentar la AT de la muestra hasta el ~13%. Se filtró la muestra y se analizó para determinar el silicio (~500 ppm de Si). Se añadieron alícuotas de una disolución de cloruro de magnesio al 30% a una muestra de 200 g de la disolución de WL/deca para retirar silicato. Se mezclaron las disoluciones durante 5 minutos, se dejaron reposar durante un par de minutos, entonces se filtraron y se analizaron los filtrados finales para determinar la AT, el contenido en materiales insolubles y metales mediante ICP. Se añadió el MgCl<sub>2</sub> en una cantidad para retirar el equivalente molecular al 50%, 75%, 100% y 125% de los moles de Si presente, suponiendo que un mol de Mg reacciona con un mol de Si.

TABLA 16: Retirada de silicato de una mezcla de deca/licor débil con diversas cantidades de cloruro de magnesio en condiciones ambientales

Muestra:	Disolución de partida filtrada	MgCl <sub>2</sub> añadido, al 50% de equiv. molares	MgCl <sub>2</sub> añadido, al 75% de equiv. molares	MgCl <sub>2</sub> añadido, al 100% de equiv. molares	MgCl <sub>2</sub> añadido, al 125% de equiv. molares
g de MgCl <sub>2</sub> al 30% añadido a 200 g de disolución de WL/deca	NA	0,64	0,95	1,23	1,57
ppm de Mg añadido	NA	245	363	470	600
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	13,02	13,06	12,95	12,84	12,64
% de NaHCO <sub>3</sub>	0,33	0,56	0,63	0,65	0,67
ppm de insol	2130	3688	4903	2283	2651
ppm de Mg	3,9	145	219	262	344
ppm de Si	479	267	263	253	167
ppm de reducción de Si	NA	212	216	226	312
% de reducción de Si	NA	44	45	47	65

Los resultados presentados en la tabla 16 demuestran adicionalmente que el cloruro de magnesio retiró silicato de la disolución insaturada que contenía carbonato de sodio. La turbidez de los licors tratados aumentó a medida que aumentó el % de la adición de cloruro de magnesio.

Ejemplo 9

Se añadió una muestra de decahidrato a un licor débil para formar una disolución de deca/WL con una AT del ~13%. Se añadieron cantidades variables de una disolución de cloruro de magnesio al 30% a una muestra de 200 g de la disolución de deca/WL para retirar silicato soluble. Se mezclaron los licors tratados resultantes durante 5 minutos, se dejaron reposar durante un par de minutos, entonces se filtraron (b y c). También se filtró una muestra de control sin cloruro de magnesio añadido (a). Se aumentó el pH de una parte de la disolución de deca/WL a 11,7 usando disolución de NaOH al 10%. Se filtró una parte de la disolución resultante con pH superior sin ninguna adición de MgCl<sub>2</sub> (d). Se trataron dos porciones de 200 g de esta disolución con pH superior con la disolución de MgCl<sub>2</sub> al 30%, entonces se filtraron (e y f). También se trataron dos porciones de la disolución de partida sin filtrar, sin ajuste del pH, con MgCl<sub>2</sub> y tras agitar durante 5 minutos, se aumentó el pH a 11,7 con la disolución de NaOH al 10%, y entonces se filtraron las muestras (g y h). Se analizaron todos los filtrados para determinar la AT, pH, NaCl, materiales insolubles (insol.) y metales mediante ICP. Se usó la disolución (d) cuyo pH se aumentó, y que entonces se filtró, como valor de Si de partida para las cuatro muestras en las que se añadió disolución cáustica. En la tabla 17 se presentan los resultados. El ajuste del pH solo y la reducción o eliminación del contenido en bicarbonato de sodio, los niveles de silicato aumentaron (de 207 ppm de Si a 361 ppm de Si). Esto indicó que la mayor retirada de

silicato se produjo cuando se añadió en primer lugar cloruro de magnesio a un objetivo de retirada de silicato del 100% y entonces se ajustó el pH para convertir el bicarbonato de sodio.

5 TABLA 17: Retirada de silicato y retirada de bicarbonato de sodio de una mezcla de deca/licor débil con cloruro de magnesio en condiciones ambientales

Muestra	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
	Disolución de deca / WL de partida filtrada	MgCl2 añadido	MgCl2 añadido	Disol. de partida con pH ajustado a 11,7, entonces filtrada	Disol. con pH ajustado a 11,7, entonces MgCl2 añadido, entonces filtrada	Disol. con pH ajustado a 11,7, entonces MgCl2 añadido, entonces filtrada	MgCl2 añadido, entonces disol. con pH ajustado a 11,7, entonces filtrada	MgCl2 añadido, entonces disol. con pH ajustado a 11,7, entonces filtrada
g de MgCl2 al 30% añadido a 200 g de disolución de deca/WL	NA	0,64	1,25	NA	0,63	1,26	0,64	1,23
% de equiv. molares de Mg añadido	-	118	231	-	67	134	68	130
ppm de Mg añadido		245	478		241	482	245	470
% de Na2CO3	11,96	11,58	11,67	11,54	11,54	11,41	11,86	11,76
% de NaHCO3	0,12	0,19	0,20	0,00	0,09	0,16	0,00	0,00
% de NaOH	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
% de NaCl	0,14	0,25	0,36	0,15	0,25	0,36	0,23	0,35
pH de disol. filt.	11,31	11,12	11,10	11,71	11,35	11,25	11,71	11,68
ppm de insol	2689	2371	2500	NA	2597	3514	3059	4733
ppm de Mg	1,5	201	430	2	138	261	59	87
ppm de Si	207	156	110	361	189	164	210	108
ppm de reducción de Si		51	97		172	197	151	253
% de reducción de Si		25	33		48	55	42	70

10 Ejemplo 10

Se disolvió una muestra de carbonato de sodio decahidratado (“deca”) en agua para preparar una disolución de Na2CO3 con ~13% de AT. Se calentó esta disolución hasta aproximadamente 150°F y se filtró (a través tanto de un filtro de papel grande como de un filtro de 5 micrómetros pequeño). Se analizó el filtrado para determinar el Si. Se trataron dos muestras con >100% de equivalentes molares de MgCl2 y MgCO3 para precipitar silicato presente en el decahidrato. Entonces se filtraron las mezclas y se analizaron para determinar la AT, los materiales insolubles y metales mediante ICP. Se diluyó en un 25% una muestra de un licor purgado de un cristizador de ceniza de sosa para prevenir la cristalización del carbonato a medida que se enfriaba, se calentó hasta aproximadamente 150°F y se siguió el mismo proceso que anteriormente. Se observó que las disoluciones de purga tratadas se filtraron mucho más lentamente que las disoluciones de decahidrato, y los materiales insolubles parecieron ser más “lodosos” que los materiales insolubles de las disoluciones de decahidrato tratadas. Se mantuvieron las disoluciones a aproximadamente 150°F a lo largo de toda la prueba y se agitaron a medida que se añadieron los compuestos de Mg y durante la precipitación. Todas las muestras tratadas con magnesio se agitaron a 150°F durante 30 minutos antes del filtrado.

25 En la tabla 18 se presentan los resultados. La prueba demostró que la retirada de silicato a 150°F fue satisfactoria tanto con carbonato de magnesio como con cloruro de magnesio. El tiempo de agitación de 30 minutos pareció mejorar la retirada de silicato. El cloruro de magnesio retiró silicato más fácilmente que el carbonato de magnesio. Sin embargo, hubo más retirada de silicato usando el carbonato de magnesio en el licor de purga saturado o casi saturado en comparación con el licor de deca insaturado.

30 TABLA 18: Retirada de silicato de una disolución de decahidrato o una disolución de purga con cloruro de magnesio y carbonato de magnesio a 150°F

Muestra:	Disolución de partida de deca	Disol. de deca tratada con MgCl <sub>2</sub> al 30%	Disol. de deca tratada con MgCO <sub>3</sub> al 10%	Disolución de partida de purga	Disol. de purga tratada con MgCl <sub>2</sub> al 30%	Disol. de purga tratada con MgCO <sub>3</sub> al 10%
g de MgCl <sub>2</sub> al 30% o MgCO <sub>3</sub> al 10% añadidos a 200 g de disolución de deca/purga	NA	1,60	4,20	NA	2,65	7,00
ppm de Mg añadido	-	612	605	-	1014	1009
% de equiv. molares de Mg añadido	-	114	112	-	120	119
% de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	14,00	13,76	14,08	20,53	20,85	21,10
% de NaHCO <sub>3</sub>	0,13	0,56	0,41	1,48	2,13	1,87
ppm de insol		3675	3270	29	5267	6147
ppm de Mg	2,0	26	41	1,1	267	148
ppm de Si	620	56	212	976	61	169
ppm de reducción de Si	-	564	408	-	915	807
% de reducción de Si	-	91	66	-	94	83

5 Ejemplo 11

Se filtró una muestra de una disolución de purga de sulfato de sodio y se analizó para determinar el silicio mediante ICP. Se trató la disolución con una disolución de cloruro de magnesio al 30% para retirar el silicato. Se repitió esta prueba con diferentes pesos de la disolución de MgCl<sub>2</sub>, y entonces se trataron porciones adicionales de la disolución de sulfato de sodio con dos pesos diferentes de una disolución de sulfato de magnesio al 30%. Se mezcló cada disolución durante 5 minutos, entonces se dejó reposar durante un par de minutos antes de filtrarse. Se analizaron los filtrados resultantes para determinar los materiales insolubles y metales mediante ICP. Se observó que las muestras que se trataron con MgCl<sub>2</sub> se filtraron mucho más lentamente que las muestras que se trataron con MgSO<sub>4</sub>. En la tabla 19 se presentan los resultados. La prueba demostró que se formó un precipitado tanto con adición de sulfato de magnesio como de cloruro de magnesio, y que el contenido en silicato en las disoluciones se redujo cuando se añadieron cloruro de magnesio y sulfato de magnesio. El precipitado formado cuando se añadió el cloruro de magnesio era gelatinoso. El licor con el cloruro de magnesio añadido fue más difícil de filtrar frente al licor con el sulfato de magnesio.

20 TABLA 19: Retirada de silicato de un licor de purga de sulfato de sodio con adición de cloruro de magnesio o sulfato de magnesio en condiciones ambientales

Muestra:	Disolución de purga de sulfato de partida filtrada	Disol. de sulfato tratada con MgCl <sub>2</sub>	Disol. de sulfato tratada con MgCl <sub>2</sub>	Disol. de sulfato tratada con MgSO <sub>4</sub>	Disol. de sulfato tratada con MgSO <sub>4</sub>
g de MgCl <sub>2</sub> al 30% o MgSO <sub>4</sub> añadidos a 200 g de disolución de purga de sulfato	NA	0,68	1,35	0,86	1,70
ppm de Mg añadido		260	516	261	515
% de equiv. molares de Mg añadido		37	73	37	73
ppm de insol		722	2307	93	188
ppm de Mg	2	451	742	378	758
ppm de Si	813	666	489	579	545
ppm de reducción de Si		147	324	234	268
% de reducción de Si		18	40	29	33

25 Ejemplo 12

Se filtró una muestra de purga de sulfito de sodio y se analizó para determinar el silicio mediante ICP (plasma de argón acoplado inductivamente). Se trató la disolución con una disolución de cloruro de magnesio al 30% para retirar silicato. Se mezclaron las disoluciones durante 5, 30 y 60 minutos, se dejaron reposar durante un par de minutos y entonces se filtraron. Se analizaron los filtrados resultantes para determinar los materiales insolubles y metales mediante ICP. La temperatura inicial de la muestra de purga de sulfito era de 167°F, y se enfrió hasta 149°F antes de tratarse con MgCl<sub>2</sub>. Se calentó de nuevo la temperatura de las disoluciones que se agitaron durante más de 5 minutos hasta la temperatura de licor inicial de 167°F, y se midió la temperatura final antes de filtrar las muestras. En la tabla 20 se presentan los resultados. Cuando se añadió cloruro de magnesio al licor de sulfito, se formó un cristal de tipo “copo de nieve” grande. A medida que se agitó la disolución, las partículas se volvieron más finas y más gelatinosas. Cuando se añadió cloruro de magnesio, se redujo el contenido en silicato en el licor. La reducción de silicato aumentó hasta una retirada de aproximadamente el 89% tras 30 minutos. A medida que se agitó la mezcla durante hasta 60 minutos, la retirada de silicato se mantuvo aproximadamente igual.

15 TABLA 20: Retirada de silicato de un licor de purga de sulfito de sodio con adición de cloruro de magnesio en condiciones de proceso

Muestra:	Disolución de partida de purga de sulfito de sodio filtrada	Disol. de sulfito tratada con MgCl <sub>2</sub> - 5 min de agitación	Disol. de sulfito tratada con MgCl <sub>2</sub> - 30 min de agitación	Disol. de sulfito tratada con MgCl <sub>2</sub> - 60 min de agitación
g de MgCl <sub>2</sub> al 30% añadido a 200 g de disolución de purga de sulfito	NA	1,87	1,85	1,86
ppm de Mg añadido	-	715	708	711
% de equiv. molares de Mg añadido	-	114	113	113
Temp. de disol. final (°F)	NA	145	163	167
ppm de insol.	350	1500	2611	2698
ppm de Mg	1	508	242	237
ppm de Si	724	252	79	98
ppm de reducción de Si	-	472	645	626
% de reducción de Si	-	65	89	86

20 Ejemplo 13

Se llevó a cabo una prueba de tratamiento con magnesio en una planta de ceniza de sosa similar a la planta ilustrada en la figura 3, excepto sin recirculación de sólido 105 de balsa, en la que se añadió una disolución de cloruro de magnesio (MgCl<sub>2</sub>) al 27% en peso al rebosamiento 118 de clasificador inclinado que sale del clasificador 112. El rebosamiento 118 de clasificador estaba a una temperatura de aproximadamente 180°F (82,2°C) y contenía trona calcinada disuelta e impurezas que incluían silicatos procedentes de la trona calcinada. Se inyectó el cloruro de magnesio directamente en el rebosamiento 118 de clasificador que fluía al interior de un pequeño tanque de compensación (no ilustrado) en la succión de una bomba y fuera del espesador (primer espesador 113) que se hacía funcionar a una temperatura de aproximadamente 170°F (76,7°C). El tiempo de retención desde el punto de la adición de cloruro de magnesio hasta el pozo central del espesador 13 fue de aproximadamente 10 minutos. Basándose en el volumen de espesador y las velocidades de flujo de producción, el tiempo de residencia en el espesador fue de aproximadamente 24 horas.

35 Se ajustó la velocidad de flujo de la disolución de cloruro de magnesio al 27% en peso durante la prueba basándose en las tasas de producción de la planta y las velocidades de flujo del rebosamiento de clasificador así como un promedio histórico de concentración de silicato en el rebosamiento de clasificador de aproximadamente 80 ppm como Si, para que el Mg añadido esté en un exceso estequiométrico con respecto a Si para una precipitación teórica del 115% del silicato presente en el rebosamiento de clasificador. Por ejemplo, para una velocidad de flujo específica de 3589 gpm en el rebosamiento de clasificador que contiene 80 ppm de Si que daba como resultado un flujo de silicio específico de 0,287 gpm de Si, una velocidad de flujo de Mg equivalente de  $0,287 / 1,15 = 0,249$  gpm de Mg dio como resultado una velocidad de flujo de 4,2 gpm de la disolución de MgCl<sub>2</sub> al 27%.

45 Ejemplo 14

Se recuperó un sólido de carbonato de sodio decahidratado de una balsa de relaves y se recirculó durante un par de meses de verano (estación n.º 1) al interior de una planta de ceniza de sosa similar a la planta ilustrada en la figura 3, excepto porque se omitió la lixiviación en la unidad 10. La cantidad de “deca” que se recirculaba a la planta representó aproximadamente el 4% de la cantidad total de carbonato de sodio. Se fundió el sólido de carbonato de

sodio decahidratado recuperado y/o se disolvió en el aparato 117 de disolución, se mezcló con el sobrenadante 124 del espesador para formar la corriente 115 de licor débil que se recirculó al tanque 110 de lixiviación en el que se disolvió trona calcinada. Por tanto, el rebosamiento 118 de clasificador era una disolución acuosa saturada o casi saturada que contenía carbonato de sodio que contenía trona calcinada disuelta y carbonato de sodio decahidratado regenerado disuelto así como impurezas incluyendo silicatos solubles y compuestos orgánicos arrastrados desde el carbonato de sodio decahidratado regenerado así como silicatos solubles procedentes de trona calcinada. Se retiraron los materiales insolubles en el primer espesador 113. Se hizo pasar el rebosamiento del espesador a través de la unidad 114 de filtración para generar un licor de carbonato de sodio saturado o casi saturado que comprendía carbonato de sodio, al menos una parte del cual era de un decahidrato regenerado disuelto. Se alimentó el licor de carbonato de sodio saturado o casi saturado al cristalizador 102 para formar cristales de carbonato de sodio monohidratado, que se secaron para formar el producto 109 de ceniza de sosa final.

Durante esta estación de recirculación de decahidrato (n.º 1), el producto de ceniza de sosa final pareció más friable, y el aumento de la formación de finos tuvo un impacto sobre la calidad de la ceniza de sosa. Además, durante esta estación, la planta de ceniza de sosa experimentó un aumento de la formación de espuma en los cuerpos del cristalizador. Se añadieron agentes antiespumantes con mayor frecuencia y los operarios de la planta observaron que el proceso era más difícil de controlar y tenía más perturbaciones operativas.

La disminución pronunciada en la calidad de ceniza de sosa provocada por el aumento en el contenido en finos así como el aumento de la incidencia de formación de espuma en el cristalizador de carbonato de sodio monohidratado se vincularon con la recirculación de carbonato de sodio decahidratado recuperado de la balsa de relaves. Debido a que el "deca" recirculado tenía un contenido en silicatos muy superior al de la trona calcinada, se planteó la hipótesis de que silicatos solubles arrastrados desde el deca recirculado pueden haber aumentado el contenido en silicatos solubles hasta un nivel en el cristalizador que tuvo un impacto, al menos en parte, sobre el proceso de cristalización. Sin desear limitarse a la teoría, se cree que cuando el contenido en silicatos solubles está por encima de un determinado nivel umbral en la alimentación del cristalizador, tal exceso del contenido en silicatos solubles puede interferir con el crecimiento de cristales y tener un impacto sobre la forma de los cristales de carbonato de sodio, por ejemplo formando cristales alargados que son más propensos a la rotura y que dan como resultado un producto de ceniza de sosa más frágil.

Se realizaron varias pruebas en el laboratorio con adición de diversos compuestos de magnesio para retirar parte de los silicatos solubles tal como se muestra en los ejemplos 7-10. Estas pruebas indicaron que  $MgCl_2$  era el más eficaz en la reducción del contenido en silicatos solubles. Se reanudó la recirculación de carbonato de sodio decahidratado recuperado de la balsa de relaves en la planta de ceniza de sosa, y se inició un tratamiento con cloruro de magnesio al mismo tiempo en una segunda estación de recirculación (n.º 2). Se observó que la formación de finos en la ceniza de sosa disminuyó cuando se trató con  $MgCl_2$  el carbonato de sodio que contenía el "deca" recirculado.

Se comparó el contenido en finos del producto final de ceniza de sosa cuando se hizo funcionar la planta de ceniza de sosa con o sin recirculación de carbonato de sodio decahidratado recuperado de una balsa de relaves, y con o sin tratamiento con  $MgCl_2$ . Se evaluó el contenido en finos mediante el porcentaje del producto final de ceniza de sosa que pasó a través de un tamiz con un tamaño de 100 de malla U.S. (en el que un tamaño de 100 de malla corresponde generalmente a 0,149 milímetros o 149 micrómetros). Tal como se muestra en la tabla 21, hubo poco impacto del  $MgCl_2$  sobre el contenido en finos del producto final de ceniza de sosa cuando no hubo recirculación de "deca". En el otro extremo, la recirculación del "deca" aumentó la cantidad de finos que se generaron, y un tratamiento con  $MgCl_2$  redujo el impacto negativo que tenía la recirculación de "deca" sobre la producción de finos del producto final de ceniza de sosa.

A lo largo del transcurso de varias campañas de tratamiento con magnesio durante la estación n.º 2 cuando se recirculó "deca", se añadió una disolución acuosa de cloruro de magnesio (27% en peso) en diversos puntos de adición en la planta de ceniza de sosa según la figura 3 seleccionados de los siguientes: en el punto 125 a la corriente 115 de licor débil que era una disolución insaturada que tenía una temperatura de aproximadamente 126°F (52,2°C); en el punto 126 al rebosamiento de clasificador inclinado que era una disolución saturada o casi saturada que tenía una temperatura de aproximadamente 180°F (82,2°C) antes de alimentarse al primer espesador 113 que se hacía funcionar a una temperatura de aproximadamente 170°F (76,7°C); o en el punto 117' al aparato 117 de disolución en el que estaba fundiéndose el decahidrato y disolviéndose en agua para formar una disolución insaturada de carbonato de sodio decahidratado a una temperatura de aproximadamente 108°F (42,2°C). Se midió el contenido en finos resultante en el producto de ceniza de sosa acabado durante los diversos tratamientos con magnesio. En la tabla 22 se muestran los resultados. Se usó un método estadístico de "prueba de la t" para comparar el contenido en finos y se determinó que había una diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje de producto final que pasaba por el tamiz de 100 de malla entre las estaciones n.º 1 y 2.

TABLA 21: Contenido en finos en el producto acabado de ceniza de sosa con y sin recirculación de carbonato de sodio decahidratado regenerado y con o sin tratamiento con  $MgCl_2$  en la planta de ceniza de sosa

	Con recirculación de decahidrato		Sin recirculación de decahidrato	
	Con MgCl2	Sin MgCl2	Con MgCl2	Sin MgCl2
Contenido en finos (% promedio que pasa a través de 100 de malla)	6,51	7,58	5,85	5,86
Desviación estándar	1,70	2,48	1,3	1,92
N*	53	48	23	111

TABLA 22: Contenido en finos en producto acabado de ceniza de sosa con adición de MgCl2 cuando se recirculó carbonato de sodio decahidratado regenerado

5

	Con recirculación de carbonato de sodio decahidratado ("deca") de balsa			Sin recirculación de "deca" de balsa
	Al aparato (17) de disolución de decahidrato	A la corriente (25) de licor débil	Al rebosamiento (18) de clasificador	ninguno
Contenido en finos (% promedio que pasa a través de 100 de malla)	6,76	5,39	6,03	7,58
Desviación estándar	1,83	1,28	1,90	2,48
N*	25	20	76	48
libras de MgCl2/libras de "deca"	0,03	0,06	0,04	-

\*: Número de muestras analizadas

10 Se observó que el contenido en finos en los productos finales de ceniza de sosa disminuyó cuando se añadió MgCl2 independientemente de dónde se añadió el MgCl2. Para comparación, debe observarse que, cuando la ceniza de sosa se produjo a partir de trona calcinada sin recirculación de carbonato de sodio decahidratado, el porcentaje promedio del producto final que pasó a través de un tamiz con un tamaño de 100 de malla fue del 5,86% sin adición de MgCl2 y del 5,85% con adición de MgCl2. Aunque la adición de MgCl2 a la corriente de licor débil (insaturado en carbonato de sodio) basándose en la tabla 22 pareció tener un mayor impacto en la reducción del contenido en finos del producto final, la disminución del contenido en finos pareció estar más vinculada a la cantidad de magnesio añadido con respecto a la cantidad de decahidrato que estaba recirculándose en lugar de estar vinculada a una ubicación particular en la que se añadió MgCl2. Es decir, cuanto mayor era la cantidad de MgCl2 que se añadió con respecto a la cantidad de "deca" recirculado, menor era el contenido en finos en el producto final de ceniza de sosa. Para fines de ilustración, se representó gráficamente el contenido en finos en la ceniza de sosa frente a la razón de velocidades de flujo másico de Mg con respecto a "deca" (libras de MgCl2/libras de "deca") en la figura 7 en los tres puntos de adición en la planta de ceniza de sosa. Tal como se muestra en la figura 7, hubo una tendencia a la disminución del contenido en finos en el producto de ceniza de sosa acabado a medida que aumentó la razón de velocidades de flujo másico de Mg con respecto a "deca".

25 La figura 8 representa el contenido en finos del producto acabado durante las dos estaciones de recirculación de "deca" n.º 1 (línea discontinua sin tratamiento con Mg) y 2 (línea continua con tratamiento con Mg). El contenido en finos promedio en el producto de ceniza de sosa (basándose en el % que pasaba a través de un tamiz de 100 de malla con un promedio de movimiento de 2 puntos) fue del 8,37% (desviación estándar: 2,41) para la estación n.º 1 sin tratamiento con Mg y del 6,29% (desviación estándar: 1,63) para la estación n.º 2 con tratamiento con Mg. Aunque el contenido en finos varió de manera bastante extensa durante cada estación de recirculación, el tratamiento con MgCl2 dio como resultado en promedio una disminución global de aproximadamente el 1,9% del contenido en finos durante la estación n.º 2 en comparación con la estación n.º 1 sin tratamiento con magnesio, lo que corresponde a una reducción del 23% en la formación de finos.

35 También se midió la cantidad de silicatos con y sin el tratamiento con magnesio en el filtrado (ilustrado como 127 en la figura 3). Los resultados se muestran en la tabla 23.

TABLA 23: Contenido en ppm de Si de la disolución de filtrado (disolución purificada)

40

	Con recirculación de "deca"		Sin recirculación de "deca"
	Con MgCl2	Sin MgCl2	Sin MgCl2
ppm de Si observados en el filtrado	88	123	80

La cantidad de Mg que se añadió cuando se recirculó “deca” debería haber sido suficiente para alcanzar 78 ppm de Si en el filtrado 127. Con una cantidad promedio de aproximadamente 88 ppm de Si, la eficacia de retirada de silicatos fue de aproximadamente el 78%. Se usó un método estadístico de “prueba de la t” para comparar el contenido en silicio, y se determinó que había una diferencia estadísticamente significativa en el contenido en ppm de Si en el filtrado 127 entre las estaciones n.º 1 y 2.

Durante la estación n.º 1 con recirculación de “deca”, el volumen de “deca” introducido en el proceso de ceniza de sosa tenía que reducirse no sólo debido a un desplazamiento hacia un tamaño de partícula más pequeño del producto final, sino también debido a una mayor incidencia de formación de espuma en el cristalizador. Durante la estación n.º 1 con “deca” tal como se mencionó anteriormente, se encontraron problemas de formación de espuma en los cuerpos del cristalizador. Durante la estación n.º 2 con recirculación de deca concurrente y adición de cloruro de magnesio aguas arriba del cristalizador, los operarios de producción observaron que la formación de espuma en el cristalizador no era tan prevalente mientras que era un problema operativo en la estación n.º 1. Sin desear limitarse a una teoría particular, se cree que el tratamiento con magnesio durante la estación n.º 2 también puede haber sido eficaz en la reducción del contenido en agente(s) que provoca(n) espuma soluble(s) tal(es) como agente(s) tensioactivo(s) en el licor tratado que, en su mayor parte, terminan en la alimentación del cristalizador. Lo más probablemente, tal(es) compuesto(s) que provoca(n) espuma se arrastra(n) desde el “deca” recirculado. Mediante su interacción con el compuesto de magnesio añadido, había una reducción del contenido o de la propensión a provocar espuma de este/estos agente(s).

Por tanto, basándose en estas pruebas, se cree que el contenido o la tendencia a provocar espuma de estos agentes puede reducirse mediante una adición de magnesio a una disolución saturada/casi saturada o insaturada que contiene carbonato de sodio, al menos una parte de la cual procede de carbonato de sodio decahidratado recuperado de una balsa de relaves, mediante adición de al menos un compuesto de magnesio.

Durante la estación n.º 1, los operarios comenzaron a realizar una evaluación cualitativa de la formación de espuma en el cristalizador casi cada día usando un sistema de clasificación de espuma arbitrario de desde 0 hasta 10, siendo 0 ninguna espuma y siendo 10 espuma extrema. La figura 9 ilustra estas observaciones para el momento en el que se realizaron durante las dos estaciones de recirculación de deca. En la tabla 24 se indica el promedio de estas observaciones. También se registró la adición de antiespumante y se representa en la figura 10. Se usó un método estadístico de “prueba de la t” para comparar la clasificación de formación de espuma en el cristalizador y la tasa de uso de antiespumante, y se determinó que había una diferencia estadísticamente significativa en la clasificación de formación de espuma y el uso de antiespumante entre las estaciones n.º 1 y 2. Durante la estación n.º 2, hubo menos formación de espuma en el cristalizador y menos uso de antiespumante aunque se usaron tasas de recirculación de decahidrato superiores en comparación con la estación n.º 1. Debe indicarse que los grandes picos observados al final de la estación n.º 2 tanto en la figura 9 como en la figura 10 fueron el resultado de perturbaciones operativas, no fueron una respuesta o efecto basado en la adición de magnesio.

TABLA 24: Clasificaciones de espuma, uso de antiespumante, toneladas de decahidrato recirculado y mena de trona (%) durante la estación n.º 1 con “deca” recirculado (sin tratamiento con MgCl2) y la estación n.º 2 con “deca” recirculado (con MgCl2)

	Clasificación de formación de espuma (unidades arbitrarias)		Deca recirculado (toneladas/día)		Uso de antiespumante (libras/h)		Mena de trona (%)	
	Estación 1	Estación 2	Estación 1	Estación 2	Estación 1	Estación 2	Estación 1	Estación 2
Promedio	2,04	0,81	556,85	873,29	16,31	14,90	93,57	94,00
D.E.	2,29	1,29	260,75	408,63	2,84	1,97	2,00	1,83
N	26	99			70	80	67	79

También se analizó la trona para tener en cuenta la posible variación en el material de mena que se usó para preparar ceniza de sosa. Los datos se muestran en la tabla 24. Se usó un método estadístico de “prueba de la t” para comparar el contenido de la mena de trona, y se determinó que no había ninguna diferencia estadística en el contenido de la mena de trona entre las estaciones n.º 1 y 2.

Por consiguiente, el alcance de protección no se limita por la descripción y los ejemplos expuestos anteriormente, sino que sólo se limita por las reivindicaciones que siguen, incluyendo este alcance todos los equivalentes del contenido de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones están incorporadas en la memoria descriptiva como una realización de la presente invención. Por tanto, las reivindicaciones son una descripción adicional y son una adición a las realizaciones preferidas de la presente invención. Las realizaciones descritas en el

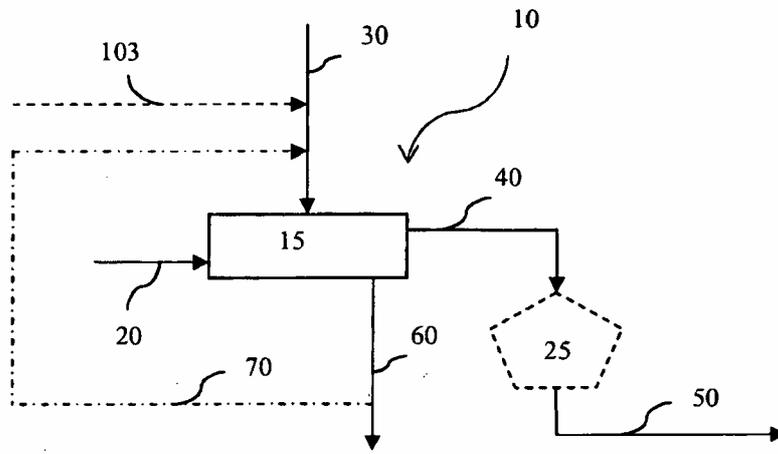
presente documento son únicamente a modo de ejemplo y no son limitativas. Son posibles muchas variaciones y modificaciones de sistemas y métodos y están dentro del alcance de la invención. Por consiguiente, el alcance de protección no se limita a las realizaciones descritas en el presente documento, sino que sólo se limita por las reivindicaciones que siguen, cuyo alcance incluirá todos los equivalentes del contenido de las reivindicaciones.

5

## REIVINDICACIONES

- 1.- Método para reducir el contenido de impurezas en un sólido de desecho permitiendo de ese modo que se use como alimentación para un proceso que produce carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, u otros derivados cristalinos, comprendiendo el método las siguientes etapas:
- 5
- proporcionar una masa de un sólido de desecho que comprende un sólido de balsa recuperado de al menos una balsa de desechos, comprendiendo dicho sólido de balsa impurezas seleccionadas del grupo que consiste en silicatos, cloruro de sodio, sulfato de sodio, materia orgánica, y combinaciones de dos o más de los mismos, comprendiendo además dicho sólido de balsa un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, carbonato de sodio monohidratado, carbonato de sodio heptahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos;
  - 10
  - poner en contacto dicha masa de sólido de desecho con una disolución de lixiviación para disolver selectivamente en la disolución de lixiviación al menos una parte de una primera impureza de la masa puesta en contacto para formar un material lixiviado y un residuo lixiviado;
  - 15
  - opcionalmente repetir la etapa de puesta en contacto con al menos una parte del material lixiviado durante una cantidad de tiempo predeterminada o hasta que el contenido de dicha primera impureza en el material lixiviado o en el residuo lixiviado alcance un valor predeterminado;
  - 20
  - recoger el residuo lixiviado;
  - 25
  - disolver al menos una parte del residuo lixiviado en un medio acuoso para formar un licor;
  - 30
  - opcionalmente llevar a cabo una segunda etapa de retirada de impurezas que comprende realizar un tratamiento con magnesio para formar un licor tratado, comprendiendo dicho tratamiento añadir un compuesto de magnesio durante la disolución del residuo lixiviado o añadir un compuesto de magnesio a dicho licor o una parte del mismo después de la disolución del residuo lixiviado para formar materia insoluble en agua con al menos una parte de una segunda impureza, y hacer pasar dicho licor tratado a través de al menos una unidad de separación para retirar materia insoluble en agua y para obtener una disolución purificada;
  - 35
  - en el que al menos una parte de dicho licor o dicha disolución purificada proporciona una materia prima para un proceso que produce un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, sulfito de sodio, u otros derivados.
  - 40
- 2.- Método según la reivindicación 1, en el que la masa de sólido de desecho consiste esencialmente en un sólido de balsa recuperado de una balsa de desechos, o en dos o más sólidos de balsa recuperados de la misma balsa de desechos o de diferentes balsas de desechos.
- 40
- 3.- Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que el sólido de balsa comprende entre el 5% en peso y el 38% en peso de carbonato de sodio decahidratado o comprende bicarbonato de sodio en una cantidad de hasta aproximadamente el 40% en peso.
- 45
- 4.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además alimentar al menos una parte del licor a un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado o un cristalizador de bicarbonato de sodio para formar cristales y una corriente de licor de purga, haciéndose pasar al menos una parte de dicha corriente de licor de purga en condiciones de cristalización a la al menos una balsa de desechos para formar un depósito contaminado con dicha primera impureza y opcionalmente con una segunda impureza, en el que una parte de dicho depósito se recupera para proporcionar el sólido de balsa en dicha masa de sólido de desecho.
- 50
- 5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además formar un depósito de balsa en la balsa de desechos y recuperar al menos una parte de dicho depósito para proporcionar el sólido de balsa en dicha masa de sólido de desecho, y en el que formar el depósito de balsa comprende hacer pasar a tal balsa de desechos un efluente de planta que comprende un compuesto de sodio seleccionado del grupo que consiste en carbonato de sodio, cualquier hidrato del mismo, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos, en condiciones adecuadas para formar una sal de sodio cristalizada seleccionada del grupo que consiste en carbonato de sodio decahidratado, bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, y cualquier combinación de dos o más de los mismos.
- 55
- 60
- 6.- Método según la reivindicación 5, en el que el efluente de planta alimentado a la balsa de desechos comprende un licor de purga que sale de un cristalizador de carbonato de sodio, un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato de sodio, o ambos.
- 65
- 7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de puesta en contacto comprende lixiviar por percolación, y:

- 5 - opcionalmente lixiviar por percolación comprende a) amontonar la masa de sólido de desecho sobre un sustrato impermeable a los líquidos que está inclinado con respecto a la horizontal; b) dispersar la disolución de lixiviación a través de un sistema de distribución tal como un sistema de distribución que comprende al menos un componente de dispersión de disolución seleccionado del grupo que consiste en boquilla de pulverización, rociador de impacto, tubería perforada, tubería porosa, tubería ranurada, tubería dividida y sistema de irrigación con una pluralidad de componentes de dispersión de disolución; y mediante lo cual dicha disolución de lixiviación se pulveriza sobre dicha masa amontonada; y c) recoger el material lixiviado después de percolación a través de dicha masa amontonada, u
- 10 - opcionalmente lixiviar por percolación comprende colocar la masa de dicho sólido de desecho en un recipiente; dispersar la disolución de lixiviación a través de un sistema de distribución cerca o por encima del recipiente mediante lo cual dicha disolución de lixiviación se pulveriza sobre dicha masa y pasa hacia abajo a su través; y recoger el material lixiviado después de percolación a través de dicha masa en el fondo de dicho recipiente.
- 15 8.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa de puesta en contacto comprende al menos una etapa seleccionada del grupo que consiste en:
- 20 - suspender la masa de sólido de desecho en forma particulada en la disolución de lixiviación para formar una suspensión espesa;
- hacer que fluya la disolución de lixiviación hacia abajo a través de un lecho compacto de la masa de sólido de desecho;
- 25 - inundar un lecho compacto de la masa de sólido de desecho haciendo que fluya la disolución de lixiviación hacia arriba a través del lecho compacto; y
- lixiviar a contracorriente en el que la masa de sólido de desecho se mueve en un sentido mientras que la disolución de lixiviación que está en contacto con la masa en movimiento se mueve en el otro sentido.
- 30 9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera impureza que va a retirarse de la masa comprende cloruro de sodio, sulfato de sodio, o ambos.
- 35 10.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución de lixiviación comprende un licor de purga que sale de un cristalizador de bicarbonato de sodio, un licor de purga que sale de un cristalizador de carbonato de sodio monohidratado, un agua de mina, un licor débil, agua de lluvia, o cualquier combinación de los mismos.
- 40 11.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución del residuo lixiviado forma un licor no saturado en carbonato de sodio que comprende menos del 20 por ciento de carbonato de sodio.
- 45 12.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además disolver trona calcinada en el licor después de disolver el residuo lixiviado o disolver trona calcinada durante la disolución del residuo lixiviado.
- 50 13.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se realiza la segunda etapa de retirada de impurezas, y en el que la primera impureza es diferente a la segunda impureza, opcionalmente: la primera impureza comprende cloruro de sodio, sulfato de sodio, o ambos, y la segunda impureza comprende silicatos.
- 14.- Método según la reivindicación 13, en el que el compuesto de magnesio comprende una o más sales de magnesio solubles en agua.
- 15.- Proceso para preparar un producto cristalino que comprende carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, u otros derivados, que comprende el método para reducir el contenido de impurezas en un sólido de desecho según la reivindicación 1.



**FIG. 1**

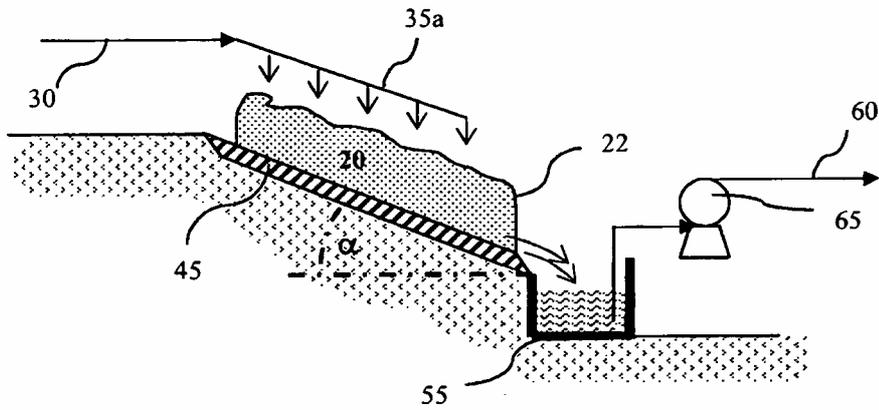


FIG. 2a

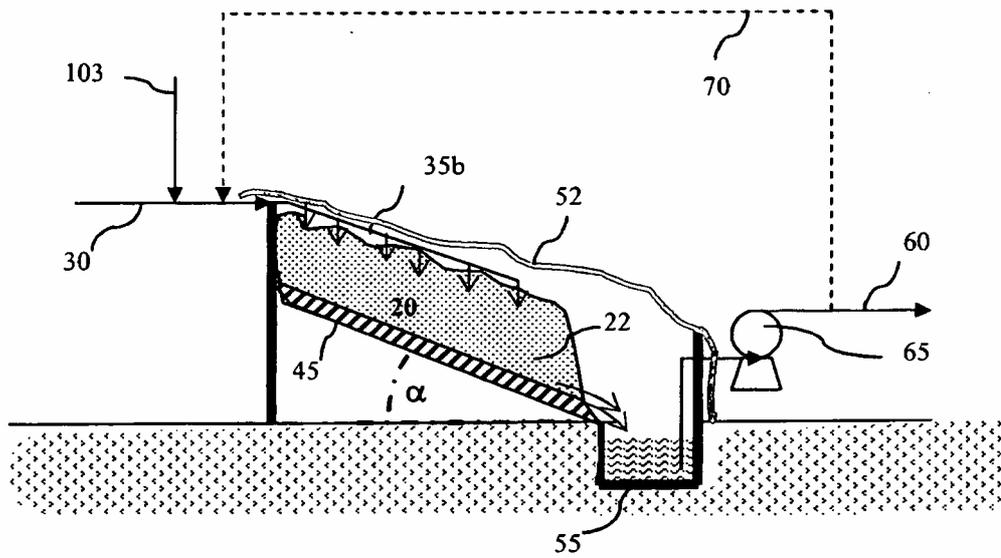


FIG. 2b

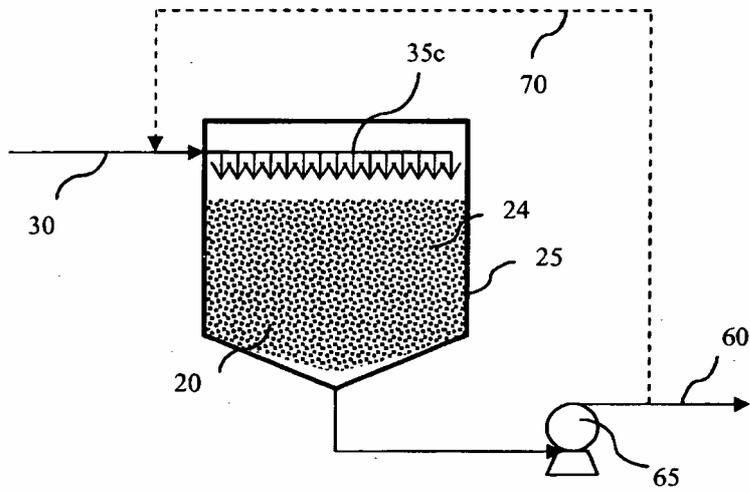


FIG. 2c

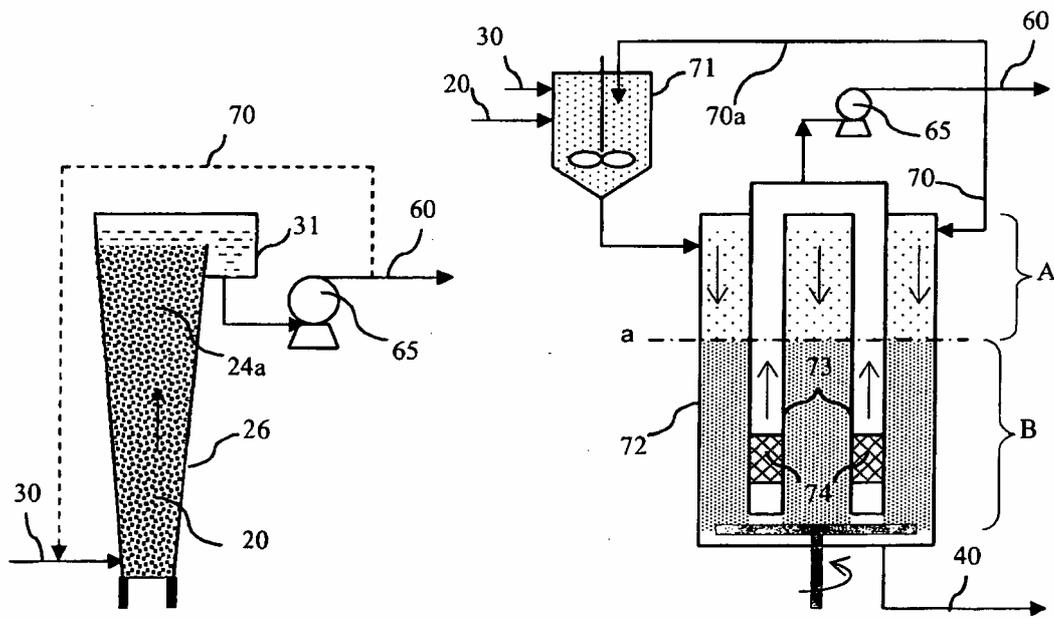


FIG. 2d

FIG. 2e

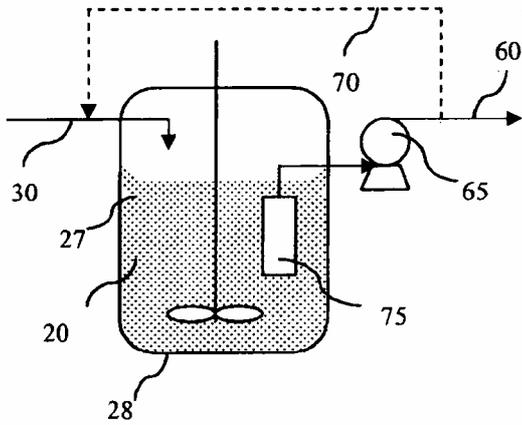


FIG. 2f

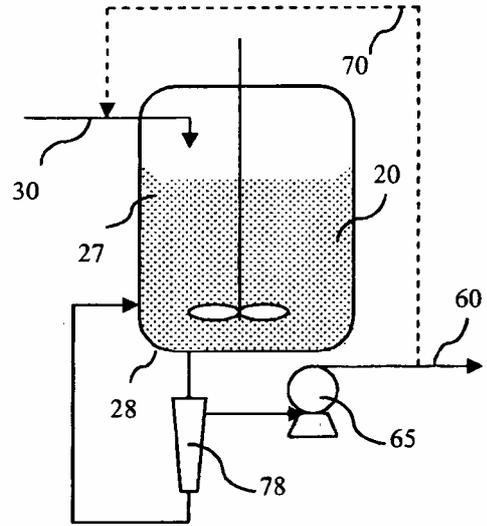


FIG. 2g

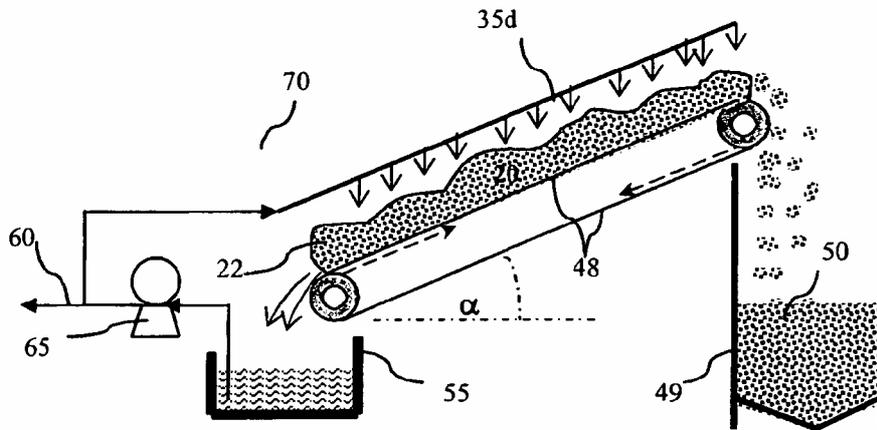


FIG. 2h

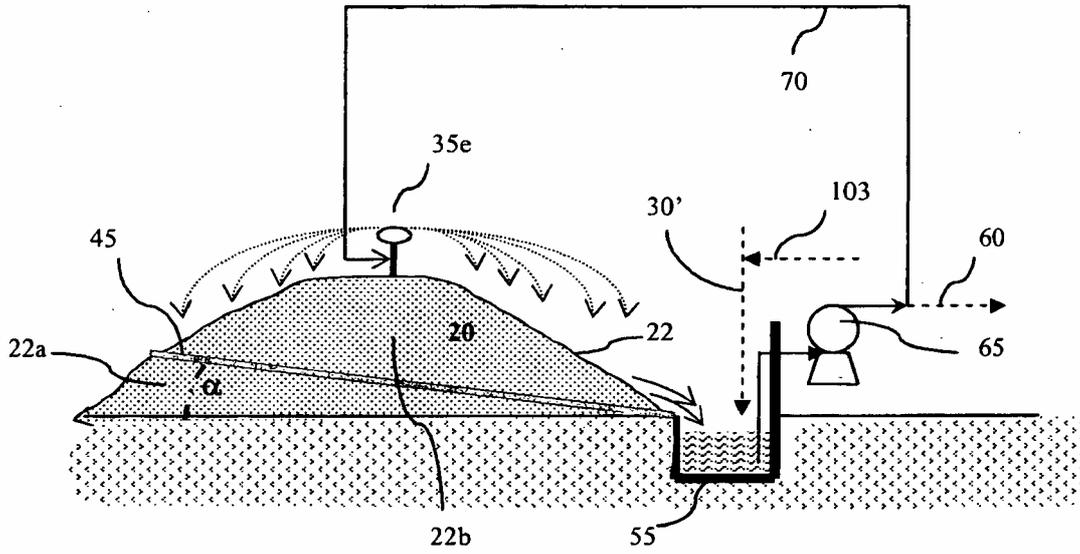


FIG. 2i

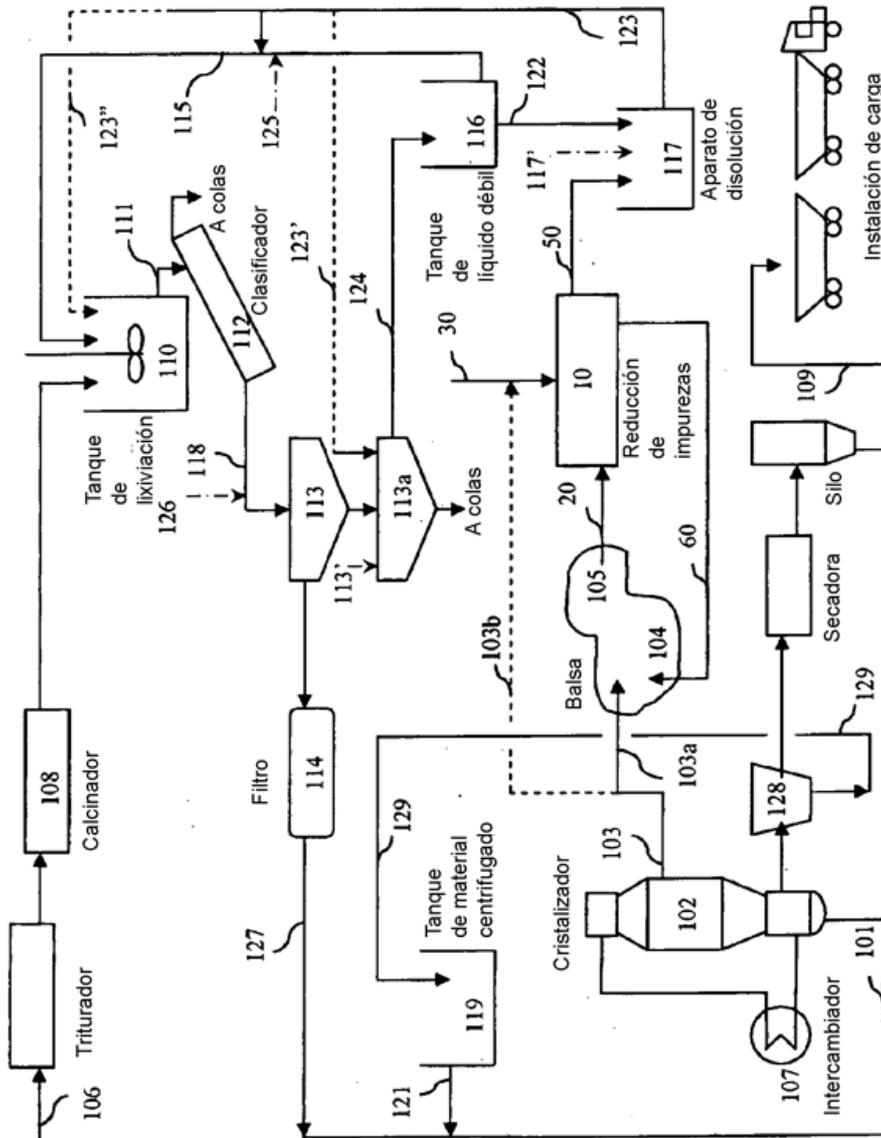


FIG. 3

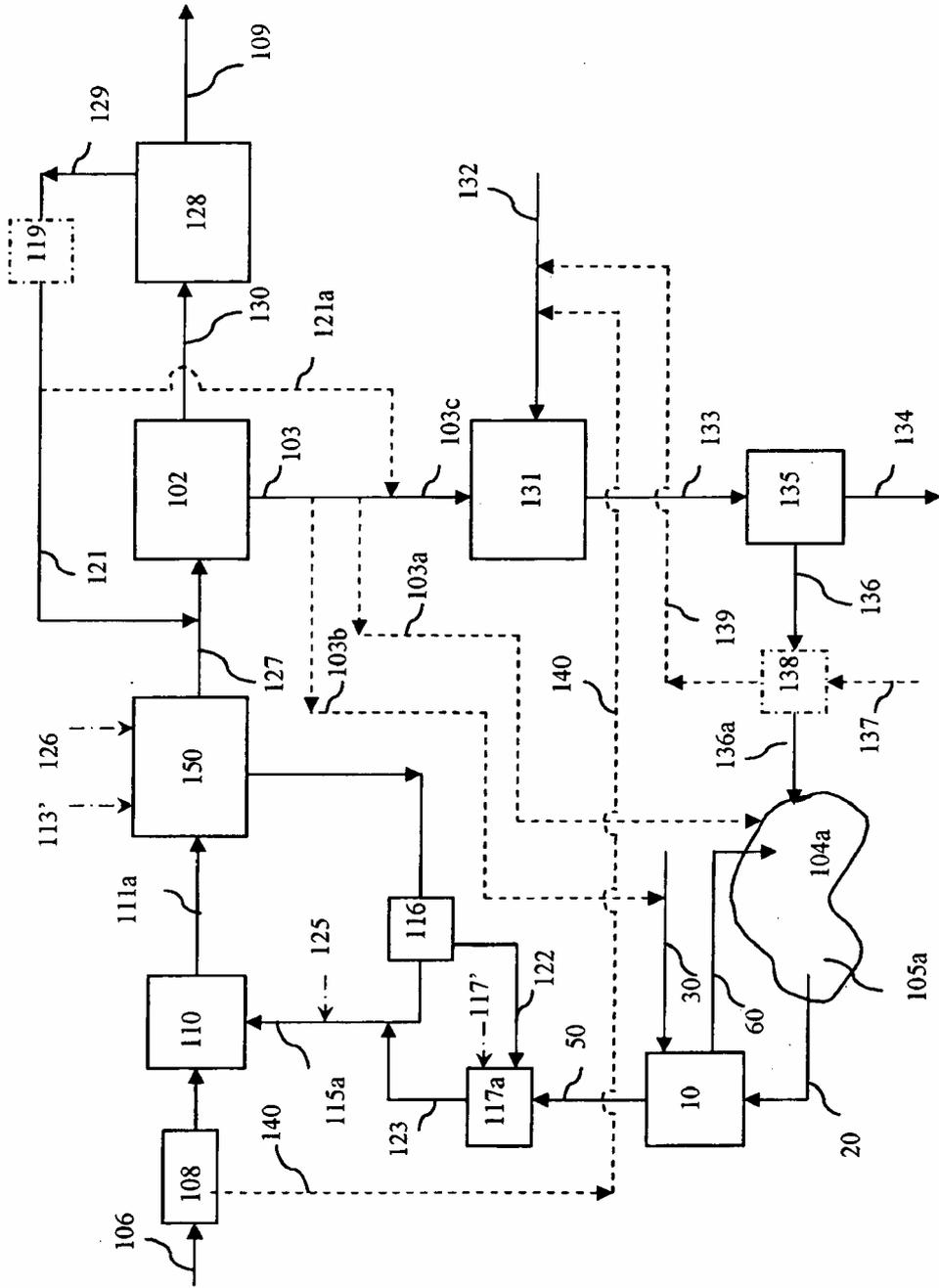


FIG. 4

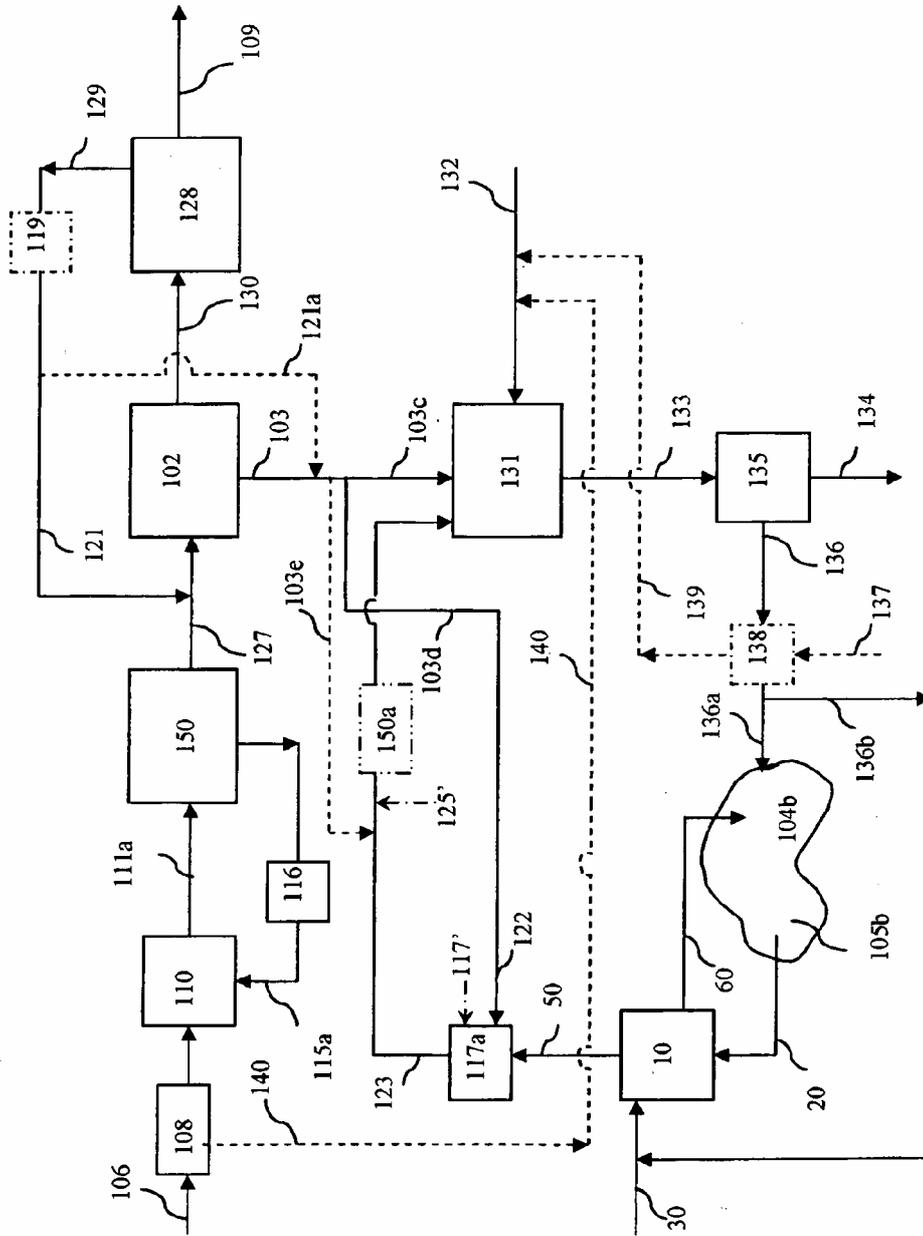


FIG. 5

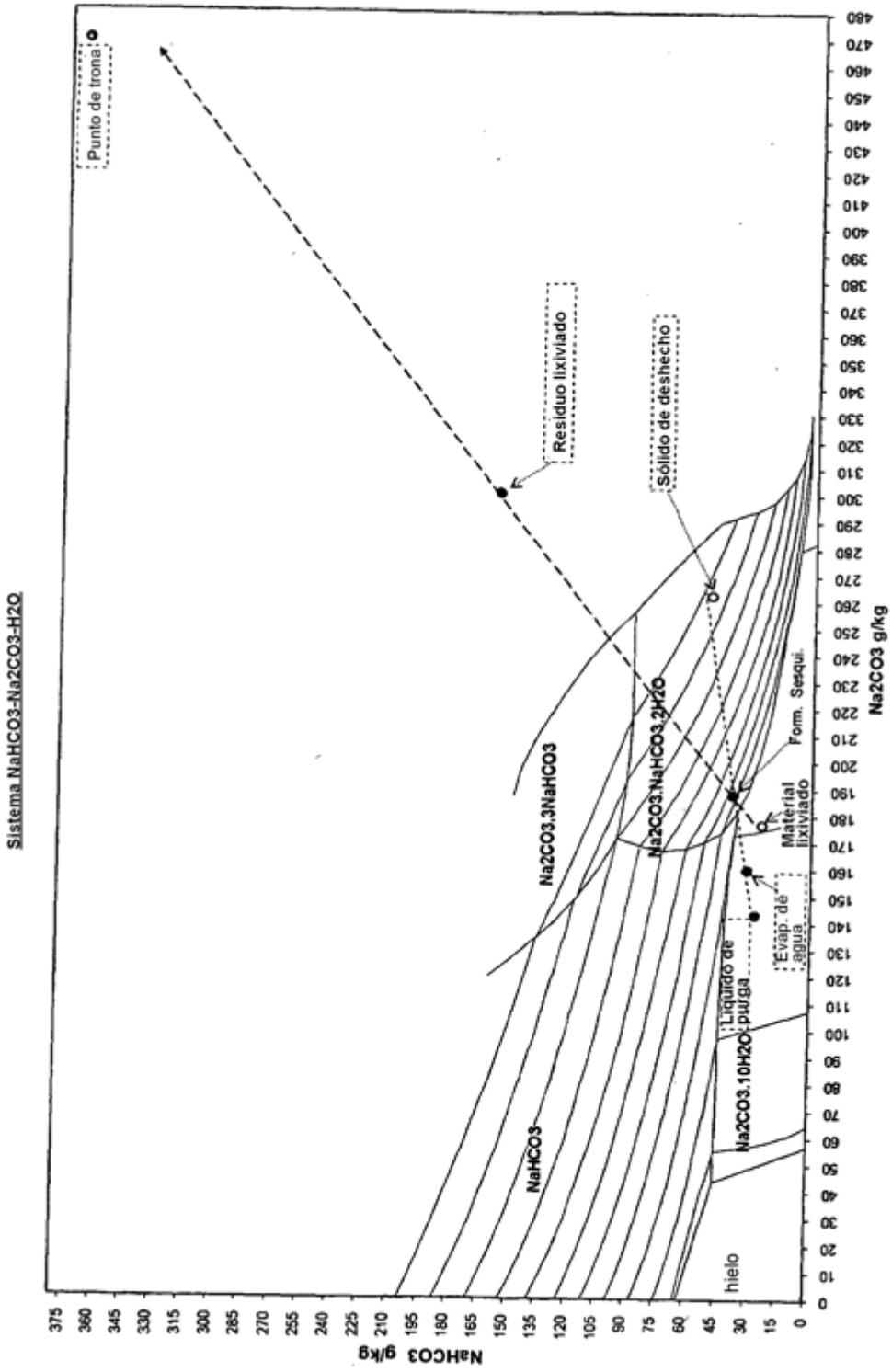


FIG. 6

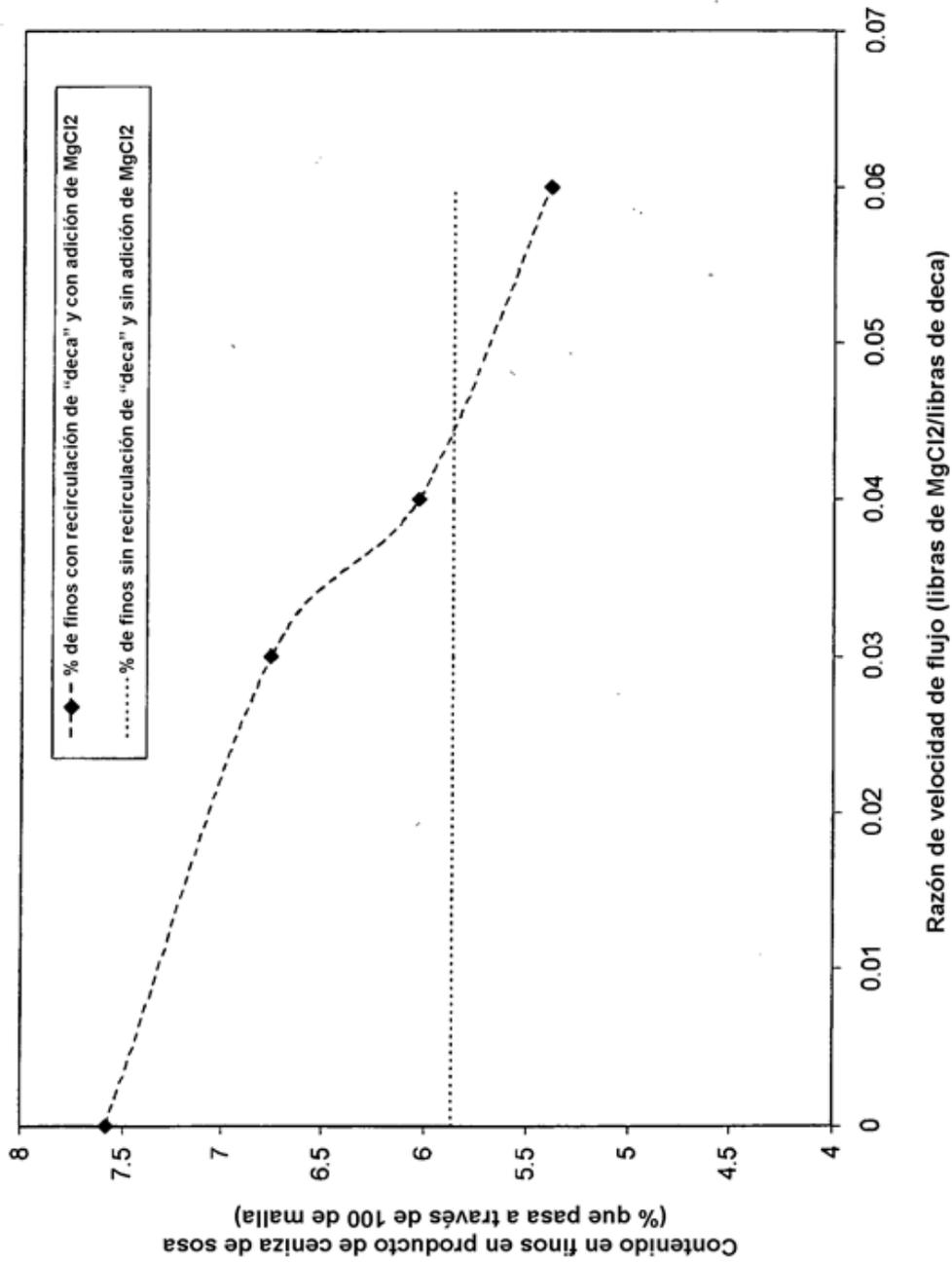


FIG. 7

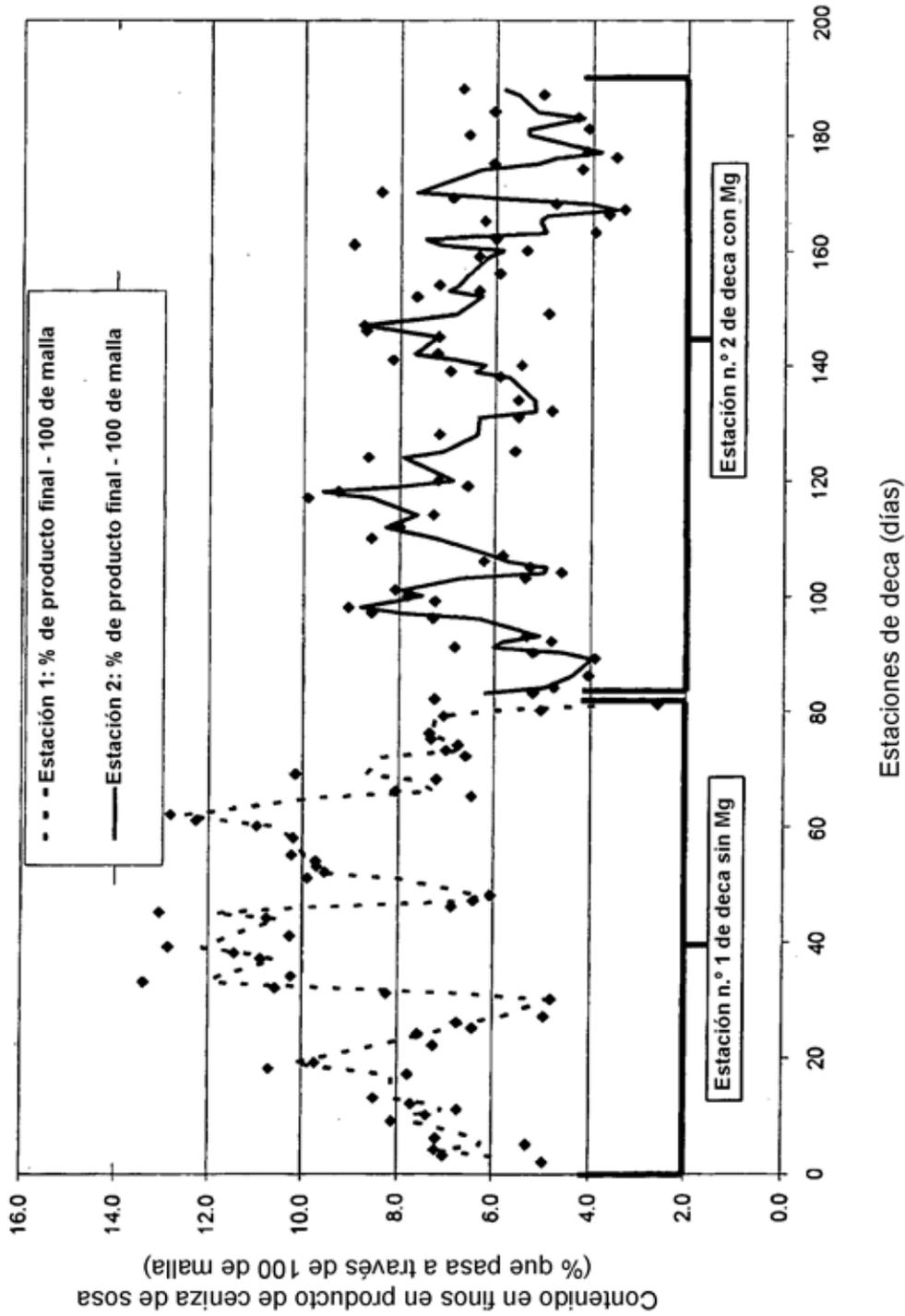


FIG. 8

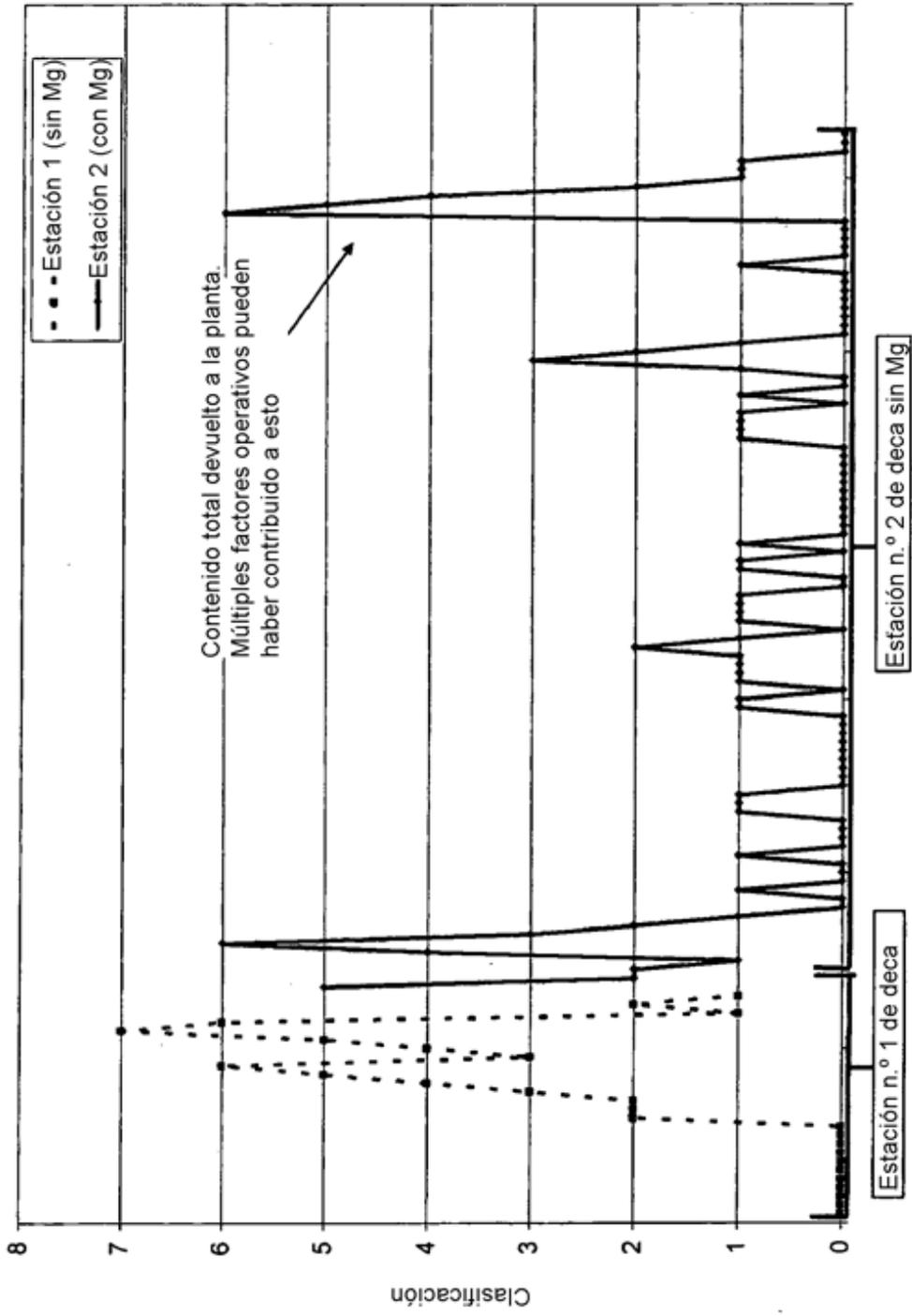


FIG. 9

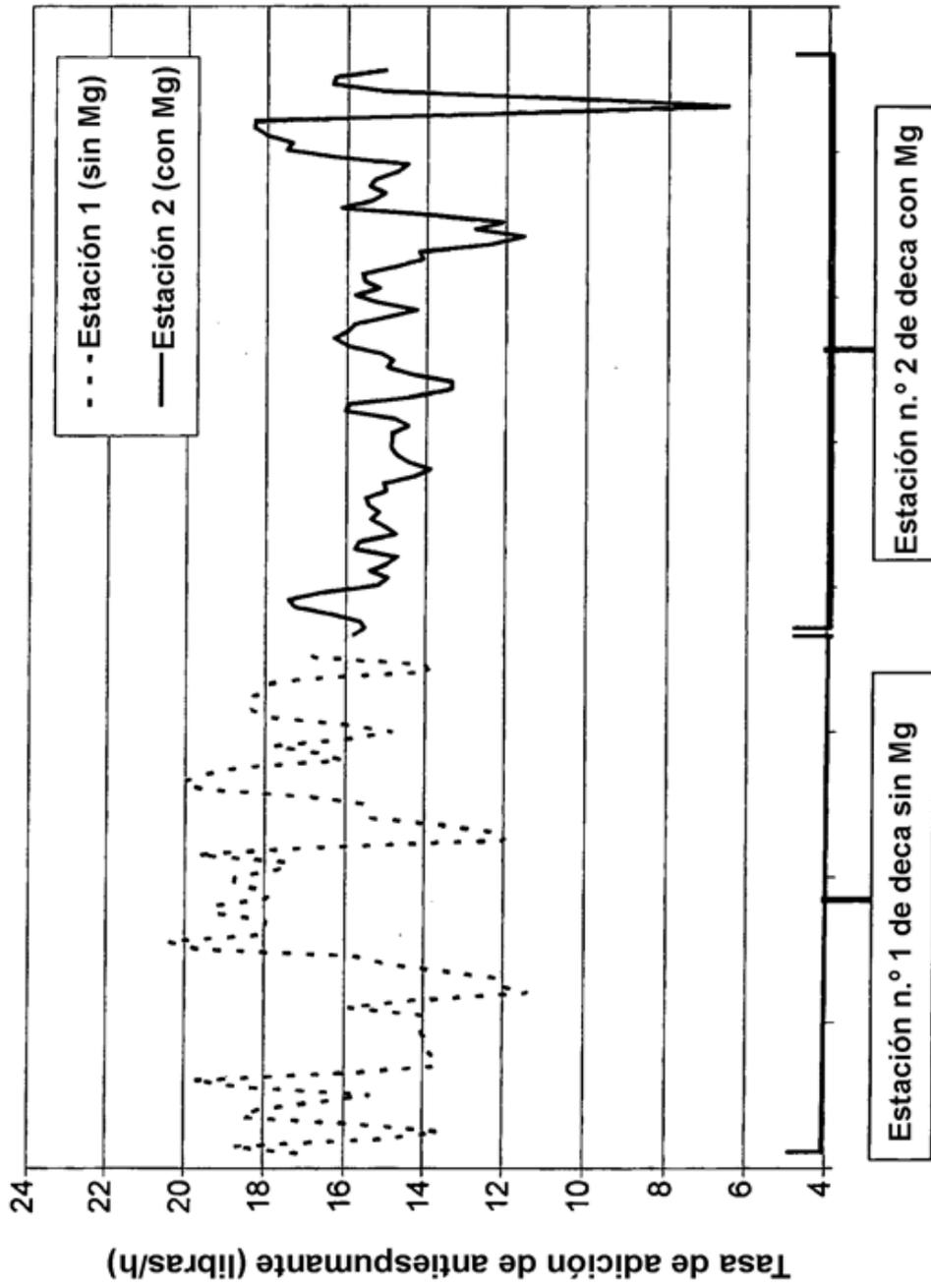


FIG. 10