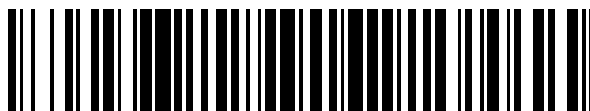


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 178**

51 Int. Cl.:

**C01D 7/18** (2006.01)

**C01B 32/60** (2007.01)

**C01B 32/50** (2007.01)

**B01D 53/14** (2006.01)

**B01D 53/75** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2018 E 18157894 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3369707**

54 Título: **Proceso de fabricación de carbonato sódico integrado con captación de dióxido de carbono mediante proceso de amoníaco**

30 Prioridad:

**21.02.2017 PL 42058817**

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

**15.12.2020**

73 Titular/es:

**CIECH R&D SP. Z O.O. (50.0%)**

**Wspolna 62**

**00-684 Warszawa, PL y**

**INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKI WĘGLA**

**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SKOWRON, KAZIMIERZ;**

**ZORAWSKI, DAMIAN;**

**KIEDZIK, LUKASZ;**

**ZELAZNY, RYSZARD;**

**SZAJKOWSKA-KOBUS, SYLWIA;**

**WEGNER, SLAWOMIR;**

**WACHOWIAK, MACIEJ;**

**SOBCZAK, WALDEMAR;**

**KOWALIK, HENRYK;**

**HULISZ, ROBERT;**

**SOBOLEWSKI, ALEKSANDER;**

**TATARCZUK, ADAM;**

**CHWOLA, TADEUSZ;**

**KROTKI, ALEKSANDER;**

**JASTRZAB, KRZYSZTOF;**

**WIECLAW-SOLNY, LUCYNA;**

**SPIETZ, TOMASZ y**

**WILK, ANDRZEJ**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 799 178 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Proceso de fabricación de carbonato sódico integrado con captación de dióxido de carbono mediante proceso de amoníaco

5

Descripción de la invenciónCampo de la invención

10 Esta invención se refiere a mejoras en el proceso integrado para fabricar carbonato sódico mediante el proceso de amoníaco Solvay (**también denominado proceso de amoníaco-sosa**). En particular, la invención se refiere al procedimiento y al sistema usados para eliminar dióxido de carbono de los gases de proceso mediante el proceso de amoníaco y para usar el dióxido de carbono eliminado en la producción de sosa mediante el proceso de amoníaco-sosa.

15

El proceso de amoníaco-sosa se ha desarrollado durante más de 150 años, pero todavía hay margen de mejora para el proceso de producción. En una escala de producción mundial de millones de toneladas al *año*, incluso las pequeñas mejoras con respecto al uso de materias primas, la limitación del consumo de energía y la limitación de los residuos se traducen en beneficios muy importantes relacionados con cuestiones económicas y medio ambientales. Debido a

20

problemas legales, económicos y ecológicos, la reducción de la emisión de dióxido de carbono se convierte en un aspecto muy importante.

Estado de la técnica

25 La fuente de dióxido de carbono y de cal viva en el proceso de producción de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio son la caliza y un combustible usado la descomposición de la misma. El calor necesario para la descomposición de la caliza proviene de la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

El dióxido de carbono y la cal viva se forman como resultado de la reacción de descomposición del carbonato de

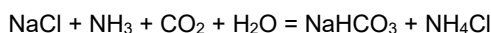
30

calcio, según la siguiente reacción:



La precipitación del hidrogenocarbonato de sodio bruto se produce durante la carbonatación (saturación con dióxido de carbono) de salmuera amoniacal. En general, se puede suponer que el proceso de carbonatación de salmuera amoniacal se realiza según la siguiente reacción total:

35

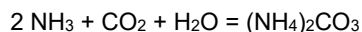


40 Esta reacción es reversible, cuando no se ha completado la conversión de cloruro de sodio en hidrogenocarbonato de sodio.

La carbonatación de salmuera amoniacal es un proceso con múltiples etapas y comienza tan pronto como en el nodo de absorción. El proceso de saturación de salmuera purificada con amoníaco y dióxido de carbono se realiza según

45

las siguientes reacciones



50

El hidrogenocarbonato de sodio bruto precipitado en columnas de carbonatación, después de la separación de la solución madre en filtros, se somete a descomposición térmica en hornos de calcinación según la reacción:



55

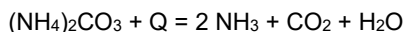
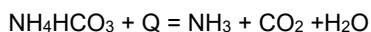
y el carbonato de sodio obtenido carbonato de sodio ligero. La sosa ligera se puede considerar como un producto comercial listo o, después de un procesamiento posterior mediante hidratación y secado, o densificación, se puede procesar en sosa densa.

60 Después de la separación de hidrogenocarbonato de sodio bruto en filtros, la solución madre restante se somete al

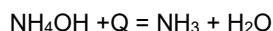
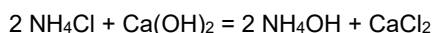
## ES 2 799 178 T3

proceso de recuperación de amoníaco, denominado destilación. El carbonato de amonio y el hidrogenocarbonato sufren una descomposición térmica, para producir amoníaco y dióxido de carbono como productos. La fuente de calor es vapor a baja presión. El amoníaco contenido en forma de cloruro de amonio se libera usando lechada de cal y calor.

5 Los procesos de descomposición de sales de amonio se realizan según las reacciones:



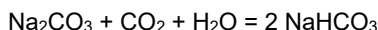
10



15 Estas reacciones requieren calor que se proporciona al proceso usando vapor.

El carbonato de sodio puede ser una materia prima para la fabricación de bicarbonato de sodio. La etapa principal de preparación en la preparación de bicarbonato de sodio es el proceso de carbonatación de la solución de carbonato sódico e hidrogenocarbonato de sodio. Se lleva a cabo en una columna de carbonatación a medida y consiste en saturar la solución acuosa de carbonatos sódicos con dióxido de carbono gaseoso. El bicarbonato de sodio se forma según la reacción:

20



25 La absorción de dióxido de carbono en la columna no está completa y depende de una concentración de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio en las condiciones de operación del proceso. Como resultado, el gas que sale de las columnas de carbonatación contiene hasta un 30 % en volumen de  $\text{CO}_2$ .

La operación de la planta del horno de cal y los parámetros logrados por esta planta tienen una importancia clave para la economía de todo el proceso de producción. Un parámetro especialmente importante es la concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas producido en el horno, que se encuentra normalmente en el intervalo de un 30 a un 42 % en volumen. Este parámetro tiene un efecto importante en el consumo de energía para el transporte y la compresión de corrientes gaseosas a columnas de carbonatación en la producción de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, en el rendimiento del proceso de carbonatación, en el tamaño de los cristales del bicarbonato de sodio fabricado y en la humedad del mismo y, en consecuencia, tiene una importancia clave para el consumo de energía y de materias primas en el proceso de producción. La operación tecnológica de los hornos de cal (que incluye la concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas de horno) depende, entre otros, de la calidad de las materias primas usadas en el proceso, es decir, la caliza y el combustible. Entre las posibilidades potenciales de reducir el coste de la materia prima fundamental usada, a saber, caliza, existe, entre otros, el uso de caliza fina que tiene una granulación en el intervalo de 10-40 mm. Sin embargo, el uso de caliza fina para el proceso de combustión de la cal está relacionado con la reducción de la concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas de horno obtenido hasta un 25-35 % en volumen, lo que no es ventajoso desde el punto de vista del proceso de carbonatación en la producción de carbonato de sodio y en la producción de bicarbonato de sodio, ya que esto provoca un mayor consumo de energía y de materias primas.

30

35

40

45 El dióxido de carbono contenido en la corriente de gas de horno a una concentración de un 30-42 % en volumen (gas de alto horno, gas de carbonatación) y en la corriente de gas de fondo (gas mixto) a una concentración de un 60-85 % en volumen, que se suministra a la planta de carbonatación de salmuera amoniacal en la producción del proceso de carbonato de sodio, no se consume por completo (debido a las restricciones de equilibrio de las reacciones), y su parte, después de la purificación de la corriente de gas procedente del amoníaco, se emite a la atmósfera. En la planta de carbonato de sodio, la corriente de gas posterior a la reacción procedente de las columnas de carbonatación, que contiene cantidades no reaccionadas de dióxido de carbono y amoníaco, se somete a purificación por las cantidades excesivas de estos gases. Esto se lleva a cabo en los depuradores que funcionan conjuntamente en serie destinados a reducir las concentraciones de dióxido de carbono y amoníaco en los gases de salida. El gas que sale de los depuradores, que se emite a la atmósfera, contiene un 8-16 % en volumen de  $\text{CO}_2$  y cantidades mínimas de amoníaco.

55

En el proceso de producción de bicarbonato de sodio, el gas de horno que contiene un 30-42 % en volumen de  $\text{CO}_2$  se usa para la carbonatación de una solución de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio. Las condiciones de equilibrio de la absorción de dióxido de carbono junto con la reacción química no permiten la completa utilización del dióxido de carbono. Una parte de ella se emite a la atmósfera en una mezcla de gases inertes y vapor. Antes de purgarlo a la atmósfera, el gas de salida procedente de las columnas de carbonatación de la planta de bicarbonato de sodio se suministra al depurador rociado con una solución de sosa, donde se produce la purificación y absorción de parte del dióxido de carbono. La corriente liberada a la atmósfera contiene un 15-30 % en volumen de  $\text{CO}_2$ .

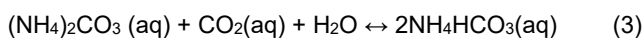
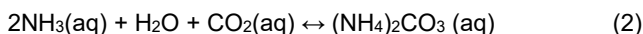
60

En resumen, las fuentes de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera comprenden: el exceso de corriente de gas procedente de la descomposición de la caliza, así como las corrientes de gas de salida que contienen dióxido de carbono no reaccionado procedente del proceso de carbonatación de la salmuera amoniacal en la producción de carbonato de sodio y en la carbonatación de la solución de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio en el proceso de producción de bicarbonato de sodio. El consumo incompleto de dióxido de carbono es el resultado de las condiciones de equilibrio de las reacciones químicas que se producen en las columnas de carbonatación. La operación optimizada del proceso de producción de lugar a la emisión de 0,2-0,4 toneladas CO<sub>2</sub> al 100 %/tonelada de sosa (véase: el documento Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry publicado por la Comisión Europea en agosto de 2007).

Existen numerosos procedimientos enfocados a limitar la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, que incluyen los que comprenden captación de dióxido de carbono y retorno al proceso de producción. Estos son, en particular, procedimientos de absorción química, procedimiento de absorción por oscilación de temperatura (TSA), procedimiento de absorción por oscilación de presión (PSA), procedimiento de destilación criogénica y procedimiento de la membrana.

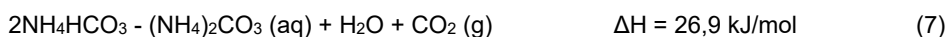
Los procedimientos usados con más frecuencia para la captación de CO<sub>2</sub> procedente de gases industriales son los procedimientos de absorción química. Los absorbentes usados son las soluciones de aminas, por ejemplo, de monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), diglicolamina (DGA), N-metildietanolamina (MDEA), 2-amino-2-metilpropanol (AMP) o piperazina (PZ). Además de las soluciones de amina, se pueden usar soluciones acuosas de amoníaco.

En el caso de usar procedimientos de absorción química (tanto con aminas como con amoníaco), el gas que se va a purificar se pone en contacto a contracorriente con la corriente de absorbente en la columna de absorción. Durante el contacto del amoníaco con el dióxido de carbono, se producen las siguientes reacciones (1)-(4):



En una solución acuosa, el amoníaco y el dióxido de carbono forman carbonato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, hidrogenocarbonato de amonio NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> y carbamato de amonio NH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>NH<sub>4</sub>. Las reacciones (1)-(4) son reversibles y su dirección depende de la presión, temperatura y concentraciones en el sistema. Todas estas reacciones son exotérmicas, por lo que su equilibrio se desplaza a la derecha a temperaturas más bajas. Esta es la razón por la que se recomienda usar bajas temperaturas en el caso de absorción, mientras que el proceso de regeneración, es decir, la transformación de hidrogenocarbonato de amonio y carbamato en carbonato de amonio, para liberar CO<sub>2</sub> absorbido, se produce en el caso de suministro de energía térmica.

Las reacciones de regeneración junto con sus entalpías se enumeran a continuación:



Como se puede ver, la opción más favorable sería llevar a cabo el proceso de regeneración en los límites de descomposición del hidrogenocarbonato de amonio en carbonato de amonio, ya que esta reacción requiere proporcionar la menor cantidad de calor (26,9 kJ/mol). Sin embargo, según las reacciones (1)-(4), la solución de absorbente saturada contiene también iones carbamato (NHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y no solo iones hidrogenocarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). En comparación con las soluciones de amina, el uso de amoníaco tiene las siguientes ventajas:

- mayor capacidad de absorción,
- menor calor de recuperación del absorbente,
- bajo coste del absorbente,

- baja corrosividad,
- resistencia del absorbente contra los procesos de degradación,
- capacidad de eliminación simultánea de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y mercurio.

5 El principal problema al usar amoníaco como absorbente es su alta volatilidad. Esto da como resultado la emisión de este gas a la atmósfera y la contaminación de la corriente de CO<sub>2</sub> obtenida. Para minimizar la emisión de NH<sub>3</sub> y purificar además la corriente de CO<sub>2</sub> obtenida, se usan columnas de lavado con agua. La solución acuosa de amoníaco formada tiene una concentración baja y no es adecuada para su uso directo en el sistema existente. Es por eso que el amoníaco se recupera al calentar la solución, que se lleva a cabo en aparatos separados para la recuperación de  
10 amoníaco. Sin embargo, esta operación requiere el uso de una fuente de energía adicional.

Otro problema que aparece cuando se usa amoníaco como absorbente es la posibilidad de precipitar sólidos (carbonato, hidrogenocarbonato y carbamato de amonio) en los lugares donde la solución se enfría. Por lo general, esto ocurre en el área de la columna de desorción donde el CO<sub>2</sub> liberado se puede disolver en el condensado licuado  
15 que contiene pequeñas cantidades de amoníaco. En una situación de este tipo, la solución a menudo se satura con carbonato de amonio que cristaliza. Para evitar esto, la concentración de amoníaco en las soluciones suele ser tan baja como un 2-8 %.

La patente europea n.º EP1781400 de Alstom Technology Ltd., con fecha de prioridad de 06.08.2004, describe el  
20 procedimiento para purificar gases de escape y la absorción de dióxido de carbono por una solución o suspensión amoniacal (en particular, suspensión de sales de amonio) a una temperatura de 0 a 20 °C, preferentemente, de 0 a 10 °C, conocido como "**proceso con amoníaco frío**" (CAP). La liberación de dióxido de carbono se produce después de comprimir dicha solución o suspensión amoniacal con una bomba de alta presión, preferentemente, a la presión de 10-28 bares y calentar a 100-150 °C. Llevar a cabo la absorción de CO<sub>2</sub> a baja temperatura usando una solución  
25 concentrada de amoníaco (28 % en peso) mejora la eficacia de este proceso y reduce la emisión de NH<sub>3</sub>. La regeneración a una temperatura de >120 °C y a una presión baja de >20 bares produce una corriente de CO<sub>2</sub> comprimido que tiene un contenido bajo de vapor y amoníaco. Una desventaja de este procedimiento es la necesidad de usar presiones altas (que aumenta el consumo de energía para la compresión de los medios), y también la tendencia al estrangulamiento de la planta por los precipitados formados.

La patente estadounidense n.º US9469547 de Alstom Technology Ltd., que tiene la fecha de prioridad del 17.01.2013, describe un procedimiento integrado para la captura de dióxido de carbono y la producción de carbonato de sodio. El dióxido de carbono se elimina de la corriente del proceso de gas mediante absorción en una solución amoniacal y, a continuación, se desorbe en un regenerador, para obtener una corriente de gas rica en dióxido de carbono y una  
35 solución amoniacal empobrecida en dióxido de carbono. Dicha corriente de gas, preferentemente de forma directa, se envía desde el regenerador al carbonatador, donde se produce la carbonatación de la salmuera amoniacal con dióxido de carbono. El líquido que contiene amoníaco, que se produce en el proceso de carbonato de sodio, se devuelve a la absorción de dióxido de carbono desde dicha corriente de gas de proceso.

40 La publicación de solicitud de patente internacional n.º WO2016/102568A1 de Solvay SA, que tiene la fecha de prioridad del 22.12.2014, describe el proceso para fabricar carbonato sódico/hidrogenocarbonato de sodio. Este documento describe la concentración de dióxido de carbono procedente del gas pobre del horno usando el módulo de concentración de oscilación de temperatura o el módulo de concentración del procedimiento de amina.

45 La patente europea n.º EP2910295 de General Electric Technology GmbH, que tiene la fecha de presentación de 25.02.2014, describe el dispositivo y el procedimiento para el procesamiento integrado de gases de salida y la producción de carbonato de sodio. La solución técnica consiste en unir el dióxido de carbono procedente del gas de salida en el carbonatador usando óxido de calcio, para formar carbonato de calcio y liberar dióxido de carbono procedente del carbonato de calcio en un horno de calcinación. Este proceso se integra con un proceso de producción  
50 de carbonato de sodio mediante el proceso de amoníaco-sosa.

Los autores de la presente invención, que intentaban modernizar la producción al integrar la planta existente para producir carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y cal de suelo con el proceso de captación de dióxido de carbono, descubrieron inesperadamente que una integración estrecha de este tipo de los procesos hace posible lograr  
55 simultáneamente muchos beneficios, en particular, comprende: uso mejorado de materias primas, reducción de la carga medio ambiental de la emisión de dióxido de carbono, reducción de las corrientes de proceso, reducción del consumo de energía para la compresión, bombeo y calentamiento o enfriamiento, posibilidad de usar corrientes de proceso a concentraciones más bajas de dióxido de carbono, posibilidad de usar caliza de calidad inferior, mayor flexibilidad de operación de la planta y posibilidad de recibir corrientes externas que contienen dióxido de carbono  
60 residual procedente del exterior de la planta.

La patente europea EP2757071 A1 describe un procedimiento para producir carbonato sódico mediante la integración

de un proceso de captura de dióxido de carbono con un proceso de amoníaco-sosa.

### **Definiciones**

5 A continuación, se presenta una lista de definiciones de términos usados en esta memoria descriptiva, que incluye algunos sinónimos. En caso de conflicto con los términos usados en la técnica, los significados indicados aquí tienen prioridad. Los términos usados habitualmente **procedimiento** y **proceso** son equivalentes.

**Absorbedor de dióxido de carbono:** planta para la absorción de dióxido de carbono procedente de gases pobres.

10

**Absorción:** parte de la planta/proceso de carbonato de sodio, donde la salmuera purificada se satura con amoníaco contenido en el gas amoniacal procedente de la destilación. **La salmuera amoniacal** se forma allí.

**Bicarbonato bruto:** un intermediario en la preparación de carbonato de sodio. El componente principal es  $\text{NaHCO}_3$  (aprox. 80 % en peso), con mezcla de sales de amonio y agua.

**Cloruro de calcio:** el componente principal es  $\text{CaCl}_2$ ; subproducto preparado a partir de efluentes del destilador claros.

**Desorbedor de dióxido de carbono:** planta para la desorción de dióxido de carbono procedente de la solución de absorbente saturada resultante del absorbedor.

**Destilación/recuperación de amoníaco:** parte de la planta/proceso de carbonato de sodio, donde se recupera el amoníaco en forma de sales de amonio contenidas en la solución madre y se devuelve a la absorción en forma de gas. En esta fase del proceso, los residuos se generan en forma de suspensión de carbonato de calcio y otras sustancias insolubles en una solución acuosa de cloruro de calcio y cloruro de sodio; estos residuos se denominan **efluentes del destilador/aguas** residuales.

**Dióxido de carbono/ $\text{CO}_2$ :** se produce en el proceso de amoníaco-sosa mediante la combustión de cal y la combustión de coque; también se pueden usar otros combustibles, tales como antracita, gas o carbón menudo.

30

**Filtración:** parte de la planta/proceso de carbonato de sodio, donde el precipitado de bicarbonato bruto se separa de la **solución madre**.

**Gas de fondo/gas mezclado:** gas que tiene una concentración de dióxido de carbono que se encuentra con mayor frecuencia en el intervalo de un 60-85 % en volumen, después de mezclar el gas de horno y el gas de calcinación (>95 % en volumen de  $\text{CO}_2$ ). Se suministra a la parte del fondo de una columna de carbonatación (el proceso de amoníaco-sosa).

**Gas de alto horno:** gas de horno, que normalmente tiene una concentración de dióxido de carbono en el intervalo de un 30-42 %; se suministra a la parte intermedia de una columna de carbonatación (el proceso de amoníaco-sosa).

**Gas carbonatación:** gas de horno, que normalmente tiene una concentración de dióxido de carbono en el intervalo de un 30-42 %; se suministra a la parte del fondo de una columna de carbonatación en la fase de lavado (el proceso de amoníaco-sosa).

45

**Gas de salida procedente del carbonato de sodio:** gas de salida procedente de la carbonatación en la producción de carbonato de sodio, que contiene un 8-16 % en volumen de  $\text{CO}_2$ .

**Gas de salida procedente del bicarbonato de sodio:** gas de salida procedente de la carbonatación en la producción de bicarbonato de sodio, que contiene un 15-30 % en volumen de  $\text{CO}_2$ .

**Gas de horno:** gas producido en hornos de cal, que normalmente contiene un 30-42 % en volumen de  $\text{CO}_2$ .

**Gas pobre de horno:** gas de horno que tiene una concentración de  $\text{CO}_2$  de un 25-35 % en volumen.

55

**Gases pobres/gases diluidos:** gases de salida procedentes de los procesos de producción carbonato de sodio, producción de bicarbonato de sodio y gas pobre de horno.

**Caliza:** la materia prima mineral fundamental para la producción de carbonato de sodio. Típicamente, se usa una fracción que tiene una granulación en el intervalo de 80-150 mm en el proceso de producción de sosa.

60

**Carbonatación (carbonato de sodio):** parte de la planta/proceso de carbonato de sodio, donde la salmuera amoniacal

se satura con gases que contienen CO<sub>2</sub>. Se forma una suspensión de bicarbonato bruto. El proceso se lleva a cabo en una columna de carbonatación.

5 **Carbonatación** (planta de bicarbonato de sodio): parte de la planta/proceso de bicarbonato de sodio, donde la solución purificada de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio se satura con dióxido de carbono. Se forma una suspensión de bicarbonato refinada. El proceso se lleva a cabo en una columna de carbonatación.

10 **Condensado amoniacal**: el condensado resultante del enfriamiento del gas de descarga procedente del proceso de destilación.

**Condensado destilado**: el condensado después de separar el amoníaco.

15 **Condensados del proceso de calcinación**: solución acuosa de sales de amonio y de carbonato de sodio formadas en el proceso de purificación y enfriamiento del gas de descarga procedente de los hornos de calcinación.

**Cristalización/secado**: parte de la planta/proceso de carbonato de sodio que consiste en cristalizar y secar el carbonato de sodio monohidratado. Se forma carbonato de sodio/sosa calcinada densa.

20 **Apagado de la cal viva**: parte del proceso de carbonato de sodio, que consiste en enfriar rápidamente la cal viva con agua, para obtener la **lechada de cal** necesaria para la recuperación de amoníaco.

**Mezclador/enfriador de condensados**: un dispositivo para hacer una solución apropiada de condensados amoniacales usados en el proceso de absorción de dióxido de carbono.

25 **Vapor del expansor de los efluentes del destilador**: gas de descarga formado por la expansión del líquido que sale de la parte del fondo del aparato de destilación, a una presión de 1,5-1,6 bares.

30 **Hornos de cal**: parte de la planta/proceso de carbonato de sodio, donde se produce cal viva y gas que contiene CO<sub>2</sub>. Los hornos verticales se usan con mayor frecuencia en la industria de la sosa; los hornos horizontales se usan con menos frecuencia. Las materias primas son caliza y un combustible tal como coque, antracita, gas, carbón menudo.

**Depurador de separación de gases**: el depurador para la absorción de amoníaco para obtener dióxido de carbono.

35 **Depurador final**: depurador para la purificación final de dióxido de carbono procedente del amoníaco.

**Salmuera amoniacal**: producto de la saturación de salmuera purificada con el gas amoniacal procedente de la destilación. En función de la etapa de absorción, difiere en la concentración de amoníaco.

40 **Carbonato de sodio/sosa calcinada**: el componente principal es Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; el producto producido mediante un proceso de amoníaco-sosa. Las materias primas fundamentales son: **salmuera purificada** y **caliza**.

**Sosa ligera, sosa densa**: grados de carbonato de sodio que difieren en granulación y densidad aparente.

45 **Bicarbonato de sodio/bicarbonato refinado/hidrogenocarbonato de sodio refinado**: el componente principal es NaHCO<sub>3</sub>; las materias primas para la producción son carbonato de sodio y un gas que contiene CO<sub>2</sub>.

**Salmuera purificada**: la solución de halita purificada procedente de sales de calcio y magnesio.

50 **Halita**: el componente principal es NaCl; la materia prima mineral fundamental para la producción de carbonato de sodio.

**Residuos de salmuera**: efluentes del destilador/aguas residuales.

55 **Cal viva**: producto de la descomposición térmica de caliza, usada para la preparación de lechada de cal.

**Fertilizante de cal**: sólidos contenidos en los efluentes del destilador convertidos en fertilizante de calcio (cal de suelo) para su uso en la agricultura.

60 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 presenta un esquema de bloques de un proceso integrado para la captación de CO<sub>2</sub> y la producción de sosa. En aras de la legibilidad, no todos los flujos de proceso se muestran en el esquema, aunque están definidos en

el contenido de la descripción de la invención.

#### Descripción de la invención

5 Esta invención ofrece mejoras en el proceso de producción de carbonato de sodio y/o en el proceso de producción de bicarbonato de sodio, que consiste en:

- 10 - integrar el proceso de captación de dióxido de carbono con el proceso de producción de carbonato de sodio usando corrientes de gases de proceso diluidos que contienen dióxido de carbono, corrientes de condensados amoniacales y destilados, solución madre, salmuera amoniacal diluida procedente de filtrar los destiladores/calcinación/absorción y salmuera purificada;
- 15 - usar una parte o toda la corriente de condensados amoniacales procedentes del proceso de destilación para la absorción de dióxido de carbono de los gases de salida procedentes del proceso de producción de carbonato de sodio y/o del proceso de producción de bicarbonato de sodio y/o gas pobre obtenido de hornos de cal verticales alimentados por un combustible sólido o un combustible gaseoso;
- 20 - usar la solución madre y la salmuera amoniacal diluida para separar la mezcla de dióxido de carbono y amoníaco de la regeneración de la solución de absorbente;
- 25 - recuperar el dióxido de carbono emitido dentro del gas de salida procedente del proceso de carbonatación de carbonato de sodio y/o recuperar el dióxido de carbono emitido dentro del gas de salida procedente del proceso de carbonatación de bicarbonato de sodio, seguido de su uso en el proceso de producción de carbonato de sodio y/o en el proceso de producción de bicarbonato de sodio;
- 30 - aumentar la concentración de dióxido de carbono en el gas pobre producido en el proceso de combustión de cal en hornos verticales;
- 35 - usar el dióxido de carbono recuperado para mejorar las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales emitidas por el proceso de destilación en la planta de carbonato de sodio y para mejorar las propiedades de la cal de suelo; y
- 40 - usar, como absorbente de dióxido de carbono, una mezcla de condensado amoniacal y condensado destilado resultante de la destilación y condensación de gases procedentes de la planta de carbonato de sodio y/o condensado después de la desorción parcial de dióxido de carbono procedente de carbono de la columna de desorción.

Para que sea posible recuperar dióxido de carbono de los gases pobres emitidos por los procesos de producción de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, y también para usar caliza fina más barata en el proceso de combustión de la cal, es necesario introducir cambios en el proceso de producción de sosa usando una planta nueva diseñada para la captación y concentración de dióxido de carbono, integrada tecnológicamente con el proceso de producción de carbonato de sodio a través de las corrientes de efluentes: condensados amoniacales, condensados destilados, solución madre después de la filtración de hidrogenocarbonato de sodio bruto, salmuera purificada y salmuera amoniacal diluida. Una planta de este tipo se convertirá en una parte integral de la planta de producción de carbonato de sodio, y el proceso de recuperación y concentración de dióxido de carbono, llevado a cabo en la misma, se convertirá en una parte del proceso de producción usado en la actualidad.

40 Las corrientes residuales del gas de proceso analizadas anteriormente serán una fuente de dióxido de carbono de valor total, que se recuperará y reciclará al proceso de producción. Del mismo modo, se pueden producir cantidades adicionales de bicarbonato de sodio sin la necesidad de una demanda adicional de cal más allá de los requisitos del proceso del bicarbonato de sodio. El aumento en la concentración de dióxido de carbono en los gases de proceso 45 usados en los procesos de carbonatación será ventajoso para reducir el consumo de energía necesario para la compresión del mismo. También se crearán nuevas posibilidades para ahorrar caliza y combustible usados en hornos de cal.

50 El dióxido de carbono recuperado de los gases de salida de la planta de carbonatación de carbonato de sodio y/o de la planta de bicarbonato de sodio volverá al proceso de producción de carbonato de sodio y/o al proceso de producción de bicarbonato de sodio y/o se usará para la carbonatación de una parte o toda una corriente de aguas residuales procedentes del proceso de producción de carbonato de sodio.

55 La planta de recuperación y concentración de dióxido de carbono cooperará integralmente con la planta de carbonato de sodio al conectarse con la planta de destilación y la planta de absorción para obtener absorbente de CO<sub>2</sub> y/o para compensar la pérdida de amoníaco, para separar la mezcla gaseosa de amoníaco y dióxido de carbono y, finalmente, purificar la corriente de gas emitida a la atmósfera procedente del amoníaco, y también al proporcionar las cantidades adicionales de dióxido de carbono recuperado a los procesos de carbonatación de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio.

60 El condensado amoniacal (5) de la planta de destilación de carbonato de sodio (35) a una temperatura de 60-70 °C, a una concentración de amoníaco de 120-180 mval/20, es decir, 6,0-9,0 M, y a una concentración de óxido de carbono



de 70-120 mval/20, es decir, 1,8-3,0 M, en su totalidad o en parte de la corriente preparada, se suministra al mezclador **(1)**, al que también se añade el condensado destilado **(6)** procedente de la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)** en un cantidad suficiente para obtener el condensado mixto **(7)** a una concentración de amoníaco en el intervalo de 3,0-5,0 M, preferentemente, 3,8-4,5 M, aún más preferentemente, 4,0 M.

5

Este condensado mixto **(7)** preparado en el mezclador **(1)** se enfría a la temperatura en el intervalo de 20-50 °C, más preferentemente, a la temperatura de 30-40 °C, y, a continuación, se suministra al proceso de absorción de dióxido de carbono **(2)** procedente del gas pobre **(9a, 9b, 46)**, que consiste en la absorción física y química de dióxido de carbono en solución de sales de amonio. El proceso de absorción se lleva a cabo a una presión de 1-5 bares (absoluta). Como resultado de los procesos que tienen lugar, la corriente de condensados amoniacaes **(7)** se somete a carbonatación. La concentración de óxido de carbono en la fase líquida **(8)** aumenta con la disminución simultánea de la concentración de óxido de carbono y el aumento del contenido de amoníaco en la fase gaseosa **(18, 19)** resultante de la absorción **(2)**.

10

15 Una o dos o tres corrientes de gas pobre, es decir, gas de salida procedente de la producción de carbonato de sodio **(9a)**, gas de salida procedente de la producción de bicarbonato de sodio **(9b)**, y/o gas procedente de hornos de cal **(46)** se suministra(n) a la planta de absorción de dióxido de carbono **(2)**.

La corriente de gas de salida **(18, 19)** procedente de la absorción de dióxido de carbono **(2)** se suministra al depurador para la separación de dióxido de carbono y amoníaco **(4)** y/o al depurador de gas procedente de las columnas de carbonatación de la planta de carbonato de sodio **(25)**, donde se purifica a partir de los residuos de amoníaco usando salmuera purificada **(15)**. El amoníaco absorbido en salmuera en forma de salmuera amoniacaal pobre **(27)** se devuelve al proceso de absorción de carbonato de sodio **(24)**.

20

25 Toda la corriente de solución de sales de amonio **(8)** procedente de la absorción de dióxido de carbono **(2)**, o una parte de la misma **(47)**, se suministra a la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)**, para llevar a cabo el proceso de desorción de dióxido de carbono. La corriente recuperada de dióxido de carbono en una mezcla con amoníaco y vapor **(26)** se envía a continuación a la planta de absorción de carbonato de sodio **(24)**.

25

30 La división de la corriente de la solución de sales de amonio procedente de la absorción de dióxido de carbono **(2)** en la corriente **(8)** suministrada al desorbedor de dióxido de carbono **(3)** y la corriente **(47)** suministrada a la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)** se lleva a cabo en el intervalo de un 0-100 % del caudal y depende de la cantidad de captación de dióxido de carbono procedente del gas pobre. Para cargas extremadamente bajas de la planta y cantidades menores de captación de dióxido de carbono, la corriente **(47)** suministra la cantidad total de la solución **(8)** procedente del absorbedor **(2)** a la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)**. Para cargas altas de la planta de captación de dióxido de carbono, la corriente de solución de sales de amonio **(47)** se reduce incluso a cero, y la cantidad total de la solución **(8)** procedente del absorbedor **(2)** se suministra al desorbedor **(3)**.

30

35

La corriente de solución de sales de amonio **(8)** procedente del absorbedor de dióxido de carbono **(2)** se suministra al desorbedor de dióxido de carbono **(3)**, para llevar a cabo la desorción de dióxido de carbono.

40

La solución **(11)** procedente del desorbedor de dióxido de carbono **(3)**, donde el dióxido de carbono y el amoníaco se separaron parcialmente, se devuelve en su totalidad o en parte al absorbedor **(2)**. Para proporcionar flexibilidad de cooperación entre la planta de captación de dióxido de carbono y la planta de sosa, se usa el purgado **(10)** de parte de esta solución a la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)**.

45

La corriente gaseosa **(12)** procedente del desorbedor **(3)**, que comprende una mezcla de dióxido de carbono, amoníaco y vapor, se suministra al depurador de separación de gases **(4)**, donde el amoníaco se absorbe con la solución madre **(13)** y/o salmuera amoniacaal diluida **(14)**. La solución madre **(13)** proviene de la filtración de carbonato de sodio **(22)**. La salmuera amoniacaal diluida **(14)** proviene de los depuradores de gases de filtración y/o calcinación y/o absorción procedentes del proceso de absorción de carbonato de sodio **(24)**. La solución madre **(16)** procedente del depurador **(4)** se calienta y se enriquece con amoníaco y se suministra a la planta de destilación de carbonato de sodio **(35)**. La salmuera amoniacaal diluida **(17)**, que ha adsorbido el amoníaco contenido en la mezcla de gases, se dirige a la planta de absorción de carbonato de sodio **(24)**. El proceso de enfriamiento de gases se produce también en el depurador **(4)**.

50

55

El gas procedente del depurador **(4)**, después de la eliminación final de amoníaco usando salmuera purificada **(15)**, se vuelve a usar en el proceso de producción. La corriente de gas **(20)** que contiene >80 % en volumen de dióxido de carbono se suministra al proceso de producción de carbonato de sodio **(23)** y/o al proceso de producción de bicarbonato de sodio **(37)** y/o al proceso de producción de cal de suelo **(36)**. La salmuera amoniacaal diluida obtenida **(17)** se transfiere a la planta de proceso de absorción de carbonato de sodio **(24)**.

60

- En resumen, el proceso integrado para la captación de dióxido de carbono y para la producción de sosa se lleva a cabo a presiones moderadas y a temperaturas moderadas. Los elementos novedosos de dicha solución técnica comprenden el uso de condensados destilados y solución madre, así como salmuera amoniaca diluida procedente de los depuradores de gases de absorción y/o procedente de la filtración y/o procedente de la calcinación. Debido a que se mantiene la concentración de amoníaco a un nivel de 4 M en el concentrado mixto y se lleva a cabo la captación de dióxido de carbono a una temperatura de 30-40 °C, se evitan los problemas relacionados con la precipitación no deseada de sólidos. Además, la posibilidad de dividir la corriente de la solución de sales de amonio procedente de la absorción (2) en las corrientes (8) y (47) permite optimizar la operación en función de la carga de la planta.
- 10 Las ventajas de una solución técnica de este tipo comprenden, *entre otros*, el uso mejorado de materias primas, la reducción de la carga medio ambiental de la emisión de dióxido de carbono, la reducción de las corrientes del proceso y, por tanto, el consumo de energía para la compresión, el bombeo y el calentamiento o enfriamiento, la posibilidad de usar corrientes de proceso a concentraciones de dióxido de carbono más bajas, la posibilidad de usar caliza de calidad inferior, mayor flexibilidad de operación de la planta y la posibilidad de recibir corrientes externas que contienen dióxido de carbono residual procedentes del exterior de la planta, por ejemplo, de las plantas de cemento, plantas combinadas de calor y energía, metalurgia o plantas de incineración de residuos.

Además de las ventajas obvias para el medio ambiente natural, tales mejoras de los procesos tienen un aspecto económico significativo.

20 Parte experimental

La invención será más comprensible para un experto en la técnica después de conocer los ejemplos de realizaciones. Estos ejemplos solo tienen fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la invención de ningún modo.

25 Ejemplo 1

En tres pruebas consecutivas, se cargó un dispositivo termostatzado para medir el equilibrio gas-líquido, equipado con el medidor de presión, con las soluciones de absorbente de dióxido de carbono: ya sea el condensado amoniaca procedente del proceso de producción de sosa que contenía un 12 % en peso de amoníaco, un 4 % en peso de dióxido de carbono y agua; o una solución de amoníaco a una concentración de un 8 % en peso; o una solución de monoetanolamina al 30 % en agua. Estas soluciones se pusieron en contacto con dióxido de carbono gaseoso a una temperatura constante y una presión de dióxido de carbono variable; cada vez, después de alcanzar el equilibrio, se determinó el contenido de CO<sub>2</sub> absorbido en la solución de absorbente. En base a esto, se determinó la dependencia de la capacidad de absorción de la presión parcial de óxido de carbono y se calculó el grado de saturación como la relación molar entre CO<sub>2</sub> y los grupos amino en las soluciones. Los resultados ejemplares de las mediciones de capacidad de absorción de la presión parcial de CO<sub>2</sub> de 30 kPa y las temperaturas de absorción de 293 y 313K se resumen en la tabla 1.

40 Tabla 1. Los resultados del estudio de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> a una presión de 30 kPa

Solución	Capacidad de absorción [mol CO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	
	293K	313K
MEA al 30 %	3,15	2,97
Solución de amoníaco	4,33	3,26
Condensado amoniaca	5,94	5,04

Ejemplo 2

45 Se lleva a cabo la absorción de dióxido de carbono procedente de la corriente (1000 Nm<sup>3</sup>/h) de gas pobre de horno (30 % en volumen) usando una solución acuosa de un 5 % en peso de solución de amoníaco. En principio, el sistema se compone de tres partes: la columna de absorción, donde el dióxido de carbono se elimina de los gases de escape, la columna de desorción, donde se produce la desorción de CO<sub>2</sub> y se recupera la solución de absorbente, y un intercambiador de calor, donde se produce un intercambio de calor entre las corrientes que circulan en el sistema. La solución de amoníaco, al absorber dióxido de carbono, forma compuestos químicos lábiles. El proceso de absorción de CO<sub>2</sub> se produce en la columna de absorción que tiene una altura de 14 m y un diámetro de 1,1 m, en la que se introduce el gas pobre de horno desde el fondo y se introduce la solución de amoníaco acuosa desde la parte superior. El proceso se lleva a cabo a una presión de 105 kPa (absoluta) y a una temperatura de 30-50 °C. El gas que abandona la columna de absorción contiene CO<sub>2</sub> a un nivel de aprox. un 4,9 % en peso. La solución de amoníaco saturada con dióxido de carbono abandona la columna de absorción y se calienta en un intercambiador de calor, y, a continuación, se introduce en la columna de desorción. El proceso de desorción de CO<sub>2</sub> de la solución se lleva a cabo en la columna

de desorción que tiene una altura de 12 m y un diámetro de 0,98 m, donde la solución introducida en la parte superior de la columna se desorbe mediante calentamiento con corrientes de vapor y el CO<sub>2</sub> se forma en el evaporador de la columna de desorción. El proceso de desorción se lleva a cabo a una presión de 107 kPa (absoluta) y a una temperatura de 87 °C. El gas que abandona de la columna de absorción contiene CO<sub>2</sub> a un nivel de aprox. un 99 % en volumen sobre una base seca de gas. La solución de amoníaco regenerada y calentada abandona la columna de desorción y pierde calor en el intercambiador de calor. La solución regenerada, ahora enfriada a 44 °C, se enfría además en un enfriador a 30 °C y, a continuación, se suministra a la columna de absorción. La velocidad de flujo de la corriente de solución suministrada a la columna de absorción es 12.000 kg/h. El contenido de dióxido de carbono en la solución saturada es 0,696 mol de CO<sub>2</sub>/mol de NH<sub>3</sub>, y el contenido de dióxido de carbono en la solución regenerada es 0,234 mol de CO<sub>2</sub>/mol de NH<sub>3</sub>. La eficacia del aislamiento de CO<sub>2</sub> es de un 87,9 % y el consumo de energía del sistema es de 2,8 MJ/kg de CO<sub>2</sub>.

Ejemplo 3

15 Un proceso análogo, usando la misma configuración de equipo, se lleva a cabo con solución acuosa de amoníaco al 5 % y 1000 Nm<sup>3</sup>/h del gas de salida procedente de la planta de carbonatación de sosa bruta que tiene el contenido de CO<sub>2</sub> de un 11,5 % en volumen. El proceso de absorción de CO<sub>2</sub> se lleva a cabo en la columna de absorción que tiene una altura de 8 m y un diámetro de 1 m, a una temperatura de 30-40 °C y a una presión de 104 kPa (absoluta). El proceso de desorción se lleva a cabo en la columna de desorción que tiene una altura de 6 m y un diámetro de 0,6 m, a una temperatura de 82 °C y a una presión de 105 kPa (absoluta). La velocidad de flujo de la corriente de solución que circula en el sistema es 7375 kg/h. El contenido de dióxido de carbono en la solución saturada es 0,306 mol de CO<sub>2</sub>/mol de NH<sub>3</sub>, y el contenido de dióxido de carbono en la solución regenerada es 0,193 mol de CO<sub>2</sub>/mol de NH<sub>3</sub>. La eficacia del aislamiento de CO<sub>2</sub> es de un 89,7 % y el consumo de energía del sistema es de 2,94 MJ/kg de CO<sub>2</sub>.

25 Ejemplo 4

Se suministran 6,5 m<sup>3</sup>/h de condensados amoniacales a una temperatura de 60 °C con una concentración de amoníaco de 6 M y 2,2 m<sup>3</sup>/h de los condensados destilados al mezclador de condensados. La mezcla da como resultado una corriente de condensado que tiene una concentración de amoníaco de 4,5 M, que se suministra al absorbedor de dióxido de carbono. Parte de la solución resultante de la desorción de dióxido de carbono, a una temperatura de 75 °C, se devuelve al absorbedor de dióxido de carbono. Antes de entrar al absorbedor, esta corriente se enfría a una temperatura de 30 °C. Parte de la corriente de solución procedente del desorbedor (en una cantidad de 8 m<sup>3</sup>/h) se dirige a la planta de carbonato de sodio. Un gas pobre procedente del proceso de producción de bicarbonato de sodio, en una cantidad de 5000 m<sup>3</sup>/h y que contiene un 25 % en volumen de CO<sub>2</sub>, se introduce en el fondo del absorbedor de dióxido de carbono, a una temperatura de 30 °C y una presión de 3 bares (absoluta). El proceso de absorción de dióxido de carbono se lleva a cabo en el absorbedor que tiene un diámetro de 1,8 m y una altura de 15 m. La solución de sales de amonio procedente del absorbedor se suministra al desorbedor de dióxido de carbono, a una temperatura de 40 °C en una cantidad de 31 m<sup>3</sup>/h. La corriente gaseosa procedente del absorbedor, que está empobrecida en dióxido de carbono y enriquecida con amoníaco, a una temperatura de 38 °C y a una presión de 1,5 bares (absoluta), se dirige al depurador de gases después de la carbonatación en la planta de carbonato de sodio. Se suministra vapor a presión baja a una temperatura de 200 °C y a una presión de 2 bares (absoluta), en una cantidad de 1,9 t/h, como fuente de calor al desorbedor de dióxido de carbono que tiene una altura de 15 m y un diámetro de 1,5 m. La corriente de mezcla gaseosa compuesta de dióxido de carbono, amoníaco y vapor, a la presión de 1,5 bares (absoluta), que se forma en el desorbedor, se suministra al depurador de separación de gases. La solución madre que contiene 1,3 M de amoníaco no reaccionado y 1 M de dióxido de carbono, a una temperatura de 28 °C, se añade a este depurador para absorber el amoníaco. La solución madre también se calienta y se devuelve a la planta de destilación de carbonato de sodio. Para eliminar el amoníaco residual contenido en la mezcla gaseosa resultante de la desorción, se añade salmuera purificada, en una cantidad de 10 m<sup>3</sup>/h a una temperatura de 15 °C, al depurador de separación de gases. Se suministra salmuera enriquecida con amoníaco resultante del depurador de separación de gases a la planta de carbonato de sodio. Se suministra la corriente de dióxido de carbono (1200 Nm<sup>3</sup>/h), que contiene >95 % en volumen de CO<sub>2</sub>, al proceso de producción de carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y cal de suelo.

La leyenda

55

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>
1	Mezclador de condensados
2	Absorbedor de dióxido de carbono

## ES 2 799 178 T3

<b>3</b>	Desorbedor de dióxido de carbono
<b>4</b>	Depurador de separación de gases
<b>5</b>	Condensado amoniacal
<b>6</b>	Condensado destilado
<b>7</b>	Condensado mixto
<b>8</b>	Solución de sales de amonio resultante de la absorción de CO <sub>2</sub>
<b>9a</b>	Gas pobre procedente de los procesos de producción de carbonato de sodio
<b>9b</b>	Gas pobre procedente de los procesos de producción de bicarbonato de sodio
<b>10</b>	La solución resultante de la desorción de CO <sub>2</sub> : purgado a la producción de carbonato sódico
<b>11</b>	La solución resultante de la desorción de CO <sub>2</sub> : purgado al absorbedor de dióxido de carbono
<b>12</b>	Mezcla de gases de CO <sub>2</sub> y NH <sub>3</sub> resultante de la desorción
<b>13</b>	Solución madre
<b>14</b>	Salmuera amoniacal diluida
<b>15</b>	Salmuera purificada
<b>16</b>	Solución madre calentada
<b>17</b>	Salmuera amoniacal diluida
<b>18</b>	Gas de salida procedente de la absorción de dióxido de carbono: purgado a la producción de carbonato de sodio
<b>19</b>	Gas de salida procedente de la absorción de dióxido de carbono: purgado al depurador de separación de gases
<b>20</b>	Gas concentrado procedente de la planta de captación
<b>21</b>	Calcinación
<b>22</b>	Filtración
<b>23</b>	Carbonatación
<b>24</b>	Absorción de amoníaco
<b>25</b>	Depurador de gases después de la carbonatación
<b>26</b>	Gas de amoníaco
<b>27</b>	Salmuera amoniacal para absorción
<b>28</b>	Salmuera amoniacal para carbonatación

<b>29</b>	Suspensión de bicarbonato bruto
<b>30</b>	Bicarbonato bruto
<b>31</b>	Carbonato de sodio
<b>32</b>	Gas posterior a la reacción procedente de la carbonatación
<b>33</b>	Combustión de la cal
<b>34</b>	Apagado de la cal viva
<b>35</b>	Destilación
<b>36</b>	Planta de cal de suelo
<b>37</b>	Planta de bicarbonato de sodio
<b>38</b>	Coque
<b>39</b>	Caliza
<b>40</b>	Cal viva
<b>41</b>	Agua
<b>42</b>	Lechada de cal
<b>43</b>	Efluentes del destilador
<b>44</b>	Cal de suelo
<b>45</b>	Bicarbonato de sodio
<b>46</b>	Gas pobre de horno
<b>47</b>	Solución de sales de amonio: purgado a la destilación de carbonato
<b>48</b>	Medio energético

## REIVINDICACIONES

1. Proceso para la producción de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio integrado con el proceso para la captación y concentración de dióxido de carbono,
- 5 donde el proceso para la captación y concentración de dióxido de carbono comprende:
- mezclar el condensado amoniacal (5) y el condensado destilado (6) procedente de la planta de carbonato de sodio (35), para formar el condensado mixto (7) a una concentración de amoníaco en el intervalo de 3,0-5,0 M,
  - 10 - enfriar el condensado mixto (7) a una temperatura de 20-50 °C,
  - poner en contacto el condensado mixto (7) con el gas pobre que contiene dióxido de carbono de la planta de carbonato de sodio (9a), y/o el gas pobre procedente de la planta de bicarbonato de sodio (9b), y/o el gas pobre de horno (46) procedente de los hornos de cal,
  - 15 - absorción física y química de dióxido de carbono procedente de gases pobres (9a, 9b, 46) en el condensado mixto (7), para formar una solución enriquecida con óxido de carbono de sales de amonio, que se divide en el intervalo de un 0-100 % del caudal en la corriente (8) suministrada al desorbedor (3) y la corriente (47) suministrada a la planta de destilación de carbonato de sodio (35), así como la corriente de gas de salida (18, 19) empobrecida en dióxido de carbono,
  - 20 - desorber el dióxido de carbono y el amoníaco procedentes de la solución enriquecida con dióxido de carbono de sales de amonio (8) mediante calentamiento en el desorbedor (3), para formar una mezcla gaseosa de dióxido de carbono, amoníaco y vapor (12), así como una solución resultante de la desorción (10, 11),
  - devolver una parte o la totalidad de la solución resultante de la desorción (10, 11) como una corriente (11) que vuelve al absorbedor (2), y suministrar la parte restante de esta solución como purgado (10) a la planta de destilación de carbonato de sodio (35),
  - 25 - dirigir la mezcla gaseosa de dióxido de carbono, amoníaco y vapor (12) al depurador de separación de gases (4),
  - poner en contacto la mezcla (12) en el depurador de separación de gases (4) con la corriente de solución madre (13) procedente de la filtración de carbonato de sodio (22) y/o la corriente de salmuera amoniacal diluida (14), y con la corriente de salmuera purificada (15), con enfriamiento simultáneo del gas,
  - 30 - recoger la corriente de gas concentrado (20) que contiene >80 % en volumen de dióxido de carbono procedente del depurador (4),
  - recoger la salmuera amoniacal diluida (17) procedente del depurador (4),
- mientras que el proceso para la preparación de carbonato e hidrogenocarbonato de sodio comprende:
- 35 - suministrar el gas concentrado (20) a la columna de carbonatación de la planta de carbonato de sodio (23), a la planta de bicarbonato de sodio (37) y a la planta de cal de suelo (36),
  - absorción de dióxido de carbono procedente del gas concentrado (20) en la columna de carbonatación de la planta de carbonato de sodio (23) en contacto con la salmuera amoniacal (28) para producir gas posterior a la reacción procedente de la carbonatación (32) y suspensión de bicarbonato bruto (29),
  - 40 - suministrar la salmuera amoniacal diluida (17) al absorbedor de amoníaco (24) de la planta de carbonato de sodio,
  - suministrar la corriente de gas de salida empobrecida en dióxido de carbono (18) procedente del absorbedor (2) al depurador del gas resultante de la carbonatación (25),
  - suministrar la corriente de solución resultante de la desorción (10) a la planta de destilación de carbonato de sodio (35),
  - 45 - suministrar la corriente de solución enriquecida con óxido de carbono de sales de amonio (47) a la planta de destilación de carbonato de sodio (35).
  - suministrar la corriente de solución madre calentada y enriquecida con amoníaco (16) a la planta de destilación de carbonato de sodio (35).
- 50
2. Proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el vapor condensado mixto (7) se mantiene a la concentración de amoníaco de 4 M.
3. Proceso según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la corriente de condensado mixto (7) se
- 55 enfría a una temperatura de 30-40 °C.
4. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el contacto del condensado mixto (7) con los gases pobres (9a, 9b, 46) se lleva a cabo a una presión de 1 a 5 bares (absoluta).
- 60 5. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la división de la corriente de la solución de sales de amonio procedente de la absorción de dióxido de carbono en las corrientes (8) y (47) se ajusta a la carga de la planta de captación de dióxido de carbono y las condiciones de operación de la planta de

carbonato de sodio.

6. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la división de la corriente de la solución procedente del desorbedor de dióxido de carbono (**3**) en las corrientes (**11**) y (**10**) se ajusta a la carga de la planta de captación de dióxido de carbono y las condiciones de operación de la planta de carbonato de sodio.

7. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el dióxido de carbono recuperado en la planta de captación, contenido en la corriente de gas concentrado (**20**), se consume en el proceso de producción de carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio y/o cal de suelo.

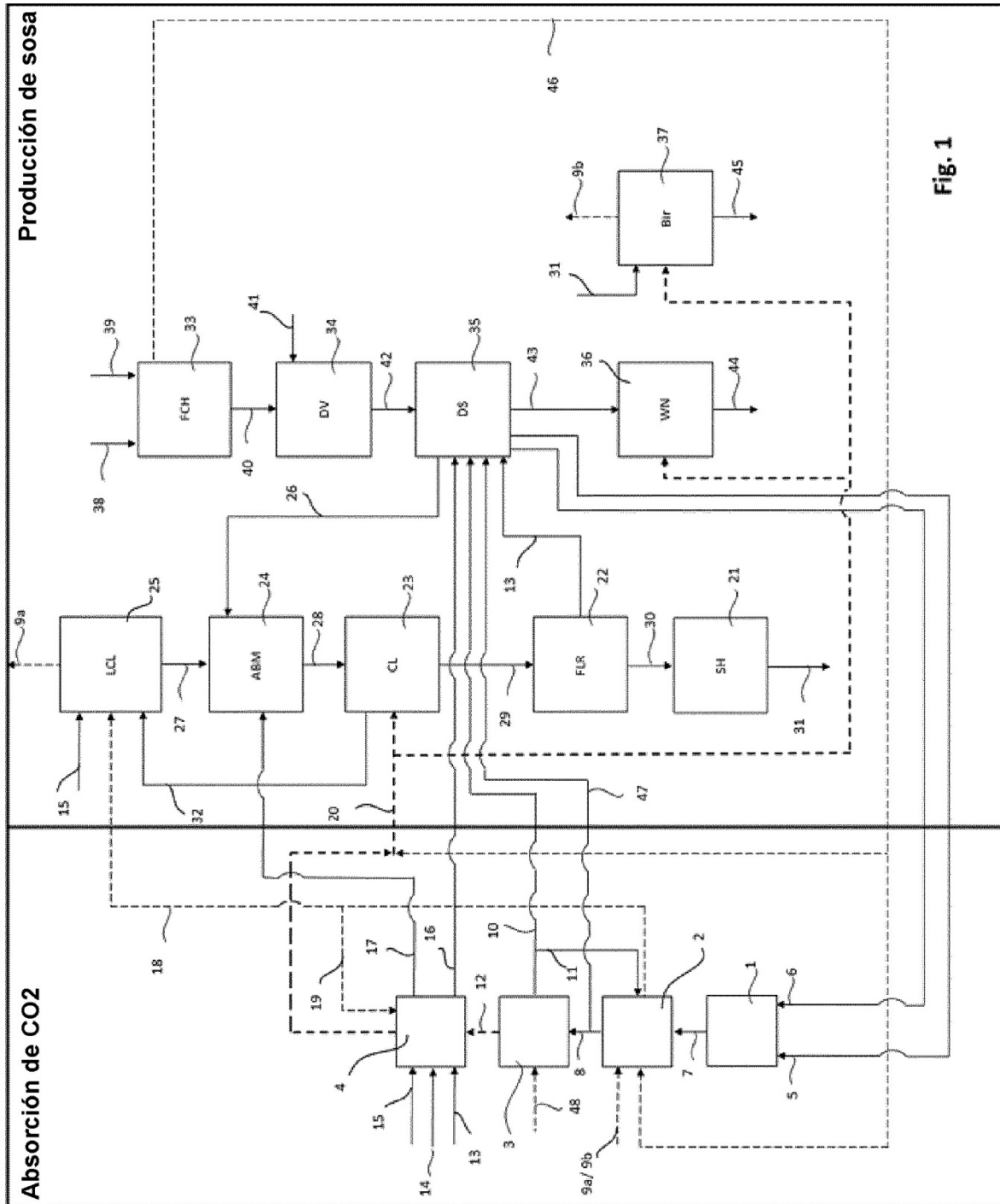


Fig. 1