

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 298**

51 Int. Cl.:

C01D 7/10 (2006.01)

C01D 7/12 (2006.01)

C01D 7/32 (2006.01)

B01D 61/44 (2006.01)

C01D 1/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2009 PCT/EP2009/050075**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2009 WO09087145**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2009 E 09701448 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2240408**

54 Título: **Procedimiento para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un mineral metalífero que comprende bicarbonato de sodio**

30 Prioridad:

08.01.2008 EP 08150104

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

19.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DETOURNAY, JEAN-PAUL y
COUNTRY, FRANCIS M.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 625 298 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

Procedimiento para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un mineral metalífero que comprende bicarbonato de sodio.

- 5 Esta invención se refiere a un procedimiento para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un mineral metalífero que comprende bicarbonato de sodio, en particular de trona, nahcolita o de otras menas subterráneas minerales, ricas en contenidos de bicarbonato de sodio, tales como Wegscheiderita o Decemita.

La nahcolita es una mena que consiste principalmente en bicarbonato de sodio. Hay, por ejemplo, grandes cantidades de nahcolita en la Cuenca Piceance Creek en el noroeste de Colorado, cuyos depósitos están en forma de capas y cristales diseminados en la Zona Salina de la formación Río Verde.

- 10 La mena de trona es un mineral que contiene aproximadamente 90-95% de sesquicarbonato de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se encuentra un gran depósito de mineral trona en el suroeste de Wyoming cerca de Río Verde. Este depósito incluye capas de trona y trona y halita mezcladas (sal de roca o NaCl). Por estimaciones conservadoras, las principales capas de trona contienen aproximadamente 75.000 millones de toneladas métricas de mena. Las diferentes capas se solapan entre sí y se separan por capas de pizarra. La calidad de la trona varía
15 dependiendo de su localización particular en el estrato.

Un análisis típico de la mena de trona extraída en Río Verde es como sigue:

Tabla 1

Constituyente	Porcentaje en peso
Na_2CO_3	43,6
NaHCO_3	34,5
H_2O (cristalina y sin humedad)	15,4
NaCl	0,01
Na_2SO_4	0,01
Fe_2O_3	0,14
Insolubles	6,3

- 20 El sesquicarbonato de sodio encontrado en mena de trona es una sal compleja que es soluble en agua y se disuelve para proporcionar aproximadamente 5 partes en peso de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y 4 partes de bicarbonato de sodio (NaHCO_3), como se muestra en el análisis anterior. Se trata la mena de trona para eliminar el material insoluble, la materia orgánica y otras impurezas para recuperar el álcali valioso contenido en la trona.

- 25 El álcali más valioso producido a partir de trona es carbonato de sodio. El carbonato de sodio es uno de los productos alcalinos de mayor volumen producido en los Estados Unidos. En 1.992, el carbonato de sodio a base de trona de Wyoming constituyó aproximadamente el 90% de la producción total de ceniza de sosa de Estados Unidos. El carbonato de sodio encuentra un uso principal en la industria de la fabricación de vidrio y para la producción de bicarbonato, detergentes y productos de papel.

- 30 Un método común para producir carbonato de sodio a partir de mena de trona se conoce como el "procedimiento de monohidrato". En ese procedimiento, se calienta mena de trona triturada (es decir, calentada) en carbonato de sodio bruto, que se disuelve después en agua. Se purifica la disolución acuosa resultante y se alimenta a un cristallizador donde se cristalizan cristales de carbonato de sodio, monohidratado, puros. Se separan los cristales monohidratados de las aguas madres y después se secan en carbonato de sodio anhidro. Este procedimiento requiere, sin embargo, mucha energía, debido principalmente a la etapa de calcinación, que requiere el uso de grandes cantidades de carbón, carburante, gas o mezclas de los mismos.

- 35 Por otra parte, el bicarbonato de sodio es un producto con un amplio intervalo de propiedades de interés y un intervalo muy amplio de aplicaciones desde ingredientes de alta tecnología para la industria farmacéutica a la alimentación humana y pienso para animales y al uso en el tratamiento de gas de combustión. En el tratamiento de

gas de combustión el bicarbonato de sodio está lo más probablemente entre los productos químicos más eficaces para la eliminación de una amplia variedad de contaminantes (lo más destacable el ácido) y su uso está limitado sólo por la competición de productos químicos menos eficaces, pero más baratos tales como cal o incluso caliza.

5 La producción de bicarbonato de sodio se realiza en la actualidad casi completamente por la carbonatación de carbonato de sodio. En Europa, la carbonatación se realiza normalmente in situ en las plantas de ceniza de sosa de CO₂ coproducido durante la producción de ceniza de sosa (principalmente la generación de CO₂ en los hornos de cal). En Estados Unidos, la carbonatación se realiza normalmente en plantas separadas que adquieren de manera independiente la ceniza de sosa y el CO₂ y los combina. Debido a la naturaleza de este procedimiento más importante, el coste de producción del bicarbonato de sodio está incluso por encima del coste del carbonato de sodio.

10 Se han hecho intentos para reducir el consumo de energía para la producción de carbonato y bicarbonato de sodio, por el uso de métodos de electrodiálisis. La patente de EE.UU. 4636289 describe un método para recuperar carbonato de sodio de trona y otras mezclas de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio. En la patente de EE.UU. 4636289, se produce hidróxido de sodio en celdas de electrodiálisis y se usa para extraer de disolución la mena mineral. Sin embargo, este procedimiento requiere la introducción de sulfatos de sodio en los compartimentos de ácido de los electrodiálizadores, lo que parece ser difícil de poner en práctica con un coste eficaz y de una manera eficiente.

La invención tiene por objeto producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de minerales metalíferos, de una manera económica, simple, evitando el gran consumo de energía de los procedimientos conocidos.

20 Por consiguiente, la invención se refiere a un procedimiento para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un mineral metalífero que comprende bicarbonato de sodio según lo cual:

- se introduce una disolución de producción que comprende carbonato de sodio en compartimentos menos básicos de un electrodiálizador que comprende compartimentos adyacentes menos básicos y más básicos, alternos, separados entre sí por membranas catiónicas, estando delimitados los compartimentos más básicos por las caras aniónicas de membranas bipolares en un lado y por membranas catiónicas en el otro lado;
- se produce una disolución que comprende hidróxido de sodio en los compartimentos más básicos, por combinación del flujo de iones sodio que atraviesan la membrana catiónica y el flujo de iones hidroxilo que atraviesa la cara aniónica de las membranas bipolares;
- se extrae la disolución que comprende hidróxido de sodio de los compartimentos más básicos del electrodiálizador y se usa para constituir una disolución de reacción;
- se pone en contacto la disolución de reacción con la mena mineral que comprende bicarbonato de sodio para formar una disolución que comprende carbonato de sodio;
- la disolución que comprende carbonato de sodio se divide en una parte que se usa para constituir la disolución de producción y una parte restante que constituye una disolución producida.

En el procedimiento según la invención, se extrae opcionalmente una disolución que comprende bicarbonato de sodio de los compartimentos menos básicos.

40 Una membrana bipolar es una membrana de intercambio iónico que comprende una cara catiónica - permeable para los cationes e impermeable para los aniones y otra cara aniónica - permeable para los aniones e impermeable para los cationes. Dicha membrana puede ser producida por la yuxtaposición de dos membranas monopulares. Bajo un campo eléctrico suficiente, y en disolución acuosa, la única reacción posible es la división de agua en la interfase entre las dos membranas monopulares en H⁺ y OH⁻ que después atraviesan, respectivamente, la membrana monopolar catiónica y aniónica y salen de la membrana a los compartimentos adyacentes. Se recomienda que se produzcan las membranas bipolares por el procedimiento como se describe en la solicitud de patente internacional WO 01/79335 en nombre de SOLVAY, en particular como se describe en sus reivindicaciones.

En el procedimiento según la invención, el electrodiálizador contiene al menos dos tipos de compartimentos y dos tipos de membranas, catiónica y bipolar. En algunas realizaciones, puede contener tipos adicionales de compartimentos y membranas aniónicas.

50 En una realización preferida del procedimiento, el electrodiálizador comprende sólo dos tipos de compartimentos y sólo membranas catiónicas y bipolares. En esta realización, en la que los compartimentos menos básico y más básico del electrodiálizador se separan por una alternación de membranas catiónicas y bipolares, cada compartimento se delimita así en un lado por una membrana catiónica y en el otro lado por una membrana bipolar.

En el procedimiento según la invención, el hidróxido de sodio reacciona con el bicarbonato de sodio contenido en la

- mena mineral. El carbonato de sodio resultante, gracias a su alta solubilidad se solubiliza fácilmente de la mena, lo que permite extraer con eficacia los contenidos de sodio de la mena mineral. La disolución de reacción comprende ventajosamente a lo sumo 120 g/kg, preferiblemente a lo sumo 100 g/kg de hidróxido de sodio y a lo sumo 40 g/kg, preferiblemente 30 g/kg de carbonato de sodio. Es preferible, sin embargo, que la disolución de reacción comprenda al menos 40 g/kg, más preferiblemente 50 g/kg de hidróxido de sodio.
- Normalmente, la disolución de reacción se realizará mezclando la disolución que comprende hidróxido de sodio que se extrae de los compartimentos más básicos con agua fresca o aguas recicladas, para diluirla.
- Sin embargo, la disolución que comprende hidróxido de sodio puede usarse ventajosamente como tal para formar la disolución de reacción y ponerla directamente en contacto con la mena mineral. Dependiendo de las circunstancias particulares, la salida de los compartimentos más básicos tendrá que volver a introducirse en su entrada, para conseguir la mejor concentración de hidróxido de sodio.
- El control de la composición de la disolución de reacción permite regular la composición de la disolución producida. Es ventajoso que la disolución producida comprenda ventajosamente al menos 200 g/kg, preferiblemente 250 g/kg de carbonato de sodio.
- En una realización recomendada del procedimiento según la invención, al menos parte de la disolución producida se evapora para producir una suspensión que comprende cristales de carbonato de sodio, que se separan y se valorizan. La evaporación se puede realizar como en el procedimiento de monohidrato, preferiblemente usando recompresión mecánica de vapor. Los cristales de carbonato de sodio monohidratados se tratan después preferiblemente en ceniza de sosa densa.
- En el procedimiento según la invención, se introduce una disolución de producción que comprende carbonato de sodio en los compartimentos menos básicos del electrodiálizador. Debido al flujo de iones Na^+ por la membrana catiónica y un flujo entrante de iones H^+ , al menos parte del carbonato de sodio que entra se transforma en bicarbonato de sodio, formando una disolución de salida que comprende bicarbonato de sodio.
- Dependiendo de las concentraciones en carbonato de sodio y bicarbonato de sodio de la primera disolución de producción, también puede ocurrir en realizaciones ventajosas, que se convierta bicarbonato de sodio en dióxido de carbono a la salida de los compartimentos menos básicos de la celda. El dióxido de carbono puede hacerse reaccionar después con disoluciones de carbonato de sodio en otras fases del procedimiento, para producir cristales de bicarbonato de sodio.
- En una realización recomendada del procedimiento, se extrae una disolución que comprende bicarbonato de sodio de los compartimentos menos básicos del electrodiálizador, enfriándose después esta disolución para producir una suspensión que comprende cristales de bicarbonato de sodio. Se separa la suspensión en cristales de bicarbonato de sodio que se tienen que valorizar y aguas madres de bicarbonato de sodio. Se desbicarbonatan las aguas madres preferiblemente, después, para producir por una parte un gas que comprende CO_2 y por otra parte una disolución desbicarbonatada agotada en bicarbonato de sodio y enriquecida en carbonato de sodio. La disolución desbicarbonatada contiene preferiblemente no más de 60 g/kg, más preferiblemente 50 g/kg, lo más preferiblemente 40 g/kg de bicarbonato de sodio. La disolución desbicarbonatada puede mezclarse con la disolución de producción e introducirse en el electrodiálizador. También pueden mezclarse con la disolución producida para formar la disolución de reacción. La desbicarbonatación puede realizarse mediante vapor o preferiblemente por arrastre de aire.
- Para producir una disolución que comprenda hidróxido de sodio en los compartimentos más básicos del electrodiálizador, es necesario limitar el flujo de bicarbonato de sodio que podía introducirse en esos compartimentos. De hecho, el flujo máximo de iones HCO_3^- que entra en los compartimentos más básicos está limitado por el flujo de iones OH^- e iones Na^+ introducidos en ellos por las membranas bipolar y catiónica. Los compartimentos más básicos pueden ser alimentados ventajosamente introduciendo en ellos la disolución desbicarbonatada producida en la realización recomendada descrita anteriormente. Alternativamente, puede ser alimentada por una disolución diluida de carbonato de sodio, que contiene ventajosamente al menos 20 g/kg de carbonato de sodio, pero a lo sumo 70 g/kg, preferiblemente a lo sumo 50 g/kg de carbonato de sodio.
- En una realización preferida, los compartimentos más básicos no son alimentados por cualquier disolución que venga del exterior. En esta realización, los compartimentos más básicos contienen sólo NaOH producido in situ en esos compartimentos por combinación de iones Na^+ y OH^- (que atraviesan las membranas catiónicas y las caras aniónicas de las membranas bipolares), tomándose el flujo de entrada a los compartimentos desde su salida (recirculación), con sólo suministro de agua, si es necesario. En una variante de esta realización, se evita incluso el suministro de agua externa, siendo alimentados sólo los compartimentos menos básicos por agua que pasa por las membranas de intercambio iónico a ellos.
- El procedimiento según la invención puede realizarse con sólo un electrodiálizador. Es posible, sin embargo, usar varios electrodiálizadores, usándose la salida de algunos de ellos como entrada para otros.
- Por ejemplo, en una realización recomendada del procedimiento según la invención, la disolución que comprende bicarbonato de sodio que se extrae de los compartimentos menos básicos del electrodiálizador se introduce en los

compartimentos menos básicos de otro electrodiálizador. En esta realización, es preferible primero enfriar la disolución que comprende bicarbonato de sodio extraído de los compartimentos menos básicos del primer electrodiálizador y separar el cristal de bicarbonato de sodio que aparece debido al enfriamiento. Se introducen después las aguas madres en el otro electrodiálizador. Adicionalmente, en esta realización, se recomienda que la concentración en carbonato de sodio de la disolución que comprende bicarbonato de sodio que se introduce en el otro electrodiálizador sea suficientemente baja para generar gas CO_2 en los compartimentos menos básicos de este otro electrodiálizador. Por supuesto, cuando todo el carbonato de sodio que entra en los compartimentos menos básicos ha sido transformado en bicarbonato de sodio como consecuencia de iones Na^+ pasando por las membranas catiónicas, cualquier flujo adicional de iones Na^+ que pase a través de esas membranas tiene la consecuencia de destruir el bicarbonato de sodio en CO_2 y agua. El gas CO_2 generado se usa ventajosamente después para hacerlo reaccionar con parte de la disolución de carbonato de sodio producida por el contacto con las menas minerales, para producir cristales de bicarbonato de sodio. Esta reacción puede realizarse en contactores gas-líquido adecuados para la carbonatación de disoluciones de carbonato de sodio. Dependiendo de las circunstancias, la disolución de carbonato de sodio puede concentrarse primero por cualquier medio adecuado, antes de su carbonatación.

Según la invención, el hidróxido de sodio es producido en el electrodiálizador fuera de una disolución de carbonato de sodio y la disolución de carbonato de sodio se obtiene, a su vez, de manera muy simple, usando parte de la disolución producida por la reacción del hidróxido de sodio con la parte de bicarbonato de sodio de la mena mineral. Pueden utilizarse diferentes menas minerales y se pueden poner en contacto las menas minerales con la disolución de reacción de maneras muy diferentes, por ejemplo, en equipos de superficie usando menas minerales excavadas. La simplicidad de este procedimiento permite usarlo a gran escala industrial. Es interesante, en particular, introducir la disolución de reacción bajo tierra y ponerla en contacto con depósitos subterráneos de mena mineral. La disolución que comprende carbonato de sodio se forma después bajo tierra y se extrae por técnicas convencionales de minería de disolución. Esta realización es adecuada para menas minerales subterráneas de Trona, Nahcolita, Wegscheiderita o Decemita. En una realización preferida en particular, la mena mineral que comprende bicarbonato de sodio es un mineral metalífero subterráneo de trona o nahcolita.

Dependiendo de las circunstancias, puede ser ventajoso también mezclar parte de la disolución de reacción con una disolución que comprende bicarbonato de sodio ya disponible, para convertir al menos parte del bicarbonato de sodio en carbonato de sodio.

La figura adjunta ilustra una realización particular de la invención. Se introduce una disolución 1 de producción que comprende carbonato de sodio en los compartimentos menos básicos de un electrodiálizador 2 que comprende alternar compartimentos menos básicos y más básicos. Se extrae una disolución 3 que comprende bicarbonato de sodio de los compartimentos menos básicos y una disolución 4 que comprende hidróxido de sodio, de los compartimentos más básicos del electrodiálizador. La disolución 3 se enfría en el cristallizador 5, dando como resultado cristales 6 de bicarbonato de sodio y aguas madres 7. Las aguas madres 7 se desbicarbonatan por arrastre de aire en el contactor 8, dando como resultado gas 9 CO_2 y aguas madres 10 desbicarbonatadas, parte de las cuales (10') se envía de vuelta al electrodiálizador y parte de las cuales se mezcla con la disolución 4 que comprende hidróxido de sodio junto con agua 11 fresca, para formar la disolución 12 de reacción. La disolución 12 de reacción se inyecta en una mina 13 subterránea de trona. Se extrae una disolución que comprende carbonato 14 de sodio de la mina de trona. Se extrae una disolución 14' producida de esta disolución 14 y se envía a un evaporador (no representado), en el que se forman cristales de carbonato de sodio monohidratado. Esos cristales se valorizan después, por ejemplo, por transformación en ceniza de sosa densa. La parte restante de la disolución 14 se envía al electrodiálizador, constituyendo después de mezclar con las aguas 10' madres desbicarbonatadas la disolución 1 de producción.

A partir de la descripción del siguiente ejemplo aparecerán detalles y particularidades de la invención.

Ejemplo

El procedimiento ilustrado por la figura se realiza de la siguiente manera. Se introduce una cantidad de $0,024 \text{ m}^3/\text{h}$ de una disolución de producción que comprende 110 g/kg de carbonato de sodio y 32 g/kg de bicarbonato de sodio a una temperatura de 29°C en los compartimentos menos básicos de un electrodiálizador. El electrodiálizador comprende membranas bipolares producidas por ASTOM, modelo NEOSEPTA BP-1E y membranas catiónicas NAFION[®] 324, producidas por DuPont. Se aplica una densidad de corriente de 1 kA/m^2 a la celda elemental. Se extrae una disolución 3 que comprende 117 g/kg de bicarbonato de sodio y 20 g/kg de carbonato de sodio a una temperatura de 65°C , de los compartimentos menos básicos del electrodiálizador a un caudal de $0,023 \text{ m}^3/\text{h}$. Se enfría esta disolución a 30°C en un cristallizador, dando como resultado una producción de $0,78 \text{ kg/h}$ de cristales de bicarbonato de sodio. Se extrae una disolución 4 que comprende 357 g/kg de hidróxido de sodio de los compartimentos más básicos del electrodiálizador a un caudal de $0,002 \text{ m}^3/\text{h}$ y una temperatura de 65°C . Después de mezclamiento con $0,007 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua y $0,003 \text{ m}^3/\text{h}$ de aguas 10"madres desbicarbonatadas, se introduce una disolución de reacción que comprende 68 g/kg de NaOH y 27 g/kg de Na_2CO_3 a un caudal de $0,012 \text{ m}^3/\text{h}$ y a una temperatura de 50°C en una mina de trona que comprende mena de trona con la composición descrita en la parte introductoria de esta memoria descriptiva, siendo la temperatura de la mena aproximadamente 25°C . Se extrae una disolución 14 que comprende 280 g/kg de Na_2CO_3 de la mena a un caudal de $0,014 \text{ m}^3/\text{h}$ y una temperatura de

ES 2 625 298 T3

aproximadamente 30°C. Se sustrae una parte de 0,008 m³/h de esta disolución 14 para evaporación y cristalización de carbonato de sodio.

El caudal restante se mezcla con 0,02 m³/h de aguas 10' madres desbicarbonatadas que contienen 50 g/kg de carbonato de sodio y 43 g/kg de bicarbonato de sodio.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir carbonato de sodio y/o bicarbonato de sodio de un mineral metalífero que comprende bicarbonato de sodio según el cual:
- 5 • se introduce una disolución de producción que comprende carbonato de sodio en los compartimentos menos básicos de un electrodiálizador que comprende alternar compartimentos adyacentes menos básicos y más básicos, separados entre sí por membranas catiónicas, estando delimitados los compartimentos más básicos por las caras aniónicas de membranas bipolares en un lado y por las membranas catiónicas en el otro lado;
 - 10 • se extrae opcionalmente una disolución que comprende bicarbonato de sodio de los compartimentos menos básicos;
 - se produce una disolución que comprende hidróxido de sodio en los compartimentos más básicos, por combinación del flujo de iones sodio que atraviesan la membrana catiónica y el flujo de iones hidroxilo que atraviesa la cara aniónica de las membranas bipolares;
 - 15 • se extrae la disolución que comprende hidróxido de sodio de los compartimentos más básicos del electrodiálizador y se usa para constituir una disolución de reacción;
 - se pone en contacto la disolución de reacción con la mena mineral que comprende bicarbonato de sodio para formar una disolución que comprende carbonato de sodio;
 - la disolución que comprende carbonato de sodio se divide en una parte que se usa para constituir la disolución de producción y una parte restante que constituye una disolución producida.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la disolución producida se evapora para producir una suspensión que comprende cristales de carbonato de sodio, que se separan y se valorizan.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se extrae una disolución que comprende bicarbonato de sodio de los compartimentos menos básicos del electrodiálizador, siendo enfriada esta disolución después para producir una suspensión que comprende cristales de bicarbonato de sodio y separándose la suspensión en cristales de bicarbonato de sodio valorizados y unas aguas madres de bicarbonato de sodio.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que las aguas madres de bicarbonato de sodio se desbicarbonatan y se introducen en el compartimento menos básico del electrodiálizador.
5. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que las aguas madres de bicarbonato de sodio se desbicarbonatan y se introducen en los compartimentos más básicos del electrodiálizador.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que las aguas madres se introducen en los compartimentos menos básicos de otro electrodiálizador.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la concentración en carbonato de sodio de las aguas madres es suficientemente baja para generar gas CO₂ en los compartimentos menos básicos del otro electrodiálizador.
- 35 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que se pone en contacto el CO₂ generado con al menos parte de la disolución producida que comprende carbonato de sodio, para producir cristales de bicarbonato de sodio.
9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que parte de la disolución de reacción que comprende hidróxido de sodio se mezcla con una disolución que comprende bicarbonato de sodio para convertir al menos parte del bicarbonato de sodio en carbonato de sodio.
- 40 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la mena mineral que comprende bicarbonato de sodio es un metal metalífero subterráneo de trona o nahcolita.

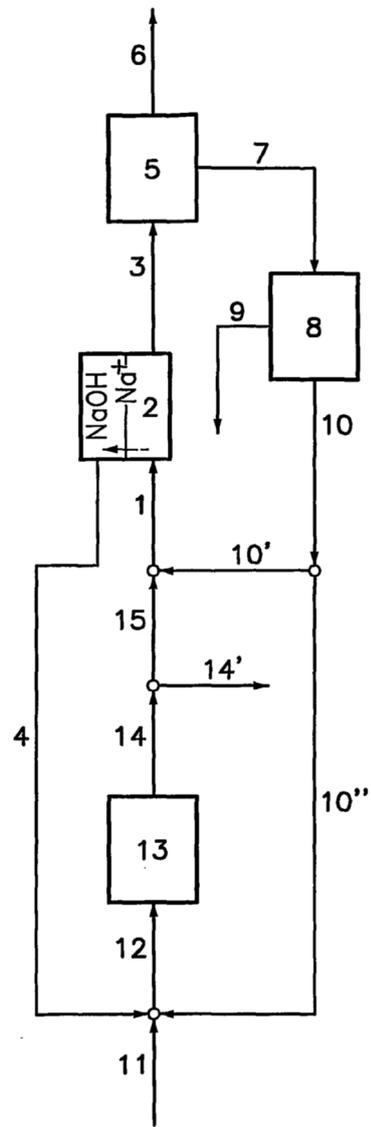


Fig. 1