

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 916 328**

51 Int. Cl.:

C02F 1/68 (2006.01)

A23L 2/54 (2006.01)

C02F 1/66 (2006.01)

B01D 61/14 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2017 PCT/EP2017/052370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017 WO17134217**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2017 E 17704193 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2022 EP 3411337**

54 Título: **Proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo**

30 Prioridad:

05.02.2016 EP 16154567

12.02.2016 US 201662294568 P

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

30.06.2022

73 Titular/es:

OMYA INTERNATIONAL AG (100.0%)

Baslerstrasse 42

4665 Oftringen, CH

72 Inventor/es:

NELSON, NICHOLAS CHARLES;

RIEPL, HERBERT y

KREUGER, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 916 328 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 para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere a un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo, así como un proceso para la mineralización y/o estabilización de agua.

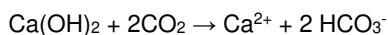
10 El agua potable se ha vuelto escasa. Incluso en países que son ricos en agua, no todas las fuentes y reservas son adecuadas para la producción de agua potable, y muchas fuentes de hoy en día están amenazadas por un deterioro dramático de la calidad del agua.

Inicialmente, el agua de alimentación utilizada para beber era principalmente agua superficial y agua subterránea. Sin embargo, el tratamiento del agua de mar, salmuera, aguas salobres, aguas residuales y aguas de efluentes contaminados están ganando cada vez más importancia por razones ambientales y económicas.

15 Con el propósito de recuperar agua del agua de mar o el agua salobre, para uso potable, se conocen varias instalaciones y procesos, los cuales tienen importancia considerable para áreas secas, regiones costeras e islas marinas, y estas instalaciones y procesos comprenden usualmente procesos de destilación, electrolíticos, así como también osmóticos u osmóticos inversos. El agua obtenida por medio de estos procesos es muy blanda y tiene un valor de pH bajo debido a la falta de sales amortiguadoras de pH, y de esta manera, tiende a ser sumamente reactiva y, a menos que sea tratada, puede crear dificultades de corrosión graves durante su distribución en tuberías convencionales. Adicionalmente, el agua desalinizada sin tratar no puede ser utilizada directamente como una fuente de agua potable. Para prevenir la disolución de sustancias indeseables en sistemas de tuberías, para evitar la corrosión de obras hidráulicas tales como tubos y válvulas y para hacer que el agua tenga un sabor agradable, es necesario incrementar el contenido de minerales y alcalinidad del agua.

20 Los procesos convencionales y las instalaciones correspondientes que se utilizan principalmente para la mineralización de agua son la adición de cal y la disolución con carbonatación parcial por medio de dióxido de carbono y filtración en lechos de piedra caliza, también llamados contactores de calcita. Otros procesos de mineralización menos comunes comprenden, por ejemplo, la adición de cal hidratada y carbonato de sodio, la adición de sulfato de calcio y carbonato ácido de sodio, o la adición de cloruro de calcio y carbonato ácido de sodio.

25 El proceso de cal implica el tratamiento de la solución de cal con agua acidificada con CO₂, en donde la siguiente reacción está implicada:



30 Como se puede deducir a partir del esquema de reacción anterior, dos equivalentes de CO₂ son necesarios para convertir un equivalente de Ca(OH)₂ en Ca²⁺ y carbonato ácido para la mineralización. Este método es dependiente de la adición de dos equivalentes de CO₂, con el propósito de convertir los iones de hidróxido de metal alcalino en las especies amortiguadoras HCO₃⁻. Para la mineralización de agua, una solución saturada de hidróxido de calcio, llamada comúnmente agua de cal, de 0,1-0,2% en peso, basándose en el peso total, se prepara a partir de una lechada de cal (usualmente a lo sumo 5% en peso). Por lo tanto, se debe utilizar un saturador para producir el agua de cal y grandes volúmenes de agua de cal son necesarios para lograr el nivel objetivo de contenido de minerales y alcalinidad. Una desventaja adicional de este método es que la cal hidratada es corrosiva y requiere un manejo apropiado y equipo específico. Adicionalmente, una adición deficientemente controlada de cal hidratada al agua blanda puede conducir a cambios de pH no deseados debido a la ausencia de propiedades amortiguadoras de la cal.

El proceso de filtración a través de lechos de piedra caliza comprende el paso de pasar agua blanda a través de un lecho de piedra caliza granular que disuelve el carbonato de calcio en el flujo de agua. Poner en contacto la piedra caliza con agua acidificada con CO₂ mineraliza el agua según:



45 A diferencia del proceso de cal, solo un equivalente de CO₂ es necesario estequiométricamente para convertir un equivalente de CaCO₃ en Ca²⁺ y carbonato ácido para la mineralización y la adición de alcalinidad. Por otra parte, la piedra caliza no es corrosiva y debido a las propiedades amortiguadoras de CaCO₃ se previenen cambios mayores de pH. Sin embargo, conforme el pH incrementa la reacción se lentifica de tal manera que se tiene que dosificar CO₂ adicional con el propósito de asegurar que se disuelva suficiente CaCO₃. El CO₂ sin reaccionar entonces es retirado ya sea a través del agotamiento o la neutralización con hidróxido de sodio.

Los métodos y los sistemas para la mineralización de agua utilizando lechada de cal o una suspensión espesa de cal se describen en los documentos US 7.374.694 y EP 0 520 826. El documento US 5.914.046, el cual describe un método para reducir la acidez en descargas de efluente utilizando un lecho de piedra caliza pulsátil.

El documento US 7.771.599 describe un método para la mineralización de agua de proceso en un sistema de desalinización. El método secuestra gas de dióxido de carbono del agua de mar o concentrado (salmuera) del proceso de desalinización a través de una membrana de transferencia de gas. El gas de dióxido de carbono secuestrado se utiliza después en la producción de carbonato ácido de calcio soluble ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). El documento WO 2012/020056 A1 se dirige a un proceso para la mineralización de agua que comprende los pasos de proporcionar agua de alimentación, e inyectar dióxido de carbono gaseoso y una suspensión espesa en el agua de alimentación, en donde la suspensión espesa comprende carbonato de calcio micronizado. El documento WO 2010/023742 A2 describe un método y un aparato para producir agua potable por medio del procesamiento posterior (tratamiento posterior) de agua desalinizada que se obtiene por medio de la desalinización de agua de mar a través de la destilación u ósmosis inversa. El método incluye un proceso de absorción de dióxido de carbono de suministrar excesivamente dióxido de carbono en el agua desalinizada para absorber el dióxido de carbono, un proceso de mineralización de pasar el agua desalinizada en la cual el dióxido de carbono es absorbido a través de un filtro de piedra caliza en el cual la piedra caliza es rellena para formar iones de calcio y iones de carbonato ácido, y un proceso de agotamiento de dióxido de carbono de suministrar aire en el agua desalinizada pasada a través del proceso de mineralización para agotar el dióxido de carbono con el aire para obtener el agua potable. El documento WO 2012/113957 A1 se refiere a un método para la remineralización de fluidos, en el cual se controla la turbidez final.

El método incluye los pasos que comprenden dosificación de reactivo, remineralización y filtración. El documento EP 2565165 A1 se refiere a un proceso para la mineralización de agua que comprende los pasos de proporcionar agua de alimentación, proporcionar una solución acuosa de carbonato de calcio, en donde la solución acuosa de carbonato de calcio comprende carbonato de calcio disuelto y especies de reacción del mismo, y combinar el agua de alimentación y la solución acuosa de carbonato de calcio. El documento EP 2623466 A1 se refiere a un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo y sus usos. El proceso se puede llevar a cabo en un sistema reactor que comprende un tanque equipado con un agitador, por lo menos un dispositivo de filtración y un dispositivo de trituración. El documento EP 2623467 A1 se refiere a un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo y sus usos. El proceso se lleva a cabo en un sistema reactor que comprende un tanque equipado con un agitador y por lo menos un dispositivo de filtración. El documento EP 2623564 A1 se refiere a una instalación para la purificación de minerales, pigmentos y/o materiales de relleno y/o la preparación de carbonato de metal alcalinotérreo precipitado y/o la mineralización de agua y al uso de esta instalación para la purificación de minerales, pigmentos y/o materiales de relleno y/o la mineralización de agua y/o la preparación de carbonato de metal alcalinotérreo precipitado. El documento WO 2013/132399 A1 se refiere a la mineralización de agua la cual se lleva a cabo al mezclar carbonato en forma de polvo en un proceso rápido en el agua, generar CO_2 en el agua al agregar turbidez a la misma. El agua tratada entonces es suministrada a través de un reactor con carbonato granular, en el cual el CO_2 en el agua disuelve carbonato adicional en un proceso lento. El reactor actúa simultáneamente para agregar minerales adicionales, así como también alcalinidad al agua, y para retirar la turbidez del agua al disolver polvo residual y filtrar partículas no solubles. El documento CN 102826689 A1 se refiere a un proceso de tratamiento posterior de agua de mar desalinizada, que comprende los siguientes pasos de:

(1) agregar CO_2 en agua de mar desalinizada y mezclar suficientemente; y (2) mineralizar el agua de mar desalinizada que tiene CO_2 agregado en una pileta de mineralización; disponer un lecho de filtro de carbonato de calcio en la pileta de mineralización; y hacer posible que el agua de mar desalinizada con el CO_2 agregado pase a través del lecho de filtro de carbonato de calcio para que se ponga en contacto y reaccione suficientemente con el carbonato de calcio. El documento WO 2013/014026 A1 tiene que ver con un proceso para tratar agua y el uso de carbonato de calcio en este proceso. En particular, se dirige a un proceso para la remineralización de agua que comprende los pasos de (a) proporcionar agua de alimentación que tiene una concentración de dióxido de carbono de por lo menos 20 mg/l, preferiblemente en un intervalo de 25 a 100 mg/l, y más preferiblemente en un intervalo de 30 a 60 mg/l, (b) proporcionar una suspensión espesa acuosa que comprende carbonato de calcio micronizado, y (c) combinar el agua de alimentación del paso (a) y la suspensión espesa acuosa del paso (b) con el propósito de obtener agua remineralizada. El documento WO 2014/187666 A1 se refiere a un sistema de múltiples lotes para la preparación de una solución de carbonato ácido de calcio y el uso de este sistema de doble lote para la preparación de una solución de carbonato ácido de calcio. El documento WO 2014/187613 A1 se refiere a una instalación para la preparación de una solución de carbonato ácido de calcio y el uso de esta instalación para la preparación continua de una solución de carbonato ácido de calcio, así como también el uso de esta instalación para la remineralización de agua.

El documento US 2009/0101573 A1 se refiere a un aparato de tratamiento de agua residual y un método, un tanque mezclador de minerales recibe agua tratada biológicamente, sedimento fangoso el cual es generado por el tratamiento biológico y sedimento fangoso mineral el cual contiene calcio, etcétera de un tanque de asentamiento. Una bomba de minerales regresa el sedimento fangoso y el agua tratada del tanque mezclador de minerales a un tanque de agua sin procesar. Una bomba de emulsión hace circular el agua de tratamiento entre un tanque de reaireación que tiene una sección semi-anaeróbica y un tanque de desnitrificación. Durante la circulación del agua de tratamiento entre el tanque de reaireación y el tanque de desnitrificación, la sección semi-anaeróbica aligera el cambio de ambiente para microorganismos y desarrolla en consecuencia el ambiente requerido para facilitar la propagación de los microorganismos. La bomba de emulsión permite la agitación con un bajo consumo de energía incluso cuando los microorganismos son cultivados hasta una alta concentración de los mismos. El documento WO 2006/128730 A1 describe un proceso para tratar una corriente de alimentación de un medio acuoso de una composición determinada,

la cual comprende componentes potencialmente formadores de incrustación disueltos, en un sistema de ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés) bajo condiciones de proceso determinadas, proporcionar una corriente de permeado y una corriente de un retenido (concentrado) el cual comprende componentes potencialmente formadores de incrustación en una concentración suficientemente alta para causar la formación de incrustación en aquellas partes del sistema de RO que están en contacto con el retenido en ausencia de un inhibidor de incrustación, proceso en el cual (a) el retenido es supervisado continuamente para detectar la presencia de partículas de componentes potencialmente formadores de incrustación en el retenido y una lectura de uno o más parámetros físicos del retenido relacionados con la presencia de estas partículas se registra continuamente; (b) la lectura registrada se compara continuamente con valores de medición para uno o más de los parámetros de un retenido obtenido de un medio acuoso de la misma composición bajo las mismas condiciones de proceso valores los cuales han sido predeterminados empíricamente; y (c) una cantidad de inhibidor de incrustación se agrega al sistema de RO corriente arriba de la membrana una vez que la lectura registrada para uno o más de los parámetros difiere de los valores de medición predeterminados, la cantidad de inhibidor de incrustación ha sido predeterminada empíricamente para prevenir la formación de incrustación bajo las condiciones. El documento WO 98/46533 A1 se refiere a un sistema para purificar agua para retirar por lo menos uno de materia orgánica natural, color, turbidez, bacterias, quistes y oocitos, virus, compuestos de arsénico e impurezas insolubles. El sistema comprende los pasos de proporcionar un cuerpo de agua a ser purificado; controlar el pH del cuerpo en un intervalo de 5 a 8; y agregar un coagulante al cuerpo para proporcionar una floculación. La floculación se mantiene en el cuerpo en una concentración en el intervalo de 1 a 6, con el propósito de adsorber por lo menos uno de la materia orgánica natural, color, turbidez y bacterias para proporcionar agua tratada.

Después, una primera porción del agua tratada y la floculación se retira del cuerpo de agua. El documento US 6.027.649 A se refiere a sistema de purificación de agua para retirar por lo menos uno de la materia orgánica natural, color, turbidez, bacterias, quistes y oocitos, virus, compuestos de arsénico e impurezas insolubles. El sistema comprende los pasos de proporcionar un cuerpo de agua a ser purificado; controlar el pH del cuerpo en un intervalo de 5 a 8; y agregar un coagulante al cuerpo para proporcionar una floculación. La floculación se mantiene en el cuerpo en una concentración en el intervalo de 1 a 6, con el propósito de adsorber por lo menos uno de la materia orgánica natural, color, turbidez y bacterias para proporcionar agua tratada.

Después, una primera porción del agua tratada y la floculación se retira del cuerpo de agua. Una membrana semi-permeable sumergida se proporciona en el cuerpo de agua para retirar una segunda porción del agua tratada. La membrana tiene un tamaño de poro en el intervalo de 0,02 a 1 μm para proporcionar un permeado comprendido de agua purificada y para proporcionar un retenido que contiene la floculación. El cuerpo de agua es tratado por medio de la mezcla para minimizar el ensuciamiento de la membrana y para proporcionar la mezcla completa de la floculación en el cuerpo de agua. El documento US 2010/0224541 A1 describe un tubo difusor de burbujas finas que puede generar burbujas finas equitativa y uniformemente incluso cuando el tubo difusor tiene una longitud grande, un dispositivo difusor de burbujas finas que utiliza este tubo y un aparato de separación de membrana sumergida se producen. El documento US 2013/0064741 A1 se refiere a un sistema para fijar dióxido de carbono. El sistema comprende un primer reactor para extraer componentes de metales alcalinos de una escoria y un segundo reactor para carbonatar el componente de metal alcalino extraído con dióxido de carbono. Con este sistema, el dióxido de carbono se puede fijar de una manera más simple y rentable.

Sin embargo, los procesos descritos tienen la desventaja de que la mineralización del agua y especialmente la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo utilizado para la mineralización de agua muestran una eficiencia improbable de CO_2 y/o un consumo excesivo de energía.

En vista de lo anterior, el mejoramiento de la mineralización del agua aún sigue siendo de interés para el experto en la técnica. Sería especialmente deseable proporcionar un proceso alternativo o mejorado para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo el cual se puede preparar de una manera más eficiente, económica y ecológica, especialmente para hacer posible un incremento en la eficiencia del consumo de CO_2 para el proceso, y sin un consumo excesivo de energía para el proceso e instalación correspondiente.

De esta manera un objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo. Otro objetivo también se puede observar en la provisión de un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo que incrementa la eficiencia del consumo de CO_2 para el proceso. Un objetivo adicional se puede observar en la provisión de un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo que hace posible una disminución en el consumo total de energía del proceso e instalación correspondiente. Otro objetivo se puede observar en la provisión de un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el cual la producción de sedimento fangoso se disminuye en comparación con un sistema de cal típico de la técnica anterior.

Uno o más de los problemas anteriores y otros problemas se resuelven por medio del contenido definido en este documento en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones ventajosas de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes correspondientes.

Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo. El proceso comprende los pasos de:

- a) proporcionar agua;
- b) proporcionar por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo;
- 5 c) proporcionar CO₂ o un ácido que tiene un valor de pK_a < 5;
- d) combinar el agua del paso a) con por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO₂ o ácido del paso c) en cualquier orden tal como para obtener una suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo;
- 10 e) filtrar por lo menos una parte de la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) al pasar la suspensión acuosa S1 a través de por lo menos un módulo de membrana sumergida con el propósito de obtener una solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo,

en donde por lo menos el módulo de membrana sumergida está ubicado en un recipiente.

Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un proceso para la mineralización y/o estabilización de agua, el proceso comprende los pasos de:

- 15 i) proporcionar agua a ser mineralizada,
- ii) proporcionar una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso como se define en este documento,
- iii) combinar el agua a ser mineralizada del paso (i) y la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo del paso (ii) con el propósito de obtener agua mineralizada.

- 20 Según una realización del presente proceso para la mineralización de agua, el proceso comprende un paso adicional (iv) de agregar una base, preferiblemente hidróxido de sodio o hidróxido de calcio, al agua mineralizada del paso (iii).

- 25 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso, como se describe en este documento, para la mineralización y/o estabilización de agua o como agua mineralizada. Según una realización del presente uso, el agua es desalinizada o es agua naturalmente blanda.

- Según una realización del presente proceso, el paso d) comprende los pasos de i1) combinar el agua del paso a) con el CO₂ o ácido del paso c), y i2) combinar la mezcla de i1) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b); o ii1) combinar el agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), y ii2) combinar la mezcla de ii1) con el CO₂ o ácido del paso c).

- 30 Según otra realización del presente proceso, los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en el mismo recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor.

Según aún otra realización del presente proceso, el por lo menos un módulo de membrana sumergida tiene un tamaño de poro preferiblemente < 1 µm, y más preferiblemente < 0,1 µm.

- 35 Según una realización del presente proceso, se recircula aire o fluido de proceso es recirculado a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida, preferiblemente en una dirección del fondo a la parte superior del por lo menos un módulo de membrana sumergida y/o recipiente, más preferiblemente CO₂ o ácido del paso c) se agrega al aire o fluido de proceso.

Según otra realización del presente proceso, el recipiente es sellado y el aire en la parte superior del recipiente se utiliza como la alimentación y se reintroduce en el fondo del recipiente.

- 40 Según aún otra realización del presente proceso, el proceso comprende un paso adicional f) de lavado posterior del por lo menos un módulo de membrana sumergida con agua, opcionalmente CO₂ o un ácido que tiene un valor de pK_a < 5 se agrega al agua.

- 45 Según una realización del presente proceso, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se selecciona del grupo que consiste en carbonato de calcio precipitado, carbonato de calcio modificado, carbonato de calcio molido y mezclas de los mismos, preferiblemente el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b) es carbonato de calcio molido.

Según otra realización del presente proceso, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) es carbonato de calcio molido que se selecciona del grupo que consiste en mármol, piedra caliza, creta y mezclas de los mismos.

Según todavía otra realización del presente proceso, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se proporciona en forma seca o en forma de una suspensión acuosa; y/o el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) comprende carbonato ácido de calcio y consiste preferiblemente en carbonato ácido de calcio.

- 5 Según una realización del presente proceso, el ácido proporcionado en el paso c) tiene un valor de $pK_a < 4$ y/o el ácido se selecciona del grupo que consiste en ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico o ácido cítrico y/o mezclas de los mismos.

- 10 Según otra realización del presente proceso, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene una concentración de metal alcalinotérreo como carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 20 a 1000 mg/l y más preferiblemente de 50 a 600 mg/l y lo más preferiblemente de 80 a 400 mg/l; y/o tiene un valor de pH en el intervalo de 6,1 a 8,9 y preferiblemente en el intervalo de 6,5 a 8,5.

Se debe entender que para el fin de la presente invención los siguientes términos tienen el siguiente significado.

- 15 El término "material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo" se puede referir a un material que comprende por lo menos el 50,0% en peso de carbonato de metal alcalinotérreo, basándose en el peso en seco total del material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.

Un "material que comprende carbonato de calcio" en el sentido de la presente invención se refiere a un material el cual es una fuente de carbonato de calcio y se selecciona preferiblemente de carbonato de calcio molido, carbonato de calcio precipitado, carbonato de calcio hecho reaccionar en la superficie, dolomita y mezclas de los mismos.

- 20 El término "mineralización" como se utiliza en la presente invención se refiere al incremento de tanto los iones de minerales esenciales como la alcalinidad en el agua que no contiene minerales o alcalinidad en absoluto, o en cantidades insuficientes de tal manera que el agua sea de sabor agradable.

- 25 Una mineralización se puede lograr al agregar por lo menos el carbonato de metal alcalinotérreo específico, tal como carbonato de calcio, como materia prima solo al agua que es tratada. Opcionalmente, por ejemplo, para beneficios relacionados con la salud para garantizar la absorción apropiada de algunos minerales esenciales y elementos traza, sustancias adicionales tales como sales de magnesio se pueden mezclar en o con el carbonato de metal alcalinotérreo, tal como carbonato de calcio, y luego se pueden agregar al agua durante el proceso de mineralización. Según las directrices nacionales sobre la salud humana y la calidad del agua potable, el producto mineralizado puede comprender minerales adicionales seleccionados del grupo que comprende potasio o sodio, sulfato de magnesio, carbonato ácido de potasio, carbonato ácido de sodio u otros minerales que contienen elementos traza esenciales y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el producto mineralizado comprende minerales adicionales seleccionados del grupo que comprende sulfato de magnesio, carbonato ácido de potasio, carbonato ácido de sodio y mezclas de los mismos.

- 35 El término "estabilización" como se utiliza en la presente invención se refiere al incremento del contenido de minerales y la alcalinidad, a la neutralización o retirada de dióxido de carbono "agresivo" restante y/o al incremento del pH para lograr una calidad final del agua estable y equilibrada. La estabilización se logra preferiblemente al agotar el dióxido de carbono agresivo, agregar una base al agua mineralizada obtenida por medio de la instalación de la invención, o una combinación de ambas.

- 40 La expresión "eficiencia de CO_2 " en el sentido de la presente invención se refiere a la relación de CO_2 en el proceso, tanto inicialmente dentro del agua de alimentación proporcionada en el paso (a) como el CO_2 adicional proporcionado en el paso (c) (medido en mmol/l), con respecto a la cantidad de carbonato de metal alcalinotérreo (proporcionado en el paso (b)) que se convierte en carbonato ácido de metal alcalinotérreo (medido en mmol/l) como el incremento de carbonato de metal alcalinotérreo del agua de alimentación proporcionada en el paso (a) con respecto a la solución acuosa S2 producida en el paso (e)).

- 45 En el sentido de la presente invención, las expresiones "acidificado" o "ácido" se refieren a la teoría de Bronsted-Lowry, y de esta manera se refiere al proveedor de iones H_3O^+ . Adicionalmente, el valor de pH de un ácido puede ser > 7 , tal como puede estar en el intervalo de > 7 a 7,5, siempre y cuando una base correspondiente adecuada esté disponible para aceptar el ion H_3O^+ como donado por el ácido.

- 50 Para el fin de la presente solicitud, el "valor de pK_a " representa la constante de disociación de ácido asociada con un hidrógeno ionizable determinado en un ácido determinado, y es indicativo del grado natural de disociación de este hidrógeno a partir de este ácido en equilibrio en agua a una temperatura dada. Tales valores de pK_a se pueden encontrar en textos de referencia tales como Harris, D.C. "Quantitative Chemical Analysis: 3ª Edición", 1991, W.H. Freeman & Co. (EE.UU.), ISBN 0-7167-2170-8. El valor de pK_a se puede determinar según métodos de la técnica anterior, los cuales son bien conocidos para el experto en la técnica. El valor de pK_a de un ácido es dependiente de la temperatura, a menos que se establezca expresamente de otro modo los valores de pK_a según la presente invención se refieren a una temperatura de 25°C.

Donde el término "que comprende" se utiliza en la presente descripción y las reivindicaciones, no excluye otros elementos. Para los fines de la presente invención, el término "que consiste en" se considera que es una realización preferida del término "que comprende". Si después en el presente documento se define un grupo que comprende por lo menos un determinado número de realizaciones, éste también se debe entender como que da a conocer un grupo, el cual consiste preferiblemente solo en esas realizaciones.

Donde se utiliza un artículo indefinido o definido cuando se hace referencia a un sustantivo singular, por ejemplo "un", "una", "el/la", este incluye un plural de ese sustantivo a menos que se establezca específicamente algo diferente.

Los términos como "obtenible" o "definible" y "obtenido" o "definido" se utilizan de manera intercambiable. Esto significa por ejemplo que, a menos que el contexto dicte claramente de otro modo, el término "obtenido" no significa que indique que por ejemplo una realización se debe obtener por medio de por ejemplo la secuencia de pasos después del término "obtenido" aunque este entendimiento limitado siempre se incluye mediante los términos "obtenido" o "definido" como una realización preferida.

A continuación, los detalles y realizaciones preferidas del proceso de la invención para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo se describirán con mayor detalle. Se debe entender que esos detalles técnicos y realizaciones también tienen aplicación al proceso de la invención para la mineralización y/o estabilización de agua y uso, en la medida que pueda aplicarse.

El proceso de la presente invención es para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo. En particular, el proceso de la presente invención es para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo el cual es adecuado para la mineralización y/o estabilización de agua.

El término solución "acuosa" se refiere a un sistema, en donde el disolvente acuoso comprende, preferiblemente consiste en, agua. Sin embargo, dicho término no excluye que el disolvente acuoso comprenda cantidades menores de por lo menos un disolvente orgánico miscible en agua seleccionado del grupo que comprende metanol, etanol, acetona, acetonitrilo, tetrahidrofurano y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el disolvente acuoso comprende agua en una cantidad de por lo menos el 80,0% en peso, preferiblemente por lo menos el 90,0% en peso, más preferiblemente por lo menos el 95,0% en peso, incluso más preferiblemente por lo menos el 99,0% en peso, basándose en el peso total del disolvente acuoso. Por ejemplo, el disolvente acuoso consiste en agua.

El término "solución" acuosa en el sentido de la presente invención se refiere a un sistema que comprende un disolvente acuoso y partículas de carbonato de metal alcalinotérreo y/o carbonato ácido de metal alcalinotérreo, en donde las partículas del carbonato de metal alcalinotérreo y/o el carbonato ácido de metal alcalinotérreo se disuelven en el disolvente acuoso. El término "disuelto" en el sentido de la presente invención se refiere a sistemas en los cuales no se observan partículas sólidas discretas en el disolvente acuoso.

El término "por lo menos un" carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el sentido de la presente invención significa que el carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, uno o más carbonato(s) ácido(s) de metal alcalinotérreo.

En una realización de la presente invención, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, un carbonato ácido de metal alcalinotérreo. Alternativamente, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, dos o más carbonatos ácidos de metal alcalinotérreo. Por ejemplo, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, dos carbonatos ácidos de metal alcalinotérreo.

Preferiblemente, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, más preferiblemente consiste en, un carbonato ácido de metal alcalinotérreo.

En una realización de la presente invención, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo se selecciona del grupo que consiste en carbonato ácido de calcio, carbonato ácido de magnesio y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, carbonato ácido de calcio.

Paso a): provisión de agua

Según el paso a) del proceso de la invención, se proporciona agua.

El agua proporcionada en el paso a) se puede derivar de diversas fuentes y se puede seleccionar de entre agua destilada, agua del grifo, agua industrial, agua desalinizada tal como agua de mar desalinizada, agua salobre, agua residual tratada, agua tratada a través de ósmosis inversa, o agua naturalmente blanda, tal como agua subterránea, agua superficial o agua de lluvia. También puede contener entre 10 y 2000 mg/l de NaCl. Preferiblemente, el agua proporcionada en el paso a) es agua desalinizada, por ejemplo, permeado o destilado obtenido de un proceso de desalinización.

En una realización del proceso de la invención, el agua proporcionada en el paso a) es agua que va a ser mineralizada. Es decir, el agua proporcionada en el paso a) es agua que no contiene minerales o alcalinidad en absoluto o los contiene en cantidades insuficientes.

El agua proporcionada en el paso a) puede ser pretratada. Un pretratamiento puede ser necesario, por ejemplo, en caso de que el agua se derive de agua superficial, agua subterránea o agua de lluvia. Por ejemplo, para cumplir con las directrices del agua potable el agua necesita ser tratada a través del uso de técnicas químicas o físicas con el propósito de retirar contaminantes tales como materiales orgánicos y minerales no deseables. Por ejemplo, la ozonización se puede utilizar como un primer paso de pretratamiento, seguido luego por la coagulación, floculación o decantación como segundo paso de tratamiento. Por ejemplo, sales de hierro (III), tales como FeClSO_4 o FeCl_3 , o sales de aluminio tales como AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o polialuminio se pueden utilizar como agentes de floculación. Los materiales floculados pueden ser retirados del agua, por ejemplo, por medio de filtros de arena o filtros de múltiples capas. Se describen procesos de purificación de agua adicionales que se pueden utilizar para pretratar el agua, por ejemplo, en los documentos EP 1 975 310, EP 1 982 759, EP 1 974 807 o EP 1 974 806.

Si se proporciona agua de mar o agua salobre en el paso a), el agua de mar o el agua salobre se bombea en primer lugar del mar por medio de tomas oceánicas o tomas subsuperficiales, tales como pozos, y luego se somete a pretratamientos físicos, tales como tamizado, sedimentación o procesos de retirada de arena. Dependiendo de la calidad requerida del agua, pueden ser necesarios pasos de tratamiento adicionales, tales como coagulación y floculación con el propósito de reducir el ensuciamiento potencial de las membranas. El agua de mar o el agua salobre pretratada entonces se puede destilar, por ejemplo, utilizando evaporación instantánea de múltiples etapas, destilación de múltiple efecto, o filtración por membranas tal como nanofiltración u ósmosis inversa, para retirar las partículas restantes y sustancias disueltas.

Se debe tener en cuenta que el agua proporcionada en el paso a) se proporciona preferiblemente en un flujo de proceso principal (17) y en por lo menos una corriente secundaria (15).

Es decir, una parte del agua proporcionada en el paso a) forma el flujo de proceso principal (17) y la parte restante del agua se convierte en la por lo menos una corriente secundaria (15). De esta manera, el flujo de proceso principal (17) y la por lo menos una corriente secundaria (15) se conectan entre sí, preferiblemente de hecho que la por lo menos una corriente secundaria (15) se conecta al flujo de proceso principal (17) por su entrada y salida.

En una realización, la por lo menos una corriente secundaria (15) puede comprender una ramificación principal de la corriente secundaria (15a) y una o más ramificaciones secundarias de la corriente secundaria (15b). Por ejemplo, la por lo menos una corriente secundaria (15) puede ramificarse en una ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) que proporciona agua para la preparación de la suspensión acuosa S1 y una ramificación principal de la corriente secundaria (15a) que proporciona agua para diluir la suspensión acuosa S1 preparada en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b). En otras palabras, la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) proporciona agua para la suspensión acuosa S1, mientras que la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) proporciona agua directamente en el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

El término "por lo menos una" corriente secundaria significa que uno o más flujos de proceso secundarios se pueden proporcionar en el proceso de la invención.

En una realización de la presente invención, el proceso comprende, preferiblemente consiste en, el flujo de proceso principal (17) y una corriente secundaria (15). Alternativamente, el proceso comprende, preferiblemente consiste en, el flujo de proceso principal (17) y dos o más corrientes secundarias (15a), (15b), etc. Preferiblemente, el proceso comprende, más preferiblemente consiste en, el flujo de proceso principal (17) y una corriente secundaria (15).

Alternativamente, el agua proporcionada en el paso a) se proporciona en el flujo de proceso principal (17) únicamente. Es decir, este proceso no comprende por lo menos una corriente secundaria. De esta manera, en una realización el proceso comprende, preferiblemente consiste en, el flujo de proceso principal (17).

En una realización, el flujo de proceso principal (17) puede comprender una ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) y una o más ramificaciones secundarias del flujo de proceso principal (17b). Por ejemplo, el por lo menos un flujo de proceso principal (17) puede ser ramificado en una ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b) que proporciona agua para la preparación de la suspensión acuosa S1 y una ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) que proporciona agua para diluir la suspensión acuosa S1 preparada en la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b). En otras palabras, la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b) proporciona agua para la suspensión acuosa S1, mientras que la ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) proporciona agua directamente en el recipiente, preferiblemente el tanque del reactor (1).

Se debe tener en cuenta que una ramificación secundaria se considera ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si la ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) y una o más de las ramificaciones secundarias se fusionan conjuntamente antes de que la suspensión acuosa S1 sea dirigida dentro del recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1). Es decir, la suspensión acuosa S1 se prepara en la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b) y luego se dirige dentro de la ramificación principal del flujo de proceso principal (17a), por ejemplo para diluir la suspensión acuosa S1, y luego la suspensión acuosa diluida S1 se dirige a través de

la ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) dentro del recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

- 5 Una corriente secundaria (15) se considera como corriente secundaria (15) si una o más de las corrientes secundarias (15) y el flujo de proceso principal (17) se fusionan conjuntamente después de que la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo se libera del recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

Paso b): Provisión de por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo

Según el paso b) del proceso de la invención, se proporciona por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.

- 10 El término "por lo menos un" material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el sentido de la presente invención significa que el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, uno o más material(es) que comprende(n) carbonato de metal alcalinotérreo.

- 15 En una realización de la presente invención, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo. Alternativamente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, dos o más materiales que comprenden carbonato de metal alcalinotérreo. Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, dos o tres materiales que comprenden carbonato de metal alcalinotérreo, más preferiblemente dos materiales que comprenden carbonato de metal alcalinotérreo.

- 20 Preferiblemente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, más preferiblemente consiste en, un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.

Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, más preferiblemente consiste en, un material que comprende carbonato de calcio.

- 25 Según una realización del proceso de la invención, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se selecciona del grupo que consiste en carbonato de calcio precipitado, carbonato de calcio modificado, carbonato de calcio molido y mezclas de los mismos.

Preferiblemente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, es carbonato de calcio molido.

- 30 "Carbonato de calcio molido (GCC, por sus siglas en inglés)" en el sentido de la presente invención es un carbonato de calcio obtenido de fuentes naturales que incluyen mármol, creta o piedra caliza, y procesado a través de un tratamiento tal como molienda, tamizado y/o fraccionamiento en húmedo y/o en seco, por ejemplo, por un ciclón.

- 35 "Carbonato de calcio precipitado (PCC, por sus siglas en inglés)" en el sentido de la presente invención es un material sintetizado, obtenido generalmente por precipitación tras la reacción de dióxido de carbono y cal en un entorno acuoso o por precipitación de una fuente de calcio y carbonato en agua o por precipitación de iones de calcio y carbonato, por ejemplo, CaCl_2 y Na_2CO_3 , fuera de la solución. El carbonato de calcio precipitado existe en tres formas cristalinas principales: calcita, aragonita y vaterita, y existen muchos polimorfos diferentes (hábitos cristalinos) para cada una de esas formas cristalinas. La calcita tiene una estructura trigonal con hábitos cristalinos típicos tales como escalenoédrico (S-PCC), romboédrico (R-PCC), prismático hexagonal, pinacoidal, coloidal (C-PCC), cúbico y prismático (P-PCC). La aragonita es una estructura ortorrómbica con hábitos cristalinos típicos de cristales prismáticos hexagonales pareados, así como también un surtido diverso de cristales prismáticos alargados delgados, de paletas curvadas, piramidales inclinados, en forma de cincel, formas de árbol ramificante y similares a corales o gusanos.

- 45 "Carbonato de calcio modificado" en el sentido de la presente invención es un carbonato de calcio natural hecho reaccionar en la superficie que se obtiene mediante un proceso donde carbonato de calcio natural se hace reaccionar con uno o más donadores de iones H_3O^+ que tienen un valor de pK_a a 25°C de 2,5 o menos y con CO_2 gaseoso formado *in situ* y/o que viene de un suministro externo, y opcionalmente en presencia de por lo menos un silicato de aluminio y/o por lo menos un sílice sintético y/o por lo menos un silicato de calcio y/o por lo menos un silicato de una sal monovalente tal como silicato de sodio y/o silicato de potasio y/o silicato de litio, y/o por lo menos un hidróxido de aluminio y/o por lo menos un silicato de sodio y/o potasio. Se dan a conocer detalles adicionales acerca de la preparación del carbonato de calcio natural hecho reaccionar en la superficie en los documentos WO 00/39222, WO 2004/083316 y US 2004/0020410 A1, incluyéndose los contenidos de estas referencias en la presente solicitud de patente.

El material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, es preferiblemente un carbonato de calcio molido (GCC).

Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se selecciona del grupo que comprende mármol, piedra caliza, creta, cal semi-quemada, cal quemada, piedra caliza dolomítica, dolomita calcárea, dolomita semi-quemada, dolomita quemada y carbonatos de metal alcalinotérreo precipitados tal como carbonato de calcio precipitado, por ejemplo de estructura cristalina mineral calcítica, aragonítica y/o vaterítica, por ejemplo del desendurecimiento de agua mediante la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El uso de mármol, piedra caliza y/o creta se prefiere debido a que son minerales de origen natural y la turbidez de la calidad final del agua potable se garantiza mediante el uso de una solución acuosa transparente que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo que se produce utilizando esos minerales de origen natural. Los depósitos naturales de mármol contienen principalmente impurezas de silicato insolubles en ácido. Sin embargo, tales silicatos algunas veces coloreados, insolubles en ácido no afectan a la calidad final del agua con respecto a la turbidez cuando se utiliza el producto que se prepara mediante el proceso de la invención.

De esta manera, se prefiere que el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, sea carbonato de calcio molido (GCC) que se selecciona del grupo que consiste en mármol, piedra caliza, creta y mezclas de los mismos.

Según una realización de la presente invención, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende, preferiblemente consiste en, partículas que consisten en carbonato de metal alcalinotérreo en una cantidad del $\geq 40,0\%$ en peso, preferiblemente del $90,0\%$ en peso, más preferiblemente del $\geq 95,0\%$ en peso y lo más preferiblemente del $\geq 97,0\%$ en peso, basándose en el peso en seco total del por lo menos un material que comprende por lo menos carbonato de metal alcalinotérreo.

Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de calcio comprende, preferiblemente consiste en, partículas que consisten en carbonato de calcio en una cantidad del $\geq 40,0\%$ en peso, preferiblemente del $90,0\%$ en peso, más preferiblemente del $\geq 95,0\%$ en peso y lo más preferiblemente del $\geq 97,0\%$ en peso, basándose en el peso en seco total del por lo menos un material que comprende carbonato de calcio.

Se prefiere además que el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) sea un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo micronizado, preferiblemente un material que comprende carbonato de calcio.

Para el fin de la presente invención, el término "micronizado" se refiere a un tamaño de partícula en el intervalo micrométrico, por ejemplo, un tamaño de partícula de $0,1$ a $50,0 \mu\text{m}$. Las partículas micronizadas se pueden obtener mediante técnicas basadas en la fricción y/o el impacto, por ejemplo, molienda o trituración ya sea bajo condiciones húmedas o secas. Sin embargo, también es posible producir las partículas micronizadas por cualquier otro método adecuado, por ejemplo, mediante precipitación, expansión rápida de soluciones supercríticas, secado por pulverización, clasificación o fraccionamiento de arenas o lodos de origen natural, filtración de agua, procesos de sol-gel, síntesis de reacción de pulverización, síntesis por medio de llamas o síntesis de espuma líquida.

Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, tiene un tamaño de partícula medio en peso d_{50} de $0,1$ a $50,0 \mu\text{m}$, preferiblemente de $0,2$ a $25,0 \mu\text{m}$, más preferiblemente de $0,3$ a $10,0 \mu\text{m}$ y lo más preferiblemente de $0,5$ a $5,0 \mu\text{m}$.

A lo largo del presente documento, el "tamaño de partícula" de un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo y otros materiales se describe por medio de su distribución de tamaños de partícula.

En este documento, el valor d_x representa el diámetro en relación al cual el $x\%$ en peso de las partículas tienen diámetros menores que d_x . Esto significa que, por ejemplo, el valor d_{20} es el tamaño de partícula en el cual el 20% en peso de todas las partículas son más pequeñas que ese tamaño de partícula. El valor d_{50} es de esta manera el tamaño de partícula medio en peso, es decir el 50% en peso de todos los granos son más grandes y el 50% en peso restante son más pequeños que este tamaño de partícula. Para el fin de la presente invención el tamaño de partícula se especifica como tamaño de partícula medio en peso d_{50} a menos que se indique de otro modo. El valor d_{98} es el tamaño de partícula en el cual el 98% en peso de todas las partículas son más pequeñas que ese tamaño de partícula. Los tamaños de partícula se determinaron utilizando un instrumento Sedigraph™ 5100 o 5120 de Micromeritics Instrument Corporation. El método y el instrumento son conocidos para el experto en la técnica y se utilizan comúnmente para determinar el tamaño de partícula de cargas y pigmentos. Las mediciones se llevaron a cabo en una solución acuosa del $0,1\%$ en peso de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Las muestras se dispersaron utilizando un agitador de alta velocidad y se sonicaron.

En una realización de la presente invención, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, tiene un área superficial específica BET de $0,01$ a $200,0 \text{ m}^2/\text{g}$, y preferiblemente de $1,0$ a $100,0 \text{ m}^2/\text{g}$, medida por medio de la adsorción de nitrógeno gaseoso utilizando la isoterma de BET (ISO 9277:2010).

Adicional o alternativamente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, puede comprender un contenido insoluble de HCl

del 0,02 al 50,0% en peso, del 0,03 al 25,0% en peso o del 0,05 al 10,0% en peso, basándose en el peso total del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. Preferiblemente, el contenido insoluble de HCl del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo no excede el 1,0% en peso, basándose en el peso total del carbonato de calcio. El contenido insoluble de HCl puede ser, por ejemplo, minerales tales como cuarzo, silicato o mica.

El por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se proporciona en forma seca o en forma acuosa.

Si el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se agrega en forma seca, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, puede estar en forma de un polvo o en forma granular.

El término "seco" con respecto al por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se entiende que es un material que tiene menos del 0,3% en peso de agua en relación con el peso del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo. El % de agua se determina según el método de medición coulométrico de Karl Fischer, en donde el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo se calienta hasta 220°C, y el contenido de agua liberada como vapor y aislada utilizando una corriente de nitrógeno gaseoso (a 100 ml/minuto) se determina en una unidad coulométrica de Karl Fischer.

Si el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se proporciona en forma seca, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo seco se puede dosificar en un sistema de elaboración de suspensión espesa, el cual luego se combina con el agua en el paso d). Alternativamente, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo seco se combina con el agua en el paso d). Por ejemplo, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo seco se combina con el agua en un recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor (1), o de hecho el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo seco se dosifica en una corriente del agua.

Si el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se agrega en forma acuosa, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, agregado en el paso d) está en forma de suspensión acuosa que tiene un contenido de sólidos en el intervalo del 0,01 al 20,0% en peso, más preferiblemente en el intervalo de 1,0 a 15,0% en peso y lo más preferiblemente en el intervalo del 2,0 al 10,0% en peso, basándose en el peso total de la suspensión. Esta suspensión espesa se genera preferiblemente en el sitio utilizando una suspensión espesa altamente concentrada sin utilizar ningún agente de dispersión que tenga por ejemplo un contenido de sólidos entre el 30,0 y el 60,0% en peso, tal como aproximadamente el 40% en peso o utilizando el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, en forma sólida, por ejemplo, como polvo o en forma de gránulos.

Para el fin de la presente invención, una "suspensión" o "suspensión espesa" se refiere a un sistema que comprende disolvente, es decir un disolvente acuoso, y partículas de material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo y/o carbonato ácido de metal alcalinotérreo, en donde por lo menos una parte de las partículas del material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo y/o carbonato ácido de metal alcalinotérreo están presentes como sólidos insolubles en el disolvente acuoso. Dicho término no excluye que una parte del material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo y/o partículas de carbonato ácido de metal alcalinotérreo estén disueltas en el disolvente acuoso.

Además del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, puede comprender minerales micronizados adicionales. Según una realización, la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, puede comprender carbonato de calcio y magnesio micronizado, por ejemplo piedra caliza dolomítica, dolomita calcárea o dolomita semi-quemada, óxido de magnesio tal como dolomita quemada, sulfato de magnesio, carbonato ácido de potasio, carbonato ácido de sodio y/u otros minerales que contienen elementos traza esenciales.

Por ejemplo, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se proporciona en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta a un envase (14) adecuado para la preparación de una suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. Preferiblemente, el envase (14) se conecta con la corriente secundaria (15) o, si la corriente secundaria comprende una ramificación secundaria, el envase (14) se conecta preferiblemente con la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) de tal manera que el agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) se utiliza para la preparación de la suspensión que comprende por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende

carbonato de calcio. La suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, (16) luego se transfiere preferiblemente a un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1), para llevar a cabo el paso de proceso c). Si la corriente secundaria (15) comprende una ramificación secundaria, la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, preparado en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) también se puede dirigir en la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) en primer lugar y la suspensión diluida que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, obtenido en la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) luego se transfiere al recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1), para llevar a cabo el paso de proceso c). De esta manera, el tanque de almacenamiento (13) y el envase (14) pueden ser parte de la corriente secundaria (15).

En una realización, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo se puede combinar con el agua en un recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor (1). Es decir, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se puede proporcionar en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta directamente a un recipiente, preferiblemente al tanque de reactor (1).

El por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, por ejemplo, el material que comprende carbonato de calcio, se dosifica preferiblemente a través de una unidad de dosificación (25) en una corriente de agua o directamente en un tanque. La unidad de dosificación (25) puede ser cualquier clase de unidad de dosificación conocida para el experto en la técnica y utilizada normalmente para dosificar materiales que comprenden carbonato de metal alcalinotérreo.

En una realización alternativa, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio se proporciona en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta directamente a la corriente secundaria (15) o, si la corriente secundaria comprende una ramificación secundaria, el tanque de almacenamiento (13) se conecta directamente a la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) de tal manera que el agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) se utilice para la preparación de la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. En esta realización, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se dosifica directamente de esta manera en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), por ejemplo antes de que la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, (16) sea transferido a un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1) para llevar a cabo el paso de proceso c). Alternativamente, si la corriente secundaria (15) comprende una ramificación secundaria, la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, preparado en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) también se puede dirigir dentro de la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) en primer lugar y la suspensión diluida que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, obtenido en la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) luego se transfiere al recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1) para llevar a cabo el paso de proceso c).

Si el proceso consiste en el flujo de proceso principal (17), es decir no comprende por lo menos una corriente secundaria (15), el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se proporciona en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta preferiblemente a un envase (14) adecuado para la preparación de una suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. Preferiblemente, el envase (14) se conecta con el flujo de proceso principal (17) de tal manera que el agua proporcionada en el flujo de proceso principal (17) se utilice para la preparación de la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. La suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, (16) luego se transfiere preferiblemente a un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1) para llevar a cabo el paso de proceso c).

En una realización, el material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo se puede combinar con el agua del flujo de proceso principal (17) en un recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor (1). Es decir, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se puede proporcionar en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta directamente a un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1).

En una realización alternativa, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se proporciona en un tanque de almacenamiento (13), el cual se conecta directamente al flujo de proceso principal (17) de tal manera que el agua

proporcionada en el flujo de proceso principal (17) se utilice para la preparación de la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio. En esta realización, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b), preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, se dosifica directamente de esta manera en el flujo de proceso principal (17), por ejemplo antes de que la suspensión que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, preferiblemente el material que comprende carbonato de calcio, (16) sea transferido a un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1) para llevar a cabo el paso de proceso c).

Si el flujo de proceso principal (17) comprende una o más ramificaciones secundarias, el material que comprende carbonato de calcio, puede ser dosificado directamente en la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b) o el envase (14) se puede conectar con la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b).

Paso c): Provisión de CO₂ o un ácido

Según el paso c) del proceso de la invención, se proporciona CO₂ o un ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$.

Preferiblemente, el valor de $pK_a < 5$ se determina a 25°C.

El dióxido de carbono utilizado se selecciona de entre dióxido de carbono gaseoso, dióxido de carbono líquido, dióxido de carbono sólido y una mezcla gaseosa de dióxido de carbono y otros gases tales como dióxido de carbono que contiene gases de escape evacuados de procesos industriales como procesos de combustión o procesos de calcinación o similares. Preferiblemente, el dióxido de carbono es dióxido de carbono gaseoso. Cuando se utiliza una mezcla gaseosa de dióxido de carbono y otros gases, entonces el dióxido de carbono está presente en el intervalo del 90,0 a aproximadamente el 99,0% en volumen, y preferiblemente en el intervalo del 95,0 al 99,0% en volumen, basándose en el volumen total de la mezcla gaseosa. Por ejemplo, el dióxido de carbono está presente en una cantidad de por lo menos 97,0% en volumen, basándose en el volumen total de la mezcla gaseosa.

El ácido utilizado en el proceso de la invención es preferiblemente un ácido que tiene un valor de $pK_a < 4$ a 25°C. Por ejemplo, el ácido del paso c) se selecciona del grupo que consiste en ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico o ácido cítrico y mezclas de los mismos. En una realización, el ácido se seleccionará entre los ácidos con un valor de pK_a más bajo que o igual a cero a 25°C y más particularmente se seleccionarán de ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o mezclas de los mismos. Alternativamente, el ácido puede ser una sal que tiene un pH ácido, tal como sales ácidas de metales alcalinos, por ejemplo, NaHSO₄ y/o KHSO₄.

Preferiblemente, se proporciona CO₂ en el paso c).

En una realización, el CO₂ o un ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ se dosifica en el recipiente (1). Preferiblemente, el recipiente (1) se conecta a una corriente de aire de recirculación (5). Por ejemplo, la corriente de aire de recirculación (5) se dispone de tal manera que la corriente de aire sea recirculada en una dirección del fondo a la parte superior del recipiente (1). En una realización, el CO₂ o un ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ del paso c) se inyecta en la corriente de aire de recirculación (5). Es decir, el CO₂ o un ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ del paso c) se agrega al aire o fluido de proceso de la corriente de aire de recirculación (5).

Paso d): combinación del agua con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo y el CO₂ o ácido

Según el paso d) del proceso de la invención, el agua del paso a) se combina con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO₂ o ácido del paso c) en cualquier orden.

La combinación del agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO₂ o ácido del paso c) según el paso de proceso d) se puede realizar por cualquier medio convencional conocido por el experto en la técnica. Preferiblemente, la combinación se puede llevar a cabo bajo condiciones de mezcla y/u homogeneización. El experto en la técnica adaptará esas condiciones de mezcla y/u homogeneización, tal como la velocidad y la temperatura de la mezcla según su equipo de proceso.

Por ejemplo, la combinación se puede llevar a cabo en un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1). Estos tanques son bien conocidos por el experto en la técnica y están disponibles de una amplia variedad de proveedores.

En particular, el agua del paso a) se combina con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO₂ o ácido del paso c) en cualquier orden tal como para obtener una suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo.

Se aprecia que el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se pueda agregar al agua proporcionada en el flujo de proceso principal (17) o una ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b) si el proceso consiste en el flujo de proceso principal (17). Alternativamente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega al agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o una ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b). De esta manera, si el proceso

- comprende una corriente secundaria (15), el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega preferiblemente al agua proporcionada en la corriente secundaria (15). Si la corriente secundaria (15) comprende una ramificación secundaria, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega preferiblemente al agua proporcionada en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b). Si el flujo de proceso principal (17) comprende una ramificación secundaria, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega preferiblemente al agua proporcionada en la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b).
- Preferiblemente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega al agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), de tal manera que se obtenga una suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.
- La suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo obtenido en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), preferiblemente tiene un contenido de sólidos en el intervalo del 0,01 al 20,0% en peso, más preferiblemente en el intervalo del 1,0 al 15,0% en peso y lo más preferiblemente en el intervalo del 2,0 al 10,0% en peso, basándose en el peso total de la suspensión.
- El dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se puede inyectar en la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo obtenido en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), a una velocidad controlada, formando una dispersión de burbujas de dióxido de carbono en la corriente y permitiendo que las burbujas se disuelvan en la misma. Por ejemplo, el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se inyecta en el agua de tal manera que la concentración de dióxido de carbono en el agua sea de 10 a 1500 mg/l y preferiblemente de 50 a 500 mg/l según la concentración de CO_2 de inicio, con el propósito de alcanzar un valor de pH objetivo final (CO_2 en exceso) y una concentración de calcio objetivo final ($CaCO_3$ agregado).
- Según una realización del presente proceso, el paso de proceso d) comprende de esta manera los pasos de:
- ii1) combinar el agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), y
 - ii2) combinar la mezcla del paso ii1) con el CO_2 o ácido del paso c).
- En esta realización, la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo obtenido en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), se transfiere preferiblemente (16) a un recipiente, más preferiblemente a un tanque de reactor (1), dentro del cual se inyecta el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C). Más preferiblemente, el CO_2 o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ del paso c) se inyecta en el recipiente (1) a través de la corriente de aire de recirculación (5). De esta manera, el CO_2 o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ del paso c) se agrega preferiblemente al aire o fluido de proceso de la corriente de aire de recirculación (5).
- Alternativamente, el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se agrega al agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), de tal manera que se ajuste un valor de pH en el intervalo de 2,5 a 7,5. Preferiblemente, el valor de pH se ajusta al intervalo de 3,0 a 7,0 y preferiblemente al intervalo de 4,0 a 5,0.
- La adición de dióxido de carbono o un ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) al agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), da como resultado de esta manera agua acidificada.
- El dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se puede inyectar en el agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), a una velocidad controlada, formando una dispersión de burbujas de dióxido de carbono en la corriente y permitiendo que las burbujas se disuelvan

en la misma. Por ejemplo, el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se inyecta en el agua de tal manera que la concentración de dióxido de carbono en el agua sea de 10 a 1500 mg/l y preferiblemente de 50 a 500 mg/l según la concentración de CO_2 de inicio, con el propósito de alcanzar un valor de pH objetivo final (CO_2 en exceso) y una concentración de calcio objetivo final ($CaCO_3$ agregado).

- 5 La cantidad de dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) que se inyecta en el agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), dependerá de la cantidad de dióxido de carbono que ya está presente en el agua proporcionada en la corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b). La cantidad de dióxido de carbono que ya está presente en el agua, a su vez, dependerá, por ejemplo, del tratamiento corriente arriba del agua. El agua, por ejemplo, que ha sido desalinizada por medio de la evaporación instantánea contendrá otra cantidad de dióxido de carbono, y de esta manera otro pH, que el agua que ha sido desalinizada mediante ósmosis inversa. El agua, por ejemplo, que ha sido desalinizada mediante ósmosis inversa puede tener un pH de aproximadamente 5,3 y una cantidad de CO_2 de aproximadamente 10 mg/l.

Por consiguiente, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) en forma seca o en forma de una suspensión acuosa se inyecta en el agua acidificada.

De esta manera, en esta realización, el paso de proceso d) comprende los pasos de

- 20 i1) combinar el agua del paso a) con el CO_2 o ácido del paso c), y
i2) combinar la mezcla del paso i1) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b).

En esta realización, el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se agrega de esta manera al agua proporcionada en una corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), y el agua acidificada obtenida se transfiere al recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1). Adicionalmente, la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo obtenido en una corriente secundaria (15) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), si la corriente secundaria comprende ramificaciones secundarias, o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), también se transfiere (16) al recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), tal como para combinar el agua acidificada con la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.

Preferiblemente, el paso de proceso d) se lleva a cabo al

- 35 ii1) combinar el agua del paso a) con por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), y
ii2) combinar la mezcla del paso ii1) con el CO_2 o ácido del paso c).

En una realización del proceso de la invención, el paso d) se lleva a cabo preferiblemente a una temperatura que varía de 5 a 55°C, más preferiblemente de 15 a 30°C para garantizar una combinación suficiente del agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO_2 o ácido del paso c).

Se aprecia que la velocidad de disolución del carbonato de metal alcalinotérreo en la fase líquida, es decir agua, de la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo para obtener la solución S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo depende de la cantidad de dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ dosificado pero también de la temperatura, pH, presión, concentración inicial de carbonato de metal alcalinotérreo en la suspensión así como también la velocidad de dosificación a la cual el dióxido de carbono o ácido que tiene un valor de $pK_a < 5$ (a 25°C) se introduce en la suspensión acuosa que comprende el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo.

Se prefiere que la concentración de dióxido de carbono en la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) esté en el intervalo de 10 a 1500 mg/l, más preferiblemente de 20 a 1000 mg/l y lo más preferiblemente de 50 a 400 mg/l.

Adicional o alternativamente, la cantidad de CO_2 utilizado, en mol, para producir 1 mol del por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) está en el intervalo de 1,0 a 6,0 mol, preferiblemente en el intervalo de 1,0 a 3,0 mol, y lo más preferiblemente en el intervalo de 1,0 a 2,0 mol.

Se debe tener en cuenta que la clase del por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en la suspensión acuosa obtenida en el paso d) depende del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo proporcionado en el paso b) del proceso de la invención. De esta manera, si el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo comprende un material que comprende carbonato de calcio, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) comprende carbonato ácido de calcio. Alternativamente, si el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo consiste en carbonato de calcio, el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) consiste en carbonato ácido de calcio.

Se aprecia que la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) tiene preferiblemente una concentración de metal alcalinotérreo como carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 20 a 1000 mg/l, preferiblemente en el intervalo de 50 a 600 mg/l y lo más preferiblemente de 80 a 400 mg/l. En una realización del proceso de la invención, la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) que es carbonato ácido de calcio tiene una concentración de metal calcio como carbonato ácido de calcio en el intervalo de 20 a 1000 mg/l, preferiblemente en el intervalo de 50 a 600 mg/l y lo más preferiblemente de 80 a 400 mg/l.

Como se mencionó anteriormente, en el paso d) se obtiene una suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo.

La suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) comprende además partículas sólidas no disueltas del por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo, y de esta manera la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo se somete a un paso de filtración e).

En vista de esto, la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) preferiblemente tiene un valor de turbidez mayor de 10 NTU, más preferiblemente la suspensión acuosa S1 comprende sólidos visibles, es decir está opaca.

La "turbidez" en el sentido de la presente invención describe la nubosidad o brumosidad de un fluido provocada por partículas individuales (sólidos suspendidos) que son invisibles generalmente a simple vista. La medición de turbidez es una prueba clave de la calidad del agua y se puede llevar a cabo con un nefelómetro. Las unidades de turbidez de un nefelómetro calibrado tal como se utiliza en la presente invención se especifican como Unidades de Turbidez Nefelométricas (NTU, por sus siglas en inglés).

En una realización de la presente invención, la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) preferiblemente tiene un contenido de sólidos en el intervalo del 0,01 al 10,0% en peso, más preferiblemente en el intervalo del 0,5 al 10,0% en peso y lo más preferiblemente en el intervalo del 1,2 al 8,0% en peso, basándose en el peso total de la suspensión acuosa S1.

Paso e): filtración de por lo menos una parte de la suspensión acuosa S1

Según el paso e) del proceso de la invención, por lo menos una parte de la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) se filtra al pasar la suspensión acuosa S1 a través de por lo menos un módulo de membrana sumergida con el propósito de obtener una solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo.

El paso de filtración e) se lleva a cabo preferiblemente en un recipiente, preferiblemente un tanque de reactor (1).

En una realización del proceso de la invención, el paso e) se lleva a cabo preferiblemente a una temperatura que varía de 5 a 55°C, más preferiblemente de 15 a 45°C para garantizar una combinación suficiente del agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO₂ o ácido del paso c).

Se aprecia que los pasos de proceso d) y e) se pueden llevar a cabo por separado o simultáneamente, es decir en diferentes recipientes o el mismo recipiente. De esta manera, los pasos de proceso d) y e) se pueden llevar a cabo en uno o más recipientes.

Por ejemplo, si los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en diferentes recipientes, es decir por separado, los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en dos o más recipientes, preferiblemente dos recipientes. En esta realización, se aprecia que el paso de proceso e) se lleva a cabo después del paso de proceso d).

Alternativamente, los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en el mismo recipiente. En esta realización, se aprecia que los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo simultáneamente.

En vista del consumo global disminuido de energía y la rentabilidad más alta, se prefiere que los pasos de proceso d) y e) se lleven a cabo en el mismo recipiente, es decir simultáneamente, preferiblemente en un tanque de reactor (1).

Si los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo simultáneamente, los pasos d) y e) se llevan a cabo preferiblemente a una temperatura que varía de 5 a 55°C, más preferiblemente de 15 a 45°C.

Un requisito específico del proceso de la invención es que por lo menos una parte de la suspensión acuosa S1 sea filtrada a través de por lo menos un módulo de membrana sumergida (2). Preferiblemente, la cantidad total de la suspensión acuosa S1 se filtra a través de por lo menos un módulo de membrana sumergida (2).

5 El por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) está ubicado de esta manera en un recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor (1).

El por lo menos un módulo de membrana sumergida puede ser cualquier clase de módulo de membrana sumergida conocido para el experto en la técnica y utilizado normalmente para filtrar sedimentos fangosos y suspensiones acuosas que comprenden minerales, pigmentos y/o cargas. Por ejemplo, se puede utilizar un módulo de membrana sumergida de Toray Industries, Inc.

10 El por lo menos un módulo de membrana sumergida (2), es decir la membrana, tiene preferiblemente un tamaño de poro de $< 1 \mu\text{m}$, y más preferiblemente $< 0,1 \mu\text{m}$, por ejemplo de $0,04$ a $0,9 \mu\text{m}$ tal como aproximadamente $0,04 \mu\text{m}$ o $0,08 \mu\text{m}$. La membrana del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) puede ser preferiblemente de cerámica, polímero u otro material sintético. Por ejemplo, el por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) comprende una membrana la cual está hecha de un material seleccionado del grupo que comprende material sinterizado, porcelana porosa, polímeros sintéticos, como polietileno, polipropileno, polietilensulfona, fluoruro de polivinilideno (PVDF) o Teflon®, y mezclas de los mismos. En una realización, el por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) comprende además fibras o una tela no tejida, tales como fibras o una tela no tejida hecha de un material seleccionado del grupo que comprende polímeros sintéticos, como polietileno, polipropileno, poliéster o, y mezclas de los mismos.

20 Se aprecia que el número del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) depende del tamaño de la instalación. El experto en la técnica puede adaptar este número de módulos de membrana sumergida al tamaño de proceso específico utilizado.

25 El por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) tiene preferiblemente un flujo alto, es decir un caudal alto por unidad de área de membrana y tiempo (flujo = $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$). Por ejemplo, el por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) tiene un flujo de $\geq 10 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, preferiblemente en el intervalo de 20 a $100 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, y lo más preferiblemente en el intervalo de 40 a $100 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

30 Se prefiere que el por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) se disponga de tal manera que el aire o fluido de proceso sea recirculado (5) a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida. Esto tiene la ventaja de que el CO_2 puede ser introducido eficientemente en el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), para mejorar la eficiencia de formación de la suspensión acuosa S1 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo. Adicionalmente, esta disposición puede dar como resultado una limpieza del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) por la aireación de flujo cruzado la cual puede reducir el ensuciamiento del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2). Adicionalmente, esta disposición tiene el beneficio de mantenimiento de una suspensión homogénea y prevención del asentamiento de partículas no disueltas.

40 En una realización, el aire o fluido de proceso es recirculado (5) a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) en una dirección del fondo a la parte superior del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) y/o el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), preferiblemente el por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) y el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

Se aprecia que el CO_2 o el ácido del paso c) (4) se agrega preferiblemente al aire o fluido de proceso el cual es recirculado (5) a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2).

45 Si el aire o fluido de proceso es recirculado a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida, se prefiere que el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), esté sellado y el aire en la parte superior del recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), se utilice como alimentación y se reintroduzca (5) al fondo del recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

50 De esta manera, los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo preferiblemente en el mismo recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), y el aire o fluido de proceso es recirculado (5) a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) en una dirección del fondo a la parte superior del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) y el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1). Más preferiblemente, los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en el mismo recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), y el CO_2 o ácido del paso c) (4) se agrega al aire o fluido de proceso el cual es recirculado (5) a través de por lo menos una parte de la superficie del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) y el recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1).

Se aprecia que la corriente de aire de recirculación (5) es independiente preferiblemente de la corriente secundaria (15) o el flujo de proceso principal (17), si el proceso no comprende una corriente secundaria (15), es decir la entrada

y la salida de la corriente de aire de recirculación (5) se conectan al recipiente, preferiblemente el tanque de reactor (1), en posiciones que difieren de la entrada y salida de la corriente secundaria (15) o la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) o la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b) o el flujo de proceso principal (17) o la ramificación principal del flujo de proceso principal (17a) o la ramificación secundaria del flujo de proceso principal (17b).

Además de la limpieza descrita anteriormente, el proceso puede comprender un paso de limpieza del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2).

Por ejemplo, el proceso de la invención comprende un paso adicional f) de lavado posterior del por lo menos un módulo de membrana sumergida.

El término "lavado posterior" en el sentido de la presente invención se refiere a la adición de agua y/o productos químicos desde el otro lado del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2), es decir desde el lado del permeado al lado de la alimentación del por lo menos un módulo de membrana sumergida y/o el recipiente, para la limpieza del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2).

Por ejemplo, el lavado posterior del por lo menos un módulo de membrana sumergida (2) se lleva a cabo con agua. Si el proceso de la invención comprende un paso adicional f) de lavado posterior de la por lo menos una membrana sumergida (2) con agua, el lavado posterior se puede realizar cada de 5 a 60 minutos, por ejemplo, cada de 10 a 15 minutos.

Adicionalmente, el CO_2 o un ácido que tiene un valor de $\text{pK}_a < 5$ (a 25°C) se puede agregar al agua. En esta realización, el lavado posterior se puede realizar una o dos veces a la semana.

Se aprecia que el presente proceso se puede llevar a cabo en forma de un proceso discontinuo, un proceso semicontinuo o continuo.

La frase "proceso semi-continuo" en el sentido de la presente solicitud se refiere a por lo menos un paso de proceso el cual se lleva a cabo en forma continua.

La solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención tiene preferiblemente una concentración de dióxido de carbono en el intervalo de 0,001 a 300 mg/l, más preferiblemente en el intervalo de 0,1 a 150 mg/l, lo más preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 50.

Se aprecia que la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene una concentración de metal alcalinotérreo como el carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 20 a 1000 mg/l. Preferiblemente, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene una concentración de metal alcalinotérreo como carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 50 a 500 mg/l y más preferiblemente de 80 a 300 mg/l.

En una realización del proceso de la invención, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) comprende carbonato ácido de calcio, teniendo la solución una concentración de metal calcio como carbonato ácido de calcio en el intervalo de 20 a 1000 mg/l, preferiblemente en el intervalo de 50 a 500 mg/l y más preferiblemente de 80 a 300 mg/l.

En una realización alternativa del proceso de la invención, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) comprende carbonato ácido de magnesio, teniendo la solución una concentración de metal magnesio como carbonato ácido de magnesio en el intervalo de 20 a 1000 mg/l, preferiblemente en el intervalo de 50 a 400 mg/l y más preferiblemente de 80 a 300 mg/l.

Alternativamente, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) comprende carbonato ácido de calcio y carbonato ácido de magnesio, teniendo la solución tiene una concentración total de metal calcio y magnesio como carbonato ácido de calcio y magnesio en el intervalo de 20 a 1000 mg/l, preferiblemente en el intervalo de 50 a 500 mg/l y más preferiblemente de 80 a 300 mg/l.

En una realización de la presente invención, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene un contenido disuelto del por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo del 0,001 al 2,0% en peso, más preferiblemente en el intervalo del 0,001 al 0,05% en peso y lo más preferiblemente en el intervalo del 0,001 al 0,03% en peso, basándose en el peso total de la solución acuosa.

Adicional o alternatively, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene preferiblemente un valor de turbidez menor de 0,5 NTU, y más preferiblemente menor de 0,3 NTU. Por ejemplo, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene un valor de turbidez menor de 0,2 NTU o menor de 0,1 NTU.

Se aprecia que la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene preferiblemente un valor de pH en el intervalo de 6,1 a 8,9 y preferiblemente en el intervalo de 6,5 a 8,5.

- 5 Según una realización del proceso de la invención, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene una dureza alemana de 1 a 55°dH, preferiblemente de 3 a 30°dH, y lo más preferiblemente de 4,5 a 17°dH.

Para el fin de la presente invención, la dureza alemana se expresa en "grado de dureza alemana, °dH". A este respecto, la dureza alemana se refiere a la cantidad total de iones alcalinotérreos en la solución acuosa que comprende el carbonato ácido de metal alcalinotérreo.

- 10 Se prefiere que la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención tenga una dureza alemana que sea por lo menos 3°dH, más preferiblemente por lo menos 5°dH, más alta que la dureza alemana del agua proporcionada en el paso a).

- 15 En una realización la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención es adecuada como agua mineralizada. Este es el caso preferiblemente si el proceso no comprende por lo menos una corriente secundaria (15) o si la por lo menos una corriente secundaria (15) no comprende ramificaciones secundarias. Es decir, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención es agua mineralizada si el proceso consiste en el flujo de proceso principal (17).

- 20 Alternativamente, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención es adecuada para la mineralización y/o estabilización de agua. Por ejemplo, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención es adecuada para la mineralización y/o estabilización de agua desalinizada o naturalmente blanda. Este es el caso preferiblemente, si el proceso comprende por lo menos una corriente secundaria (15) o si la por lo menos una corriente secundaria (15) comprende ramificaciones secundarias.

- 25 Por ejemplo, la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) se transfiere (9) de la corriente secundaria (15) dentro del flujo de proceso principal (17) para la mineralización y/o estabilización del agua.

- 30 El agua que puede ser mineralizada mediante el uso de la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención se puede derivar de diversas fuentes y se puede seleccionar de entre agua destilada, agua industrial, agua del grifo, agua desalinizada tal como agua de mar desalinizada, agua salobre o salmuera, agua residual tratada o agua naturalmente blanda tal como agua subterránea, agua superficial o agua de lluvia. Preferiblemente, el agua que va a ser mineralizada por medio del uso de la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso de la invención es agua desalinizada, por ejemplo permeado o destilado obtenido de un proceso de desalinización.

En vista de los buenos resultados obtenidos, la presente solicitud se refiere además en otro aspecto a un proceso para la mineralización y/o estabilización de agua, el proceso comprende los pasos de

- 40 i) proporcionar agua que va a ser mineralizada,
ii) proporcionar una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso, tal como se describe en este documento,
iii) combinar el agua que va a ser mineralizada del paso i) y la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo del paso ii) con el propósito de obtener agua mineralizada.

- 45 Con respecto a la definición del agua que va a ser mineralizada y/o estabilizada, la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso, y realizaciones preferidas del mismo, se hace referencia a las definiciones proporcionadas anteriormente cuando se planteaban los detalles técnicos del proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo de la presente invención.

- 50 Se prefiere que la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo proporcionado en el paso ii) tenga una dureza alemana que sea por lo menos 3°dH, más preferiblemente por lo menos 5°dH, más alta que la dureza alemana del agua que va a ser mineralizada proporcionada en el paso i).

Con el propósito de neutralizar cualquier dióxido de carbono "agresivo" restante y/o de incrementar el pH para lograr una calidad final del agua estable y equilibrada, se prefiere agotar el dióxido de carbono agresivo, agregar una base al agua mineralizada obtenida en el paso iii), o una combinación de ambos.

De esta manera, el proceso para la mineralización y/o estabilización de agua comprende preferiblemente un paso adicional (iv) de ajuste de pH, ya sea a través del agotamiento del CO₂ agresivo, adición de una base al agua mineralizada del paso (iii), o tanto agotamiento como adición de una base al agua mineralizada.

- 5 En una realización, la base, proporcionada preferiblemente en el agua, se agrega al agua mineralizada en el flujo de proceso principal (17) para ajustar el valor de pH del agua mineralizada a un intervalo de 7,0 a 9,0 y para formar agua mineralizada que tiene una concentración de metales alcalinotérreos como el carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 10 a 300 mg/l.

De esta manera se prefiere que la base por ejemplo Ca(OH)₂ (21) se agregue al flujo de proceso principal (17).

- 10 La base es preferiblemente un hidróxido alcalino y/o un hidróxido alcalinotérreo. Más preferiblemente, la base es un hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo seleccionado de hidróxido de calcio y/o hidróxido de magnesio y/o hidróxido de sodio, por ejemplo hidróxido de calcio o hidróxido de magnesio o hidróxido de sodio. La base que es un hidróxido alcalinotérreo consiste preferiblemente en hidróxido de calcio.

Según una realización del proceso de la invención, la base que es un hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo es preferiblemente hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo micronizado.

- 15 Por ejemplo, la base que es un hidróxido alcalinotérreo tiene un tamaño de partícula medio en peso d_{50} de 0,1 a 100,0 μm , preferiblemente de 0,2 a 50,0 μm , más preferiblemente de 0,3 a 25,0 μm y lo más preferiblemente de 0,5 a 10,0 μm .

- 20 En una realización de la presente invención, la base que es un hidróxido alcalinotérreo tiene un área superficial específica BET de 0,01 a 200,0 m²/g, y preferiblemente de 1,0 a 100,0 m²/g, medida mediante adsorción de nitrógeno gas utilizando la isoterma de BET (ISO 9277:2010).

La base que es un hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo se agrega preferiblemente de tal manera que la concentración del hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo agregado al agua mineralizada esté en el intervalo de 0,1 a 100 mg/l y preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 10 mg/l.

- 25 La base se proporciona preferiblemente en agua. De esta manera, se aprecia que la base está preferiblemente en forma de una solución o suspensión.

Si la base que es un hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo está en forma de una solución o suspensión, el contenido de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo es preferiblemente del 0,5% en peso al 50% en peso, preferiblemente de aproximadamente el 20% en peso, basándose en el peso total de la solución o suspensión.

- 30 La solución o suspensión de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo se puede generar en el sitio o independientemente a partir del proceso de la invención. Si la solución o suspensión de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo se prepara independientemente a partir del proceso de la invención, la solución o suspensión de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo no se prepara preferiblemente a partir del agua proporcionada en el paso a). Alternativamente, la solución o suspensión de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo se prepara con el agua proporcionada en el paso de proceso a).

- 35 Al agregar la base, preferiblemente un hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo, al agua mineralizada en el flujo de proceso principal (17), el valor de pH del agua mineralizada se ajusta a un intervalo de 7,0 a 9,0. Preferiblemente, el valor de pH del agua mineralizada se ajusta a un valor de pH en el intervalo de 7,2 a 8,9 y preferiblemente en el intervalo de 7,8 a 8,4. Se aprecia que el ajuste de pH depende del nivel de remineralización y la calidad final del agua objetivo.

- 40 En una realización, una parte del agua proporcionada en el paso a) forma el flujo de proceso principal (17) y la parte restante del agua forma por lo menos la corriente secundaria (15). De esta manera, la por lo menos una corriente secundaria (15) se conecta al flujo de proceso principal (17), preferiblemente en aquel que por lo menos la corriente secundaria (15) se conecta al flujo de proceso principal (17) por una entrada y una salida.

- 45 En una realización, la salida de la por lo menos una corriente secundaria (15) está ubicada preferiblemente después de la entrada de la por lo menos una corriente secundaria (15) en el flujo de proceso principal (17).

El término "después de" en el significado de la presente invención se refiere a la posición sucesiva después de otra unidad de la instalación.

- 50 Si el presente proceso comprende además agregar una base, por ejemplo Ca(OH)₂, (21) al flujo de proceso principal (17), la base se inyecta preferiblemente en el agua mineralizada, es decir después de la salida de la por lo menos una corriente secundaria (15). Si la solución o suspensión de hidróxido alcalino y/o hidróxido alcalinotérreo se prepara con el agua proporcionada en el paso de proceso a), se prefiere que se forme en una corriente secundaria (21). Esta corriente secundaria se conecta preferiblemente al flujo de proceso principal (17) por una entrada y una salida.

Un aspecto adicional de la presente invención se refiere al uso de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso como se define en este documento, para la mineralización y/o estabilización de agua. El agua es preferiblemente agua desalinizada o naturalmente blanda. Alternativamente, la presente invención se refiere al uso de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso como se define en este documento, como agua mineralizada. Este es preferiblemente el caso si el proceso no comprende por lo menos una corriente secundaria (15). Es decir, el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se agrega al flujo de proceso principal (17).

Con respecto a la definición del agua que va a ser mineralizada, la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido por medio del proceso y realizaciones preferidas del mismo, se hace referencia a las definiciones proporcionadas anteriormente cuando se plantean los detalles técnicos del proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo de la presente invención.

Los siguientes ejemplos pueden ilustrar adicionalmente la invención, pero no se proponen para restringir la invención a las realizaciones ejemplificadas.

Breve descripción de las figuras

Lista de signos de referencia:

(1): tanque de reactor

(2): membranas sumergidas (módulo)

(3): tanque de almacenamiento de producto

(4): inyección de dióxido de carbono

(5): aire de recirculación

(6): medición de presión del aire de recirculación

(7): medición de presión en el tanque de reactor

(8): medición de presión en la solución acuosa

(9): solución acuosa S2

(10): medición de flujo de la solución acuosa

(11): medición de nivel en el tanque de reactor

(12): medición de turbidez en la solución acuosa

(13): silo de almacenamiento para carbonato de calcio con alimentador de hélice de dosificación

(14): envase para preparar una suspensión de carbonato de calcio

(15): suministro de agua de la corriente secundaria para el proceso

(16): suspensión de carbonato de calcio micronizado

(17): flujo de proceso principal

(17a): ramificación principal del flujo de proceso principal

(17b): ramificación secundaria del flujo de proceso principal

(18): medición de pH de la corriente de agua combinada

(19): medición de conductividad eléctrica de la corriente de agua combinada

(20): tanque de almacenamiento para $\text{Ca}(\text{OH})_2$

(21): corriente de proceso de dosificación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

(22): medición de pH de la corriente de agua final

(23): medición de conductividad de la corriente de agua final

(24): corriente de agua tratada final

(25): alimentador de hélice de dosificación de carbonato de calcio

La Figura 1 se refiere a una instalación que es adecuada para llevar a cabo el proceso general según la presente invención.

5 La Figura 2 se refiere a una instalación que es adecuada para llevar a cabo el proceso de mineralización según la presente invención.

La Figura 3 se refiere a una instalación que es adecuada para llevar a cabo la mineralización con un proceso de ajuste de pH según la presente invención.

10 La Figura 4 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende un flujo de proceso principal (17) únicamente y en donde el carbonato de calcio se dosifica en el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2).

La Figura 5 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende un flujo de proceso principal (17) únicamente y en donde el carbonato de calcio se dosifica directamente en el flujo de proceso principal (17).

15 La Figura 6 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende un flujo de proceso principal (17) únicamente y en donde el carbonato de calcio se dosifica directamente en un envase para preparar una suspensión de carbonato de calcio (14).

20 La Figura 7 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una ramificación principal de la corriente principal (17a) y una ramificación secundaria de la corriente principal (17b) en donde el carbonato de calcio se dosifica en un envase para preparar una suspensión de carbonato de calcio (14) el cual está ubicado en la ramificación secundaria de la corriente principal (17b).

La Figura 8 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una ramificación principal de la corriente principal (17a) y una ramificación secundaria de la corriente principal (17b), en donde el carbonato de calcio se dosifica directamente en la ramificación secundaria de la corriente principal (17b).

25 La Figura 9 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una corriente principal (17) y una corriente secundaria (15), en donde el carbonato de calcio se dosifica en el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2) el cual está ubicado en la corriente secundaria (15).

La Figura 10 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una corriente principal (17) y una corriente secundaria (15), en donde el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2) está ubicado en la corriente secundaria (15) y el carbonato de calcio se dosifica en la corriente secundaria (15).

30 La Figura 11 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una corriente principal (17) y una corriente secundaria (15), en donde el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2) y aire de recirculación (5) está ubicado en la corriente secundaria (15) y el carbonato de calcio se dosifica en un envase para preparar una suspensión de carbonato de calcio (14) el cual está ubicado en la corriente secundaria (15). La ilustración muestra además la corriente de proceso de dosificación de Ca(OH)_2 (21).

35 La Figura 12 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una corriente principal (17), una ramificación principal de la corriente secundaria (15a) y una ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), en donde el carbonato de calcio se dosifica en un envase para preparar una suspensión de carbonato de calcio (14) el cual está ubicado en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b). La ilustración muestra además el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2) y aire de recirculación (5) el cual está ubicado en la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) y la corriente de proceso de dosificación de Ca(OH)_2 (21).

40 La Figura 13 se refiere a una ilustración esquemática de un proceso que comprende una corriente principal (17), una ramificación principal de la corriente secundaria (15a) y una ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b), en donde el carbonato de calcio se dosifica directamente en la ramificación secundaria de la corriente secundaria (15b). La ilustración muestra además el recipiente (1) que comprende el módulo de membrana sumergida (2) y aire de recirculación (5) el cual está ubicado en la ramificación principal de la corriente secundaria (15a) y la corriente de proceso de dosificación de Ca(OH)_2 (21).

La Figura 14 se refiere a una gráfica de los resultados generados en el Ensayo 3 - Disolución de ejemplo de hidróxido de magnesio utilizando el proceso según la invención.

50 El alcance y el interés de la invención serán mejor entendidos basándose en los siguientes ejemplos los cuales pretenden ilustrar determinadas realizaciones de la invención y no son limitantes.

Ejemplos

1 Métodos de medición

A continuación se describen los métodos de medición implementados en los ejemplos.

pH de una suspensión o solución acuosa

- 5 El pH de una suspensión o solución se midió utilizando un medidor de pH WTW Multi 3420 con compensación de temperatura integrada y una sonda de pH WTWWTW SenTix 940. La calibración del electrodo de pH se realizó utilizando patrones de valores de pH 4,01, 7,00 y 9,21. Los valores de pH notificados son los valores de punto final detectados por el instrumento (el punto final es cuando la señal medida difiere por menos de 0,1 mV del promedio durante los 6 segundos previos).

- 10 Contenido de sólidos de una suspensión acuosa

Analizador de humedad

El contenido de sólidos (también conocido como "peso en seco") se determinó utilizando un Analizador de Humedad HR73 de la compañía Mettler-Toledo, Suiza, con los siguientes parámetros: temperatura de 120°C, desactivación automática 3, secado convencional, de 5 a 20 g de producto.

- 15 Distribución de tamaño de partícula (% en masa de partículas con un diámetro < X) y diámetro medio en peso (d_{50}) de un material particulado

El diámetro de grano en peso y la distribución de masa del diámetro de grano de un material particulado se determinaron a través del método de sedimentación, es decir un análisis de comportamiento de sedimentación en un campo gravitacional. La medición se hizo con un instrumento Sedigraph 5120™ o Sedigraph 5100™ de Micromeritics Instrument Corporation.

- 20

El método y el instrumento son conocidos para el experto en la técnica y se utilizan comúnmente para determinar el tamaño de grano de cargas y pigmentos. La medición se lleva a cabo en una solución acuosa del 0,1% en peso de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Las muestras se dispersan utilizando un agitador de alta velocidad y supersónica.

Turbidez de una suspensión acuosa de solución

- 25 La turbidez se midió con un Turbidímetro de Laboratorio Hach Lange 2100AN IS y la calibración se realizó utilizando patrones de turbidez StabCal (patrones de formacina) de < 0,1, 20, 200, 1000, 4000 y 7500 NTU.

Dureza de la solución acuosa

- 30 Los iones implicados en la dureza de agua, es decir, $\text{Ca}^{2+}(\text{ac})$ y $\text{Mg}^{2+}(\text{ac})$, han sido determinados mediante titulación con un agente quelante, ácido etilendiamintetraacético (EDTA - sal disódica 0,01 M). Para amortiguar el pH constante a 10, se utilizó tampón de $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$. La titulación que utiliza Eriochrome Black T como indicador determina la dureza total debida a los iones $\text{Ca}^{2+}(\text{ac})$ y $\text{Mg}^{2+}(\text{ac})$ hasta que la solución vira de color rojo vino a azul cielo. La cantidad de dureza total ha sido calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza} = \text{Volumen de EDTA (ml)} \times 0,01 \times 100,08 \times 1000 / (\text{Volumen de muestra (ml)})$$

- 35 La dureza de magnesio se calculó al determinar la concentración total de iones calcio y magnesio, así como la concentración de iones calcio. La concentración de iones calcio se determinó al precipitar completamente en primer lugar los iones magnesio como $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ al agregar una solución del 50% en p/v de NaOH, dar vueltas a la solución y esperar hasta que la precipitación se complete. Posteriormente, se agregó azul de hidroxinaftol y la muestra se tituló con EDTA 0,01 M hasta que la solución cambió a color azul cielo.

Conductividad

- 40 La conductividad se midió a 25°C utilizando un instrumento Mettler Toledo Seven.

Multi-instrumentación equipada con la unidad de expansión de conductividad Mettler Toledo correspondiente y una sonda de conductividad Mettler Toledo InLab® 741.

- 45 El instrumento se calibró en primer lugar en el intervalo de conductividad relevante utilizando soluciones de calibración de conductividad comercialmente disponibles de Mettler Toledo. La influencia de la temperatura sobre la conductividad se corrige automáticamente por medio del modo de corrección lineal. Se notificaron conductividades medidas para la temperatura de referencia de 20°C. Los valores de conductividad notificados fueron los valores de punto final detectados por el instrumento (el punto final es cuando la conductividad medida difiere por menos del 0,4% del promedio durante los últimos 6 segundos).

Temperatura

La temperatura se midió con una sonda manual WTW de Xylem Analytics.

Alcalinidad de la solución acuosa

- 5 La alcalinidad de la solución acuosa ha sido determinada mediante titulación de una muestra con una solución 0,1 M de ácido clorhídrico. El punto final de la titulación se alcanza a un pH constante de 4,3. La cantidad de la alcalinidad ha sido calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Alcalinidad} = \text{Volumen de ácido (ml)} \times 0,1 \times 100,08 \times 1000 / (2 \times \text{Volumen de muestra (ml)})$$

Acidez de la solución acuosa

- 10 La acidez de la solución acuosa ha sido determinada mediante titulación del CO₂ libre con una solución 0,01 M de hidróxido de sodio. El punto final de la titulación se alcanza a un pH constante de 8,3. La cantidad de CO₂ libre ha sido calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{CO}_2 \text{ Libre} = \text{Volumen de NaOH (ml)} \times 0,01 \times 44,01 \times 1000 / \text{Volumen de muestra (ml)}$$

Índice de Saturación de Langelier (LSI)

- 15 El Índice de Saturación de Langelier (LSI, por sus siglas en inglés) describe la tendencia de que un líquido acuoso sea formador de incrustación o corrosivo, indicando un LSI positivo tendencias de formación de incrustación e indicando un LSI negativo un carácter corrosivo. Un Índice de Saturación de Langelier equilibrado, es decir, LSI=0, significa por lo tanto que el líquido acuoso está en equilibrio químico. El LSI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s,$$

- 20 en donde pH es el valor de pH real del líquido acuoso y pH_s es el valor de pH del líquido acuoso en saturación de CaCO₃. El pH_s se puede estimar de la siguiente manera:

$$\text{pH}_s = (9,3 + A + B) - (C + D),$$

- 25 en donde A es el indicador de valor numérico de los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) presentes en el líquido acuoso, B es el indicador de valor numérico de la temperatura del líquido acuoso en K, C es el indicador de valor numérico de la concentración de calcio del líquido acuoso en mg/l de CaCO₃, y D es el indicador de valor numérico de alcalinidad del líquido acuoso en mg/l de CaCO₃. Los parámetros de A a D se determinan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$A = (\log_{10}(\text{TDS}) - 1) / 10,$$

$$B = -13,12 \times \log_{10}(T + 273) + 34,55,$$

$$C = \log_{10}[\text{Ca}^{2+}] - 0,4,$$

- 30
$$D = \log_{10}(\text{TAC}),$$

en donde TDS son los sólidos disueltos totales en mg/l, T es la temperatura en °C, [Ca²⁺] es la concentración de calcio del líquido acuoso en mg/l de CaCO₃, y TAC es la alcalinidad del líquido acuoso en mg/l de CaCO₃.

2 Ejemplos

Instalación de la invención - Preparación de una solución acuosa de bicarbonato de calcio

- 35 En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo de proceso general de una instalación según la presente invención. La instalación comprende un tanque de reactor (1) con una membrana sumergida (2) de 50 m² dentro, un silo de almacenamiento de carbonato de calcio (13) con un alimentador de hélice de dosificación y un envase para preparar una suspensión del carbonato de calcio (14).

- 40 Se produce una solución de carbonato ácido de calcio (9) en la corriente de permeado y ésta se podría utilizar para incrementar el contenido de minerales y la alcalinidad de otro flujo.

El agua de alimentación se obtuvo de un sistema de ósmosis inversa, que producía agua de la siguiente especificación de agua:

Sodio: < 1 mg/l

Cloruro: < 2 mg/l

- 45 Calcio: 8 mg/l

Magnesio:	< 1 mg/l
Alcalinidad:	12 mg/l (como CaCO ₃)
°dH:	1,12
pH:	6,9
Conductividad:	24 µS/cm

Se puede producir una solución de carbonato ácido de calcio utilizando el equipo mencionado anteriormente de la siguiente manera: Se llena el tanque de reactor (1) originalmente con una suspensión de carbonato de calcio del 5,0% en peso hasta un volumen definido que cubre la superficie de la membrana sumergida determinada por la medición del nivel en el tanque de reactor (11). Un soplador inicia la recirculación de un volumen de aire (5) desde la parte superior del tanque de reactor (1) hasta los difusores ubicados en el fondo de las membranas sumergidas (2) para garantizar que se mantenga una suspensión homogénea dentro del tanque de reactor (1) y para proporcionar algún efecto de limpieza para las membranas sumergidas (2). El volumen de aire (5) es recirculado a una velocidad de alrededor de 200 veces por h. Una cantidad controlada de dióxido de carbono se agrega a (4) en la corriente de aire. El aire de recirculación cargado con dióxido de carbono pasa sobre las membranas sumergidas (2) desde el fondo hasta la parte superior del tanque de reactor (1) creando turbulencia, y pasa dióxido de carbono de la corriente de aire a la suspensión de carbonato de calcio incrementando la cantidad de dióxido de carbono disuelto dentro de la suspensión. La reacción entre el carbonato de calcio y el dióxido de carbono disuelto permite la formación de una solución alcalina de carbonato ácido de calcio dentro del tanque de reactor (1). Al mismo tiempo, se agrega carbonato de calcio al envase (14) desde el silo de almacenamiento (13) para la preparación de una suspensión de carbonato de calcio dentro del envase (14). Un alimentador de hélice de pérdida en peso se utiliza para medir de manera exacta la cantidad de carbonato de calcio agregado. También se agrega agua al tanque y se utiliza una mezcladora para crear una suspensión homogénea de un contenido de sólidos conocido. La suspensión (16) de carbonato de calcio micronizado luego se transfiere al tanque de reactor (1) a una velocidad igual a la cantidad de carbonato de calcio que se disuelve a través de la reacción con el dióxido de carbono, de modo que la cantidad total de carbonato de calcio no disuelto dentro del tanque de reactor (1) permanece constante. Una solución acuosa S2 (9) de permeado filtrado se extrae del tanque de reactor (1) a través de las membranas sumergidas (2).

Unidad piloto de puesta en marcha

Se utilizó polvo de carbonato de calcio natural (Millicarb® de Omya International AG, Orgon Francia, $d_{50} = 3 \mu\text{m}$) como materia prima en una planta piloto según la instalación de la invención. El reactor (1) se llenó con 900 l de suspensión preparada del 5% en peso de polvo de carbonato de calcio, ejecutada por el control de nivel (11). El ventilador de la corriente de aire de recirculación (5) inició con 10 m³/h para la regeneración de membranas a través de la turbulencia. La sobrepresión de flujo de aire se midió mediante (6).

Ejemplo 1:

Para producir un concentrado cargado alto (~ 250 mg/l de alcalinidad), se dosificaron 99 g de dióxido de carbono (4) a la corriente de aire de recirculación en el plazo de 1 h. La producción en continuo se inició al final de la primera hora del tiempo de recirculación. Durante la producción en continuo, se agregó una suspensión de 250 mg/l de carbonato de calcio (16) al reactor (1) para justificar la disolución en continuo de carbonato de calcio dentro del tanque de reactor (1). Al mismo tiempo una solución acuosa transparente S2 (9) se extrajo a través de las membranas sumergidas (2) con una concentración de 250 mg/l de bicarbonato de calcio (medido como carbonato de calcio) utilizando una bomba de dosificación bidireccional. Se controlaron ambas relaciones - suspensión de carbonato de calcio micronizado (16) y solución acuosa (9) – mediante medición del nivel (11) en el tanque de reactor (1) y medición del flujómetro (10) de la solución acuosa S2 (9). Los parámetros primarios de las relaciones dependen de las velocidades de flujo de las membranas alcanzables y se midieron como presión trans-membrana (8). La calidad de la solución acuosa S2 (9) se controló mediante medición de la turbidez (12) y titulaciones.

Las condiciones de funcionamiento y los resultados de la calidad del agua se proporcionan en la Tabla 1 y la Tabla 2 a continuación.

Tabla 1: Corrientes de proceso del Ejemplo 1

Corriente de proceso	(16)	(9)	(5)
Descripción	Suspensión de carbonato de calcio	Solución de bicarbonato de calcio S2	Aire de recirculación
Caudal (l/h)	1 250	1 250	20000
Contenido de sólidos (% en peso)	0,025	0	0
Concentración (mg/l)	0	220	110 ^a

^a: Dosificación equivalente de dióxido de carbono en el reactor basándose en el caudal de agua a través del reactor.

Tabla 2: Calidad del agua del Ejemplo 1

Corriente de proceso	(9)
Descripción	Solución de bicarbonato de calcio S2
Alcalinidad (mg/l como CaCO ₃)	220
Dureza (mg/l como CaCO ₃)	214
pH	7,4
Temperatura [°C]	21,5
Turbidez [NTU]	0,1

En comparación con la solicitud de patente EP 2 623 467 A1, el proceso anterior que utiliza la instalación según la presente invención tiene una eficiencia energética mucho mejor. Según la Tabla 4 del documento EP 2 623 467 A1, se produjeron 35 l/h de permeado en 4 ensayos diferentes de un módulo de membrana tubular (Microdyne-Module MD 063 TP 2N). La suspensión en esos ensayos se hizo circular a través del módulo tubular a una velocidad de 3 200 l/h con una presión de 1,5 bares para producir esta corriente de permeado. La energía hidráulica requerida para producir este permeado fue, por lo tanto:

$$\text{Energía hidráulica (W)} = V \times \rho \times p$$

donde:

10 V = caudal de fluido (m³/s)

ρ = densidad del fluido (kg/m³)

p = presión estática de salida de la bomba (kPa)

Para el ejemplo de la solicitud de patente EP 2 623 467 A1, con las siguientes entradas:

$V = 3\,200 \text{ l/h} = 8,8\text{e-}04 \text{ m}^3/\text{s}$

15 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ (para agua sin ningún otro detalle)

$p = 1,5 \text{ bar} = 150 \text{ kPa}$

$$\Rightarrow W = 8,888\text{e-}04 \times 1000 \times 150 = 133 \text{ W}$$

Esto produjo un promedio de 54 l/h de permeado, y por lo tanto el consumo de energía por metro cúbico de permeado producido se puede calcular como:

20
$$\text{Energía/metro cúbico} = 0,133 \text{ kW} \div 0,035 \text{ m}^3/\text{h} = 3,8 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$$

Utilizando una instalación según la presente invención y tal como se muestra en la Figura 1, se produjeron 1250 l/h = 3,47e-04 m³/s de permeado con una presión de 50 kPa.

Por lo tanto, la energía hidráulica se calcula como:

$$\text{Energía hidráulica (W)} = V \times \rho \times p = 3,47\text{e-}04 \times 1000 \times 50 = 17,4 \text{ W}$$

25 Esto produjo un promedio de 1250 l/h de permeado, y por lo tanto el consumo de energía por metro cúbico de permeado producido se puede calcular como:

$$\text{Energía/metro cúbico} = 0,0174 \text{ kW} \div 1,25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,014 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$$

Por lo tanto, el consumo específico de energía (energía por metro cúbico de permeado producido) es más de 270 veces menos con la presente invención que aquella de la solicitud de patente EP 2 623 467 A1.

30 La eficiencia de CO₂ según pruebas con la instalación de la invención mostrada en la Figura 1 y descrita por el documento EP 2 623 467 A1 se calcula como:

(CO₂ libre en agua + CO₂ dosificado)/peso molecular de CO₂: (Alcalinidad Final - Alcalinidad Inicial)/peso molecular de CaCO₃

$$=(2+110)/44,01 \text{ g/mol}: (220-12)/100,08 \text{ g/mol} = 2,54:2,08 = 1,22:1$$

La eficiencia de CO₂ según pruebas realizadas con una instalación según la solicitud de patente EP 2 623 467 A1 se mostró que es:

$$110/44,01 \text{ g/mol} : 170/100,08 \text{ g/mol} = 2,5:1,7 = 1,47:1$$

- 5 Instalación de la invención - Preparación y dosificación de solución acuosa de bicarbonato de calcio para incrementar el contenido mineral y la alcalinidad de un agua desalinizada

Un diagrama de flujo de proceso general de una instalación según la presente invención se muestra en la Figura 2. La instalación comprende un tanque de reactor (1) con una membrana sumergida (2) de 50 m² dentro, un tanque de almacenamiento de producto (3), un silo de almacenamiento de carbonato de calcio (13) con alimentador de hélice de dosificación y un envase para preparar una suspensión del carbonato de calcio (14).

- 10 Se produce una solución de carbonato ácido de calcio en una solución acuosa S2 (9) y se dosifica en el flujo de proceso principal (17) para incrementar el contenido mineral y la alcalinidad del flujo de proceso principal.

El agua de alimentación se obtuvo de un sistema de ósmosis inversa, que producía agua de la siguiente especificación de agua:

15	Sodio:	< 1 mg/l
	Cloruro:	< 2 mg/l
	Calcio:	8 mg/l
	Magnesio:	< 1 mg/l
	Alcalinidad:	12 mg/l (como CaCO ₃)
20	°dH:	1,12
	pH:	6,9
	Conductividad:	24 µS/cm

- 25 Se puede producir una solución de carbonato ácido de calcio en una corriente secundaria utilizando el equipo mencionado anteriormente de la siguiente manera: El tanque de reactor (1) se llena originalmente con una suspensión de carbonato de calcio del 5,0% en peso hasta un volumen definido que cubre la superficie de la membrana sumergida (2) medida mediante medición del nivel (11) en el tanque de reactor (1). Un soplador inicia la recirculación del volumen de aire (5) desde la parte superior del tanque de reactor (1) hasta difusores ubicados en el fondo de las membranas sumergidas (2) para garantizar que una suspensión homogénea se mantenga dentro del reactor (1) y para proporcionar algún efecto de limpieza para las membranas. El volumen de aire (5) es recirculado a una velocidad de alrededor de 200 veces por h. Una cantidad controlada de dióxido de carbono se agrega en la corriente de aire en por ejemplo la posición (4). El aire de recirculación cargado con dióxido de carbono pasa sobre las membranas sumergidas (2) desde el fondo hasta la parte superior del reactor creando turbulencia, y el dióxido de carbono pasa de la corriente de aire a la suspensión de carbonato de calcio incrementando la cantidad de dióxido de carbono disuelto dentro de la suspensión.

- 35 La reacción entre el carbonato de calcio y el dióxido de carbono disuelto permite la formación de una solución de carbonato ácido de calcio dentro del tanque de reactor. Al mismo tiempo, el carbonato de calcio se agrega al envase (14) desde el silo de almacenamiento (13) para la preparación de una suspensión de carbonato de calcio dentro del envase (14). Un alimentador de hélice de pérdida en peso se utiliza para medir de manera exacta la cantidad de carbonato de calcio agregado. También se agrega agua al envase (14) y una mezcladora se utiliza para crear una suspensión homogénea de contenido de sólidos conocido. La suspensión de carbonato de calcio micronizado (16) luego se transfiere al tanque de reactor (1) a una velocidad igual a la cantidad de carbonato de calcio que se disuelve a través de la reacción con el dióxido de carbono, de modo que la cantidad total de carbonato de calcio no disuelto dentro del tanque de reactor (1) permanece constante. Una solución acuosa S2 (9) de permeado filtrado como solución concentrada transparente de carbonato ácido de calcio se utiliza para agregar el calcio y el bicarbonato al flujo de proceso principal (17) a través de una bomba de dosificación bidireccional. Un tanque de almacenamiento de producto (3) se utilizó como un amortiguador también para la secuencia de lavado posterior cada 10 minutos.

Unidad piloto de puesta en marcha

- 50 Se utilizó polvo de carbonato de calcio natural (Millicarb® de Omya International, Orgon Francia, $d_{50} = 3 \mu\text{m}$) como la materia prima en la planta piloto. El tanque de reactor (1) se llenó con 900 l de suspensión preparada del 5% en peso de polvo de carbonato de calcio, ejecutada por medición de nivel (11) en el tanque de reactor (1). El ventilador de corriente de aire de recirculación (5) se inició con 10 m³/h para la regeneración de membranas a través de turbulencia. La sobrepresión de flujo de aire se midió por medio de (6).

Ejemplo 2

Para producir un concentrado cargado alto (~ 250 mg/l de alcalinidad) se dosificaron 99 g de dióxido de carbono (4) a la corriente de aire de recirculación en el plazo de 1 hora. La producción en continuo se inició al final del primer tiempo de recirculación de hora. Durante la producción en continuo, se agregó una suspensión de 250 mg/l de carbonato de calcio (16) al reactor (1) para justificar la disolución en continuo de carbonato de calcio dentro del tanque de reactor (1). Al mismo tiempo una solución acuosa transparente S2 (9) se extrajo a través de las membranas sumergidas con una concentración de 250 mg/l de bicarbonato de calcio (medido como carbonato de calcio) y se descargó mediante una bomba de dosificación bidireccional a través del tanque de almacenamiento de producto (3) en la corriente principal (17). Ambas relaciones - suspensión de carbonato de calcio micronizado (16) y solución acuosa S2 (9) - se controlaron mediante medición de nivel (11) en el tanque de reactor (1) y medición de flujo (10). Los parámetros primarios de relaciones dependen de las velocidades de flujo de membrana alcanzables y se midieron como presión trans-membrana (8). La calidad de la solución acuosa S2 (9) se controló por medio de la medición de la turbidez (12) en la solución acuosa (9) y titulaciones. La calidad de la primera combinación se midió a través del pH (18), conductividad eléctrica (19) y titulaciones de la corriente de agua combinada.

Las condiciones de funcionamiento y los resultados de calidad se proporcionan en la Tabla 3 y la Tabla 4 a continuación.

Tabla 3: Corrientes de proceso del Ejemplo 2

Corriente de proceso	(15)	(16)	(9)	(5)	(17)
Descripción	Corriente secundaria de agua sin procesar	Suspensión de carbonato de calcio	Solución de bicarbonato de calcio S2	Aire de recirculación	Flujo de proceso principal
Caudal (l/h)	1 250	1 250	1 250	20000	3 750
Contenido de sólidos (% en peso)	0	0,025	0	0	0
Concentración (mg/l)	0	0	220	110 ^a	20

^a: Dosificación equivalente de dióxido de carbono en el reactor basándose en el caudal de agua a través del reactor.

Tabla 4: Resultados de Calidad del Agua del Ejemplo 2

Corriente de proceso	(9)	(24)
Descripción:	Solución de bicarbonato de calcio S2	Agua final
Alcalinidad (mg/l como CaCO ₃)	220	81
Dureza (mg/l como CaCO ₃)	214	85
pH	7,4	7,25
Temperatura [°C]	21,5	21
Turbidez [NTU]	0,1	0

Instalación de la invención - Preparación y dosificación de solución acuosa de bicarbonato de calcio seguido de ajuste de pH, para incrementar el contenido mineral y la alcalinidad de un agua desalinizada y estabilizarla con respecto a su índice de saturación

Un diagrama de flujo de proceso general de una instalación según la presente invención se muestra en la Figura 3. La instalación comprende un tanque de reactor (1) con una membrana sumergida (2) de 50 m² dentro, un tanque de almacenamiento de producto (3), un silo de almacenamiento de carbonato de calcio (13) con un alimentador de hélice de dosificación y un envase para preparar una suspensión del carbonato de calcio (14) y un tanque de almacenamiento de hidróxido de calcio (20) y sistema de dosificación.

Una solución de carbonato ácido de calcio se produce en una solución acuosa S2 (9) y se dosifica en el flujo de proceso principal (17) para incrementar el contenido mineral y la alcalinidad del flujo de proceso principal (17). Una suspensión de hidróxido de calcio al 5,0% en peso y de alta pureza se dosifica (21) en el flujo de proceso principal (17) después de la dosificación de la solución de carbonato ácido de calcio para crear la calidad final del agua deseada de la corriente de agua tratada final (24).

El agua de alimentación se proporciona en todos los flujos de proceso, el agua de alimentación se obtuvo de un sistema de ósmosis inversa, que producía agua de la siguiente especificación de agua:

	Sodio:	< 1 mg/l
	Cloruro:	< 2 mg/l
5	Calcio:	8 mg/l
	Magnesio:	< 1 mg/l
	Alcalinidad:	12 mg/l (como CaCO ₃)
	°dH:	1,12
	pH:	6,9
10	Conductividad	24 µS/cm

Una solución de carbonato ácido de calcio se puede producir en una corriente secundaria utilizando el equipo mencionado anteriormente de la siguiente manera: el tanque de reactor (1) se llena originalmente con una suspensión de carbonato de calcio del 5,0% en peso hasta un volumen definido que cubre la superficie de la membrana sumergida (2) medida mediante medición de nivel (11) en el tanque de reactor (1). Un soplador inicia la recirculación del volumen de aire (5) desde la parte superior del tanque de reactor (1) hasta difusores ubicados en el fondo de las membranas sumergidas (2) para garantizar que una suspensión homogénea se mantenga dentro del tanque de reactor (1) y para proporcionar algún efecto de limpieza para las membranas sumergidas (2). Se recircula volumen a una velocidad de alrededor de 200 veces por h. Una cantidad controlada de dióxido de carbono (4) se agrega en la corriente de aire. El aire de recirculación cargado con dióxido de carbono pasa sobre las membranas sumergidas (2) desde el fondo hasta la parte superior del tanque de reactor (1) creando turbulencia, y el dióxido de carbono pasa de la corriente de aire a la suspensión de carbonato de calcio incrementando la cantidad de dióxido de carbono disuelto dentro de la suspensión. La reacción entre el carbonato de calcio y el dióxido de carbono disuelto permite la formación de una solución de carbonato ácido de calcio dentro del tanque de reactor (1). Al mismo tiempo, se agrega carbonato de calcio al envase (14) del silo de almacenamiento (13) para la preparación de una suspensión de carbonato de calcio dentro del envase (14). Un alimentador de hélice de pérdida en peso se utiliza para medir de manera exacta la cantidad de carbonato de calcio agregada. También se agrega agua al tanque y una mezcladora se utiliza para crear una suspensión homogénea de contenido de sólidos conocido. La suspensión de carbonato de calcio micronizado (16) luego se transfiere al tanque de reactor (1) a una velocidad igual a la cantidad de carbonato de calcio que se disuelve a través de la reacción con el dióxido de carbono, de modo que la cantidad total de carbonato de calcio no disuelto dentro del tanque de reactor (1) permanece constante. Una solución acuosa S2 (9) de permeado filtrado como una solución concentrada transparente de carbonato ácido de calcio se utiliza para agregar el calcio y el bicarbonato al flujo de proceso principal (17) a través de una bomba de dosificación bidireccional. Un tanque de almacenamiento de producto (3) se utilizó como amortiguador también para la secuencia de lavado posterior cada 10 minutos. Una segunda bomba de dosificación se utilizó para agregar la suspensión de hidróxido de calcio en por ejemplo la posición (21) almacenada en un tanque de almacenamiento (20) para mantener el flujo de proceso principal (17).

Unidad piloto de puesta en marcha

Se han utilizado polvo de carbonato de calcio natural (Millicarb® de Omya International, Orgon Francia, $d_{50} = 3 \mu\text{m}$) y una suspensión de hidróxido de calcio (Schäferkalk, Precal 72, concentración del 20% en peso en agua) como materias primas en una planta piloto. El producto Schäferkalk (Precal 72) es una suspensión del 20% en peso de hidróxido de calcio sumamente reactiva, para el bombeo efectivo se ha diluido al 5% en peso (21) y se dosificó directamente en la corriente de agua tratada final (24). El tanque de reactor (1) se llenó con 900 l de suspensión preparada del 5% en peso de polvo de carbonato de calcio, ejecutada por medición de nivel (11) en el tanque de reactor (1). El ventilador de la corriente de aire de recirculación (5) inició con 10 m³/h para la regeneración de membranas a través de turbulencia. La sobrepresión de flujo de aire se midió por medio de (6).

Ejemplo 3

Para producir un concentrado cargado alto (~ 250 mg/l de alcalinidad) 99 g de dióxido de carbono (4) se dosificaron a la corriente de aire de recirculación en el plazo de 1 hora. La producción en continuo se inició al final del tiempo de recirculación de 1 hora. Durante la producción en continuo una suspensión de 250 mg/l de carbonato de calcio micronizado (16) se agregó al tanque de reactor (1) para justificar la disolución continua de carbonato de calcio dentro del tanque de reactor (1). Al mismo tiempo una solución acuosa transparente (9) se extrajo a través de las membranas sumergidas (2) con una concentración de 250 mg/l de bicarbonato de calcio (medido como carbonato de calcio) y se descargó por vía de una bomba de dosificación bidireccional a través del tanque de almacenamiento de producto (3) en el flujo de proceso principal (17). Ambas relaciones - suspensión de carbonato de calcio micronizado (16) y solución acuosa S2 (9) - se controlaron mediante medición del nivel (11) en el tanque de reactor (1) y medición de flujo (10) de la solución acuosa S2 (9). Los parámetros primarios de las relaciones dependen de las velocidades de flujo de membrana alcanzables y se midieron como presión trans-membrana

(8). La calidad de la solución acuosa (9) se controló mediante medición de la turbidez (12) y titulaciones. La calidad de la primera combinación se midió a través del pH (18), conductividad eléctrica (19) y titulaciones. Para alcanzar la calidad final del agua deseada con un Índice de Saturación de Langelier de 0 para la corriente tratada final (24), la suspensión de hidróxido de calcio (21) del tanque (20) también se dosificó dentro de la corriente de agua tratada final (24).

- 5 Las condiciones de funcionamiento y los resultados de la calidad del agua se proporcionan en la Tabla 5 y la Tabla 6 a continuación.

Tabla 5: Corrientes de proceso del Ejemplo 3

Corriente de proceso	(15)	(16)	(9)	(21)	(5)	(17)
Descripción	Corriente secundaria de agua sin procesar	Suspensión de carbonato de calcio	Solución de bicarbonato de calcio S2	Suspensión de hidróxido de calcio	Aire de recirculación	Flujo de proceso principal
Caudal (l/h)	1 250	1 250	1 250	0,42	20000	3 750
Contenido de sólidos (% en peso)	0	0,025	0	5	0	0
Concentración (mg/l)	0	0	220	50000	110	20

^a: Dosificación equivalente de dióxido de carbono en el reactor basándose en el caudal de agua a través del reactor

10

Tabla 6: Resultados de Calidad del Agua del Ejemplo 3:

Corriente de proceso	(9)	(24)
Descripción:	Solución de bicarbonato de calcio S2	Agua final
Alcalinidad (mg/l como CaCO ₃)	220	88,5
Dureza (mg/l como CaCO ₃)	214	92,5
pH	7,4	7,95
Temperatura [°C]	21,5	21
Turbidez [NTU]	0,1	0

Ejemplo de la invención 4: Disolución de hidróxido de magnesio mediante el uso del proceso expuesto en Figura 1

4.1 Equipo

El siguiente equipo se utilizó para las pruebas:

- "Reactor de Calcita de Membrana" (MCR, por sus siglas en inglés) de 2150 litros que consistía en:
 - 15
 - Un reactor cilíndrico de acero inoxidable de 2150 l de volumen con las conexiones requeridas,
 - Unidad de membrana sumergida Microdyn Bio-cel BC-50 instalada dentro del reactor,
 - Tapa para sellar el reactor,
 - Instrumentación para controlar el nivel y monitorizar la presión,
 - Sistema soplador configurado de tal manera que forme un circuito de recirculación de soplador, que consistía en:
 - 20
 - Un soplador operado por mando de velocidad variable,

- Tubería de alimentación para el soplador conectada de la parte superior del reactor (conectada a la tapa)
 - Tubería de descarga conectada a un colector de difusor en el fondo de la unidad de membrana sumergida,
- 5 • Bomba de permeado para extraer la solución concentrada a través de la membrana, con medidor de flujo para medir el caudal
- Sistema de dosificación de dióxido de carbono, que consistía en:
 - Botella de dióxido de carbono
 - Regulador de presión para disminuir la presión de la botella de 50 bares a 5 bares
- 10 ○ Medidor de flujo másico y válvula de control para regular y medir la dosificación de dióxido de carbono
- Conexión de dosificación a la tubería de descarga del soplador
- Sistema de elaboración de suspensión espesa (SMD), que consistía en:
 - Tanque de elaboración de suspensión espesa (SMD) con mezcladora eléctrica e instrumentación de nivel del tanque,
 - Suministro de agua de alimentación al tanque, controlado para mantener el nivel dentro del tanque
 - Sistema de alimentación de dosificación de pérdida en peso para agregar de manera exacta la cantidad requerida de carbonato de calcio micronizado al tanque de SMD,
 - Tolva que suministra carbonato de calcio micronizado al alimentador de pérdida de peso,
 - Bomba de alimentación de suspensión espesa para dosificar la suspensión de carbonato de calcio producida en el tanque de SMD al reactor de 2150 l,
 - Manguera de dosificación que conecta la bomba de alimentación de suspensión espesa y el reactor de 2150 l
- Sistema de dosificación de hidróxido de magnesio, que consistía en:
 - Tanque de almacenamiento que contiene una suspensión de hidróxido de magnesio al 25%
 - Bomba de dosificación Prominent Gamma L
 - Manguera de descarga de la bomba de dosificación conectada a la manguera de dosificación entre la bomba de alimentación de suspensión espesa y el reactor de 2150 l (parte del sistema de SMD)
 - El sistema de dosificación de magnesio se configura de tal manera que el hidróxido de magnesio sea dosificado en la suspensión de carbonato de calcio micronizado (16).

4.2 Procedimiento:

El siguiente procedimiento se utilizó para ejecutar los ensayos:

1. El tanque de SMD se llenó con agua y carbonato de calcio dosificado en el tanque para producir una suspensión S1 según los ajustes proporcionados en la Sección 4.3.
- 35 2. El control de SMD se colocó en modo automático de modo que el agua sería reabastecida continuamente en el tanque de SMD cuando la suspensión fuera retirada del tanque, y el carbonato de calcio sería dosificado continuamente para garantizar que una suspensión consistente fuera generada de la concentración proporcionada en la Sección 4.3.
- 40 3. El reactor de 2 150 l se llenó con una suspensión que contenía el 5% de carbonato de calcio micronizado S1. Los detalles técnicos del carbonato de calcio micronizado se proporcionan en la Sección 4.3.
4. La tapa del reactor se cerró y se aseguró un sello hermético.
5. El soplador se energizó para funcionar, manteniendo el carbonato de calcio micronizado en la suspensión S1.

6. Se dosificó dióxido de carbono en el circuito de recirculación del soplador, según los ajustes proporcionados en la Sección 4.3.
7. La bomba de permeado se hizo funcionar a una velocidad establecida para proporcionar el caudal requerido y extraer una solución clara S2 del tanque de reactor según los ajustes proporcionados en la Sección 4.3.
- 5 8. La bomba de alimentación de suspensión espesa se hizo funcionar a una velocidad establecida para garantizar que el nivel dentro del tanque de reactor permaneciera constante.
9. La bomba de dosificación de hidróxido de magnesio se ajustó a velocidades variables para dosificar la cantidad requerida de hidróxido de magnesio en el proceso según los ajustes de prueba proporcionados en la Sección 4.3.
- 10 10. Las muestras de la solución concentrada S2 extraídas por la bomba de permeado se analizaron por las siguientes cualidades del agua por medio de los métodos descritos anteriormente:
 - a. Alcalinidad (en mg/l)
 - b. Dureza total (en mg/l)
 - c. Dureza de magnesio (en mg/l)
 - 15 d. Acidez (como mg/l de CO₂)
 - e. pH, conductividad, temperatura y turbidez

4.3 Parámetros de Prueba

Los siguientes parámetros de prueba se utilizaron durante los ensayos:

Tabla 7: Parámetros de prueba

N.º de Ensayo	Volumen de suspensión (l)	Velocidad del Soplador (Nm³/h)	Conc. de CaCO ₃ de SMD (mg/l)	Caudal de permeado (l/h)	Velocidad de dosis de CO ₂ (mg/l)	Velocidad de dosis de CO ₂ (g/min)	Velocidad de dosis de Mg(OH) ₂ (mg/l)	Dosis de Mg(OH) ₂ (ml/h) como suspensión al 25%
1	1800	7,5	250	3000	154	7,7	0	0
2	1800	7,5	250	3000	154	7,7	30	308
3	1800	7,5	250	3000	154	7,7	60	615

20 4.4 Resultados medidos

Tabla 8: Los resultados medidos para el Ensayo 1:

pH [-]	Conductividad [µS/cm]	Turbidez [NTU]	Temperatura (°C)	Alcalinidad [mg/l]	Dureza Total [mg/l]	Dureza de Mg [mg/l]	Acidez [mg/l de CO ₂]
7,3	483,0	0,01	17,8	260,2	260,2	-0,49	37,0
7,2	496,0	0,01	18,2	260,2	263,2	-0,24	37,8
7,2	486,0	0,01	17,7	261,2	272,2	1,46	40,5
7,3	483,0	0,01	17,5	260,7	263,2	-0,24	39,6
7,2	487,0	0,01	16,4	263,2	258,2	-1,46	44,0
7,3	476,0	0,01	15,3	259,2	273,2	1,22	42,7
7,3	479,0	0,01	15,4	260,2	264,2	0,00	41,8

Tabla 9: Los resultados medidos para el Ensayo 2:

pH [-]	Conductividad [μS/cm]	Turbidez [NTU]	Temperatura (°C)	Alcalinidad [mg/l]	Dureza Total [mg/l]	Dureza de Mg [mg/l]	Acidez [mg/l de CO ₂]
7,3	445,0	0,01	15,4	245,7	270,2	9,72	35,2
7,3	446,0	0,01	15,3	248,7	271,2	14,83	30,4
7,2	466,0	0,01	15,0	260,2	265,2	13,37	39,6

Tabla 10: Los resultados medidos para el Ensayo 3:

pH [-]	Conductividad [μS/cm]	Turbidez [NTU]	Temperatura (°C)	Alcalinidad [mg/l]	Dureza Total [mg/l]	Dureza de Mg [mg/l]	Acidez [mg/l de CO ₂]
7,1	439,0	0,01	16,1	241,7	279,2	25,53	27,7
7,2	415,0	0,01	15,2	225,2	253,2	26,01	28,6
7,2	424,0	0,01	15,1	230,7	255,2	24,55	27,7
7,3	418,0	0,01	15,3	229,7	267,2	26,98	27,3
7,2	420,0	0,01	14,9	229,2	267,2	26,98	27,7
7,2	415,0	0,01	14,4	229,7	257,2	23,58	28,2
7,3	420,0	0,01	17,8	229,2	258,2	27,23	26,4

Los resultados proporcionados para el Ensayo 1 (Tabla 8) muestran que se pueden obtener valores muy estables para la alcalinidad de la solución concentrada S2 sin dosificación de hidróxido de magnesio. También se generan valores estables para la dureza total y las concentraciones de magnesio.

- 5 Los resultados proporcionados para el Ensayo 2 (Tabla 9) muestran que la dosificación de 30 mg/l de hidróxido de magnesio proporciona entre aproximadamente 10-14 mg/l de magnesio. Esto es como se esperaba ya que el hidróxido de magnesio tiene un peso molecular de 58,3 g/mol, del cual el magnesio es 24,3 g/mol, o el 41,7% de esta cantidad.

- 10 Los resultados proporcionados para el Ensayo 3 (Tabla 10) muestran que, durante el curso del experimento, se lograron resultados muy estables para todos los valores, en particular alcalinidad y concentraciones de magnesio. Para este ensayo, se dosificaron 60 mg/l de hidróxido de magnesio. Esto se debería agregar idealmente a 25 mg/l de iones Mg²⁺. Esto está en línea con los resultados que demuestran un promedio de 25,8 mg/l de magnesio en la corriente concentrada extraída del reactor, con el intervalo entre 23,6-27,2 mg/l de magnesio. Los resultados también se resumen en la Figura 14.

En todos los casos, la turbidez de la corriente concentrada se midió que era 0,01 NTU.

- 15 Conclusión: A partir de esos ensayos, se puede deducir que el proceso de la invención, que ha sido desarrollado para la disolución de carbonato de calcio micronizado, también se puede utilizar para disolver de manera efectiva magnesio - en forma de hidróxido de magnesio. Los resultados fueron muy estables lo que demuestra que el proceso también se puede controlar de manera exacta. Este método tiene la ventaja de que produce una corriente concentrada carente de turbidez en ausencia de aniones no deseados.
- 20 En resumen, se ha mostrado que este proceso proporciona una alternativa rentable a los procesos actuales. Adicionalmente, el proceso se puede controlar de manera efectiva para dosificar la cantidad deseada de calcio y, si se desea, de magnesio.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la preparación de una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo, que comprende los pasos de:
 - a) proporcionar agua;
 - 5 b) proporcionar por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo;
 - c) proporcionar CO_2 o un ácido que tiene un valor de $\text{pK}_a < 5$;
 - d) combinar el agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) y el CO_2 o ácido del paso c) en cualquier orden tal como para obtener una suspensión acuosa S1 que comprenda por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo;
 - 10 e) filtrar por lo menos una parte de la suspensión acuosa S1 obtenida en el paso d) al pasar la suspensión acuosa S1 a través de por lo menos un módulo de membrana sumergida con el fin de obtener una solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo,

en donde el por lo menos un módulo de membrana sumergida está ubicado en un recipiente.
2. El proceso según la reivindicación 1, en donde el paso d) comprende los pasos de i1) combinar el agua del paso a) con el CO_2 o ácido del paso c), y i2) combinar la mezcla de i1) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b); o
 - ii1) combinar el agua del paso a) con el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b), y ii2) combinar la mezcla del paso ii1) con el CO_2 o ácido del paso c).
3. El proceso según la reivindicación 1 o 2, en donde los pasos de proceso d) y e) se llevan a cabo en el mismo recipiente, preferiblemente en un tanque de reactor.
4. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el por lo menos un módulo de membrana sumergida tiene un tamaño de poro preferiblemente $< 1 \mu\text{m}$, y más preferiblemente $< 0,1 \mu\text{m}$.
5. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde se recircula aire o fluido de proceso a través de por lo menos una parte de la superficie de la por lo menos una membrana sumergida, preferiblemente en una dirección desde el fondo a la parte superior del por lo menos un módulo de membrana sumergida y/o recipiente, más preferiblemente el CO_2 o ácido del paso c) se agrega al aire o fluido de proceso.
6. El proceso según la reivindicación 5, en donde el recipiente se sella y el aire en la parte superior del recipiente se utiliza como la alimentación y se reintroduce en el fondo del recipiente.
7. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el proceso comprende un paso adicional f) de lavado posterior del por lo menos un módulo de membrana sumergida con agua, opcionalmente se agrega al agua CO_2 o un ácido que tenga un valor de $\text{pK}_a < 5$.
8. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se selecciona del grupo que consiste en carbonato de calcio precipitado, carbonato de calcio modificado, carbonato de calcio molido y mezclas de los mismos, preferiblemente el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo en el paso b) es carbonato de calcio molido.
9. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) es carbonato de calcio molido que se selecciona del grupo que consiste en mármol, piedra caliza, creta y mezclas de los mismos.
10. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el por lo menos un material que comprende carbonato de metal alcalinotérreo del paso b) se proporciona en forma seca o en forma de una suspensión acuosa; y/o

el por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso d) comprende carbonato ácido de calcio y preferiblemente consiste en carbonato ácido de calcio.
11. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el ácido proporcionado en el paso c) tiene un valor de $\text{pK}_a < 4$ y/o el ácido se selecciona del grupo que consiste en ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico o ácido cítrico y/o mezclas de los mismos.
12. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la solución acuosa S2 que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido en el paso e) tiene una concentración

de metal alcalinotérreo como carbonato ácido de metal alcalinotérreo en el intervalo de 20 a 1000 mg/l y más preferiblemente de 50 a 600 mg/l y lo más preferiblemente de 80 a 400 mg/l; y/o tiene un valor de pH en el intervalo de 6,1 a 8,9 y preferiblemente en el intervalo de 6,5 a 8,5.

13. Un proceso para la mineralización y/o estabilización de agua, el proceso comprende los pasos de

5 (i) proporcionar agua que va a ser mineralizada,

(ii) proporcionar una solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido mediante el proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12,

(iii) combinar el agua que va a ser mineralizada del paso (i) y la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo del paso (ii) con el fin de obtener agua mineralizada.

10 14. El proceso según la reivindicación 13, que comprende un paso adicional (iv) de agregar una base, preferiblemente hidróxido de sodio o hidróxido de calcio, al agua mineralizada del paso (iii).

15. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la solución acuosa que comprende por lo menos un carbonato ácido de metal alcalinotérreo obtenido se usa para la mineralización y/o estabilización de agua o como agua mineralizada.

15 16. El proceso según la reivindicación 15, en donde el agua es agua desalinizada o naturalmente blanda.

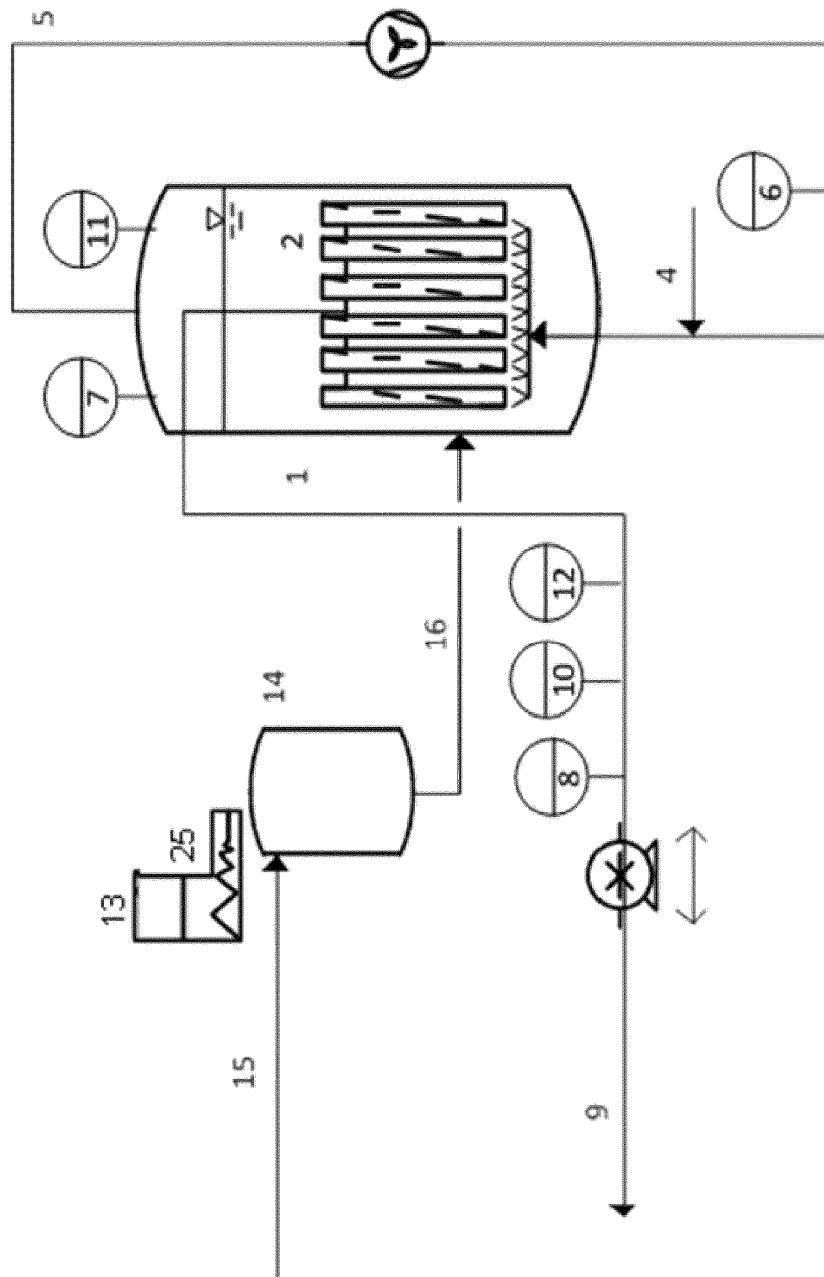


Fig. 1

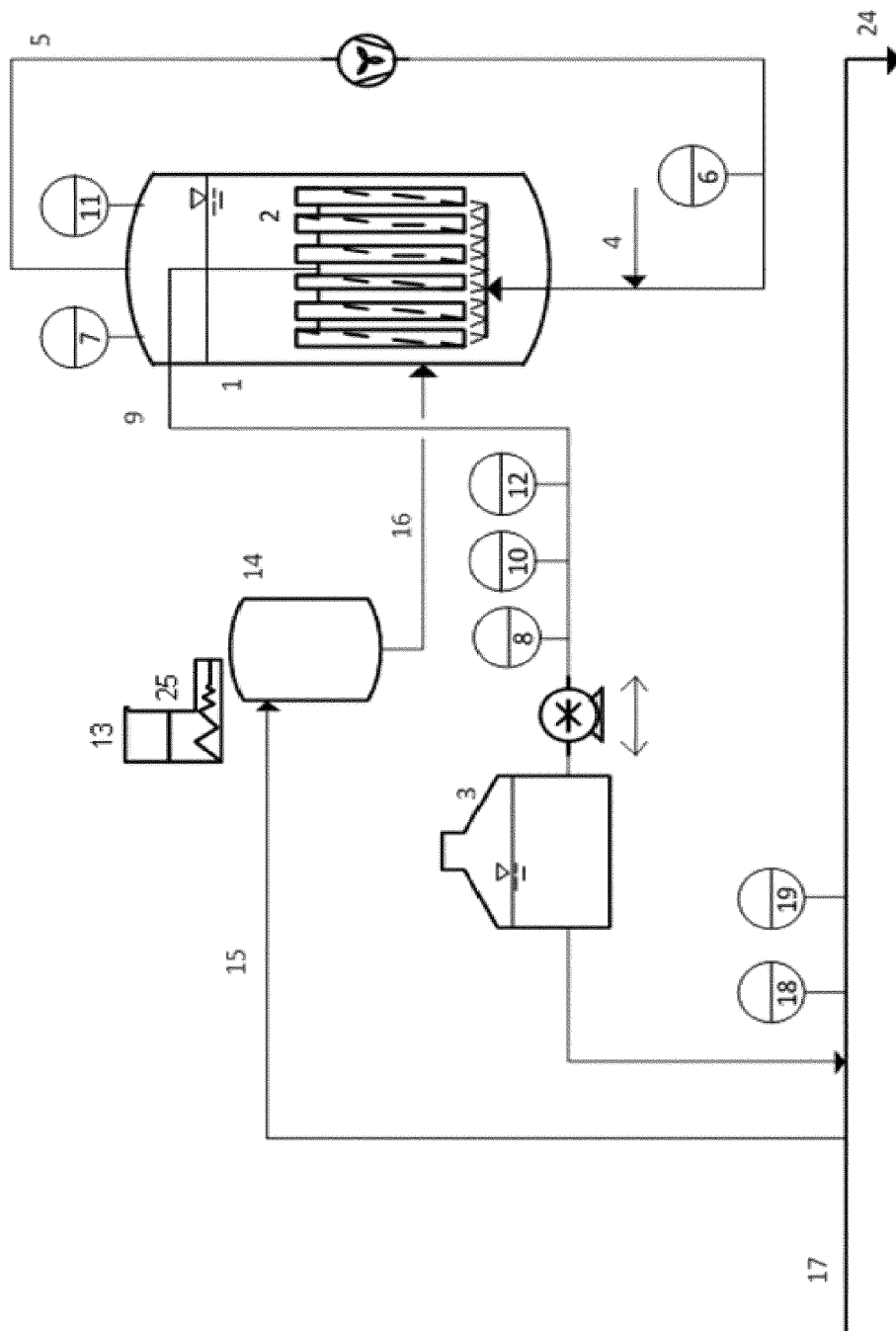


Fig. 2

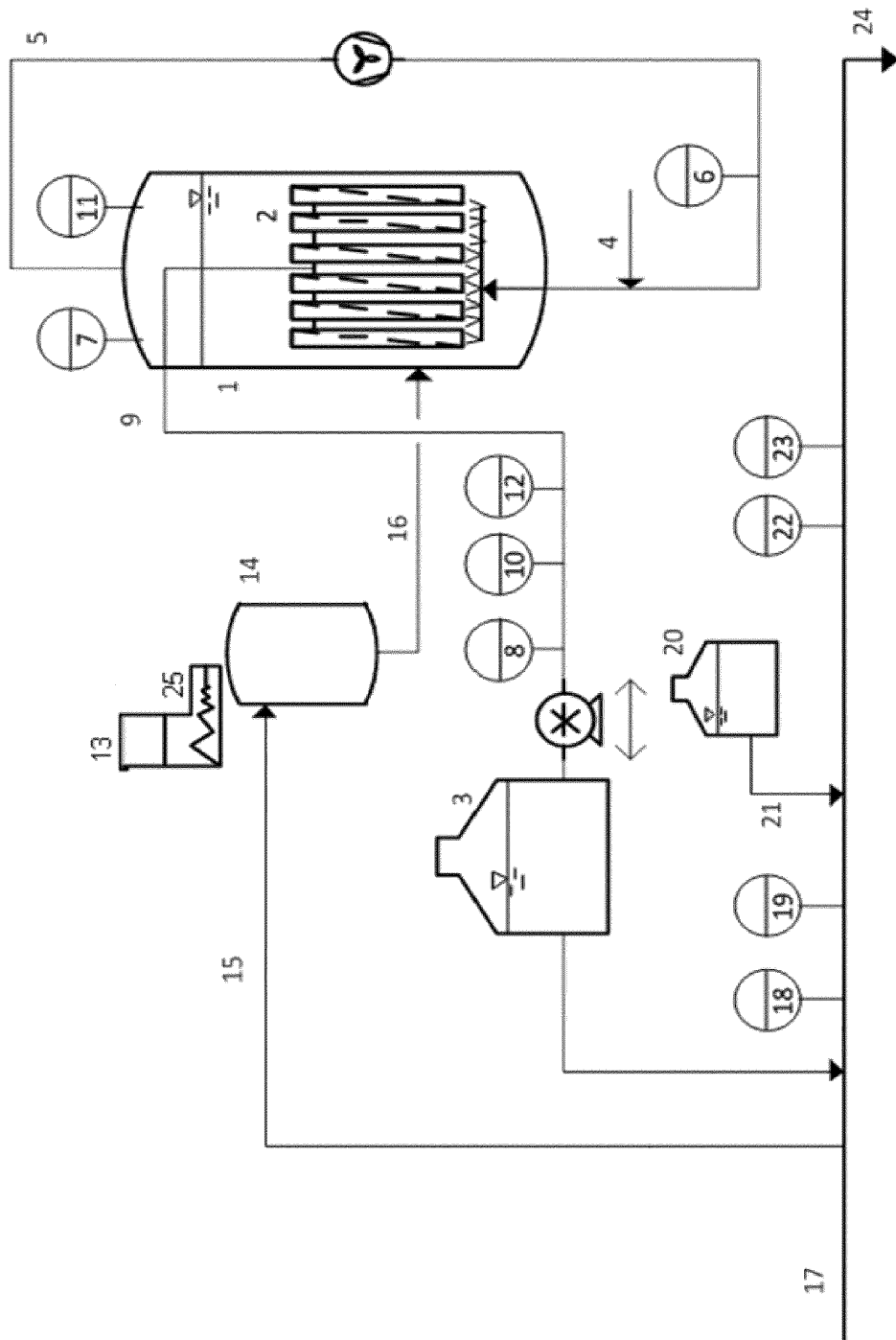


Fig. 3

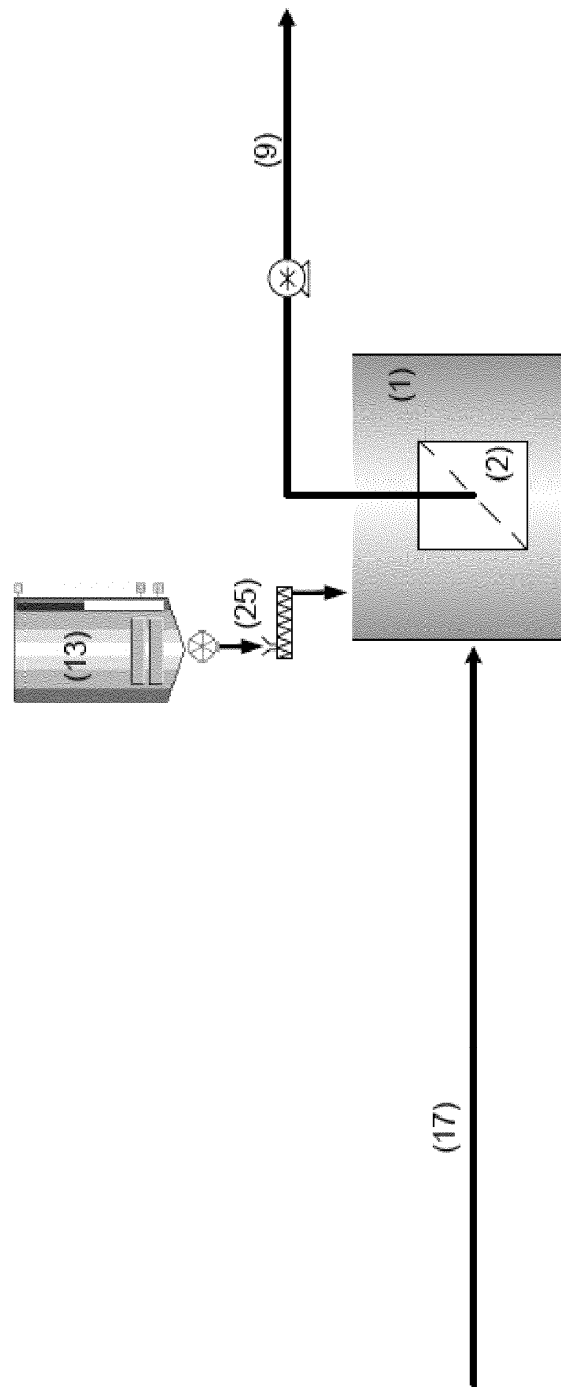


Fig. 4

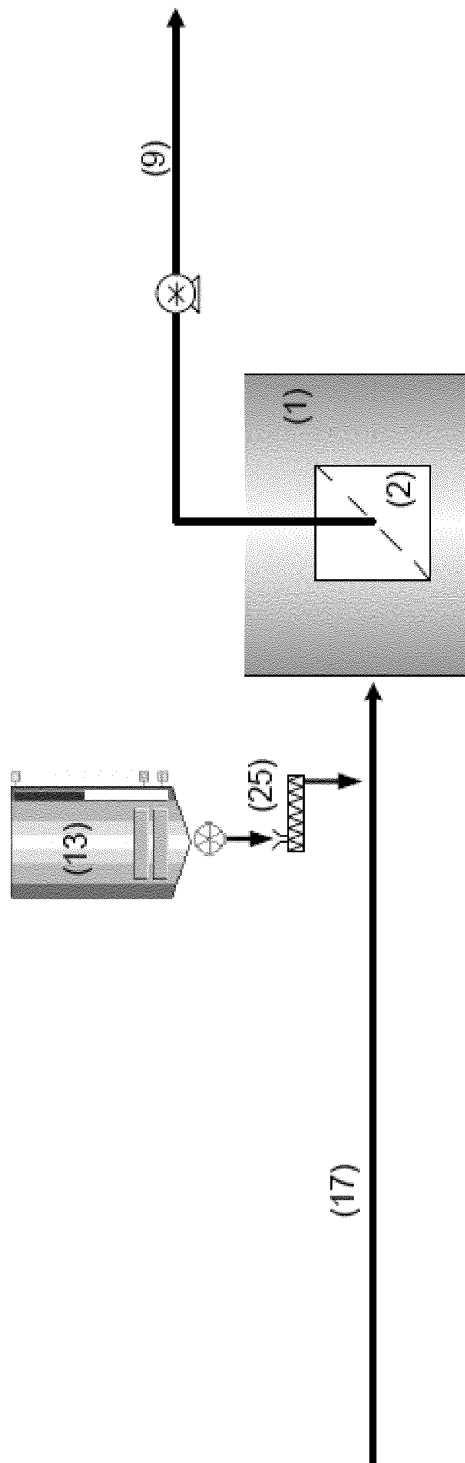


Fig. 5

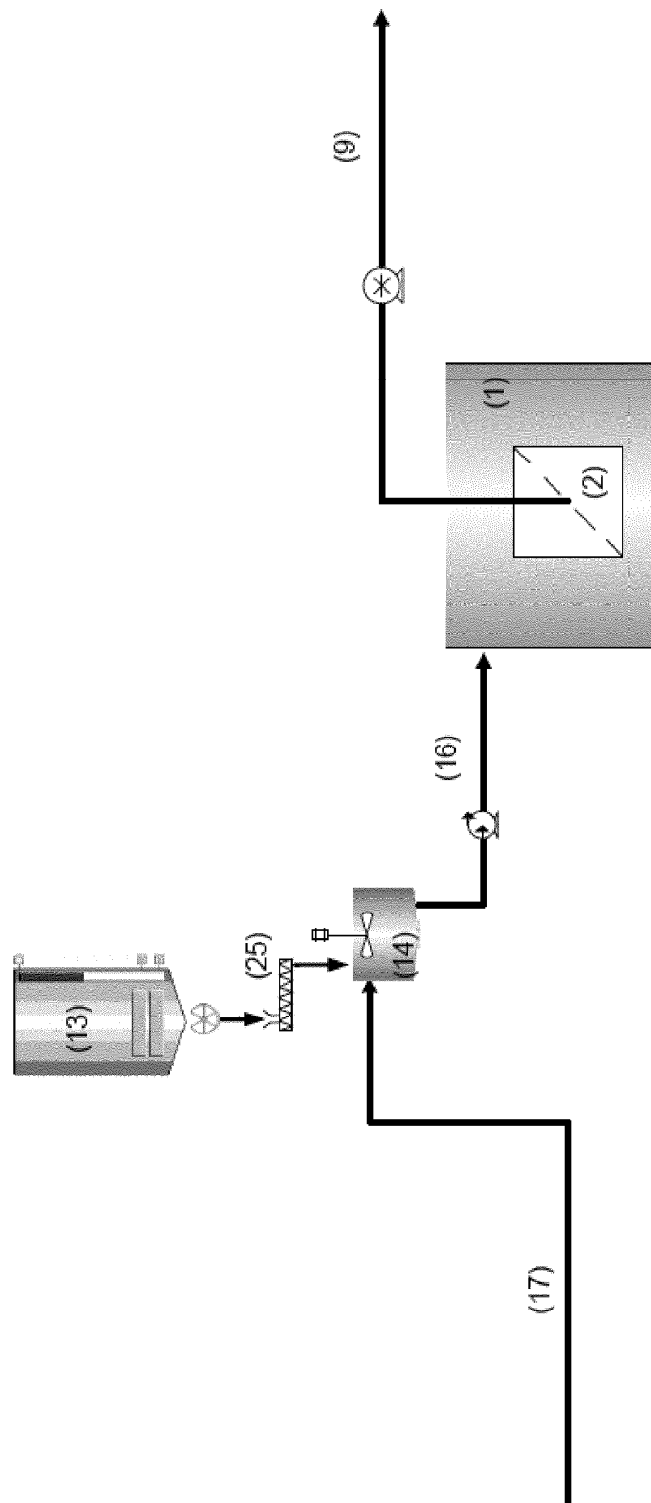


Fig. 6

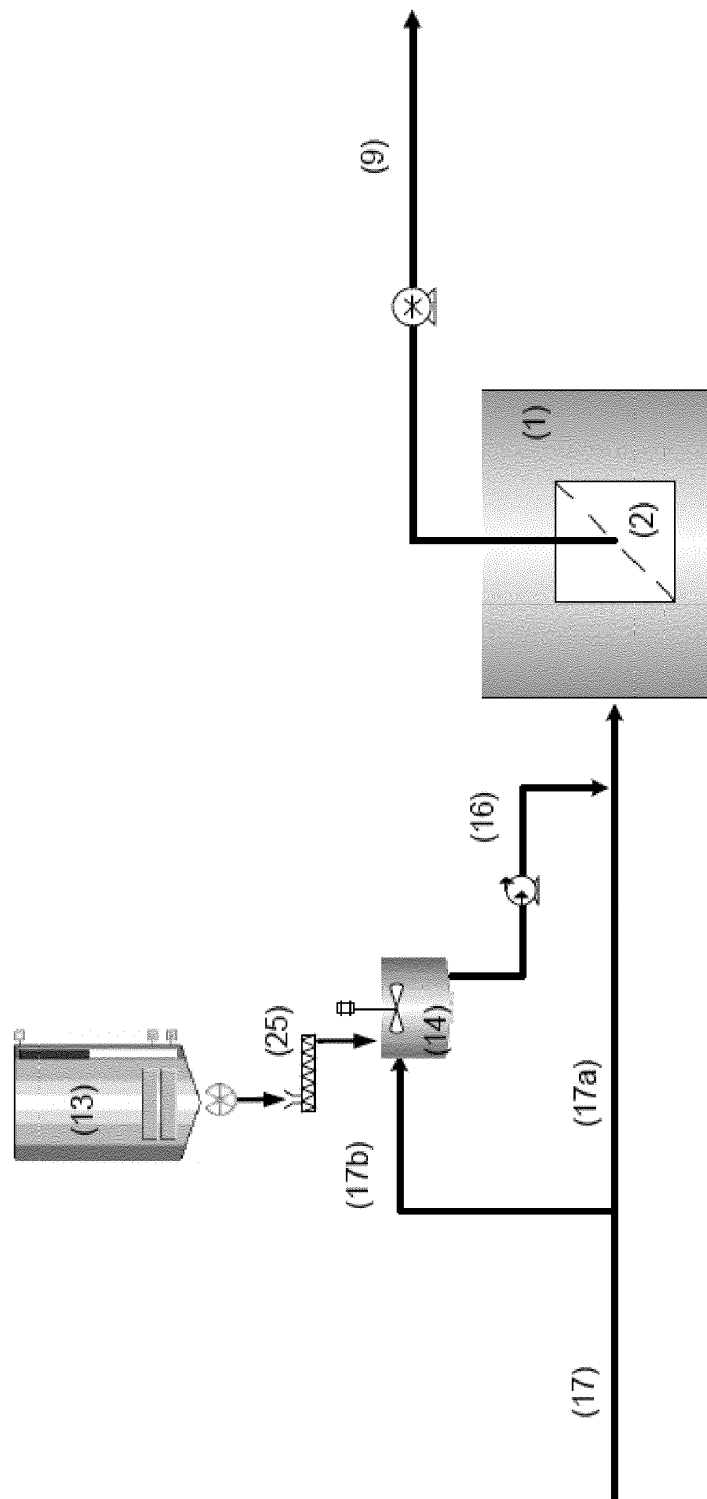


Fig. 7

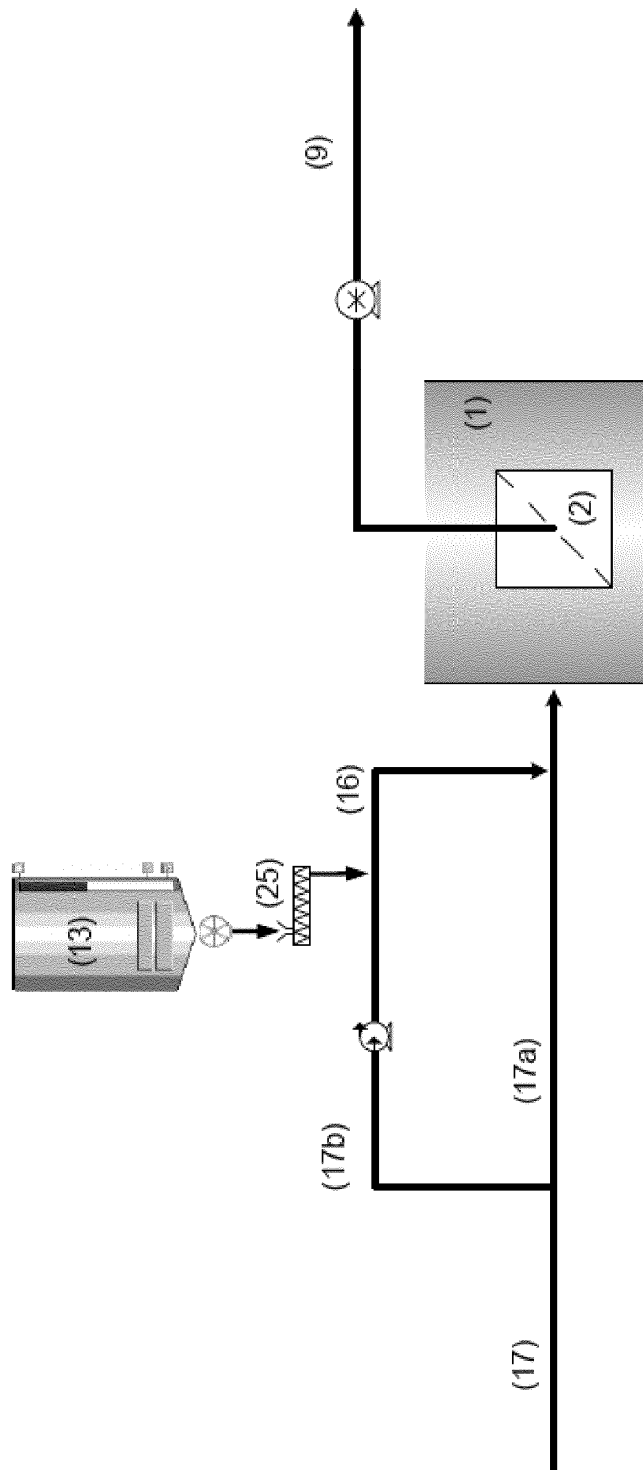


Fig. 8

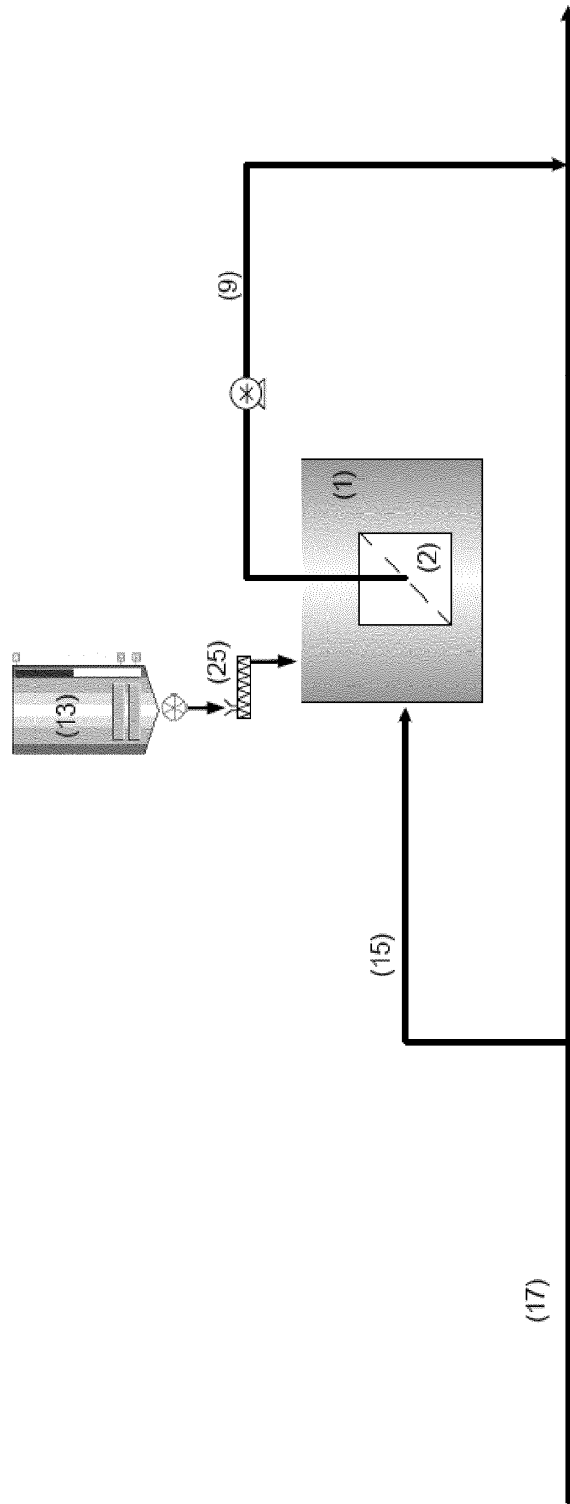


Fig. 9

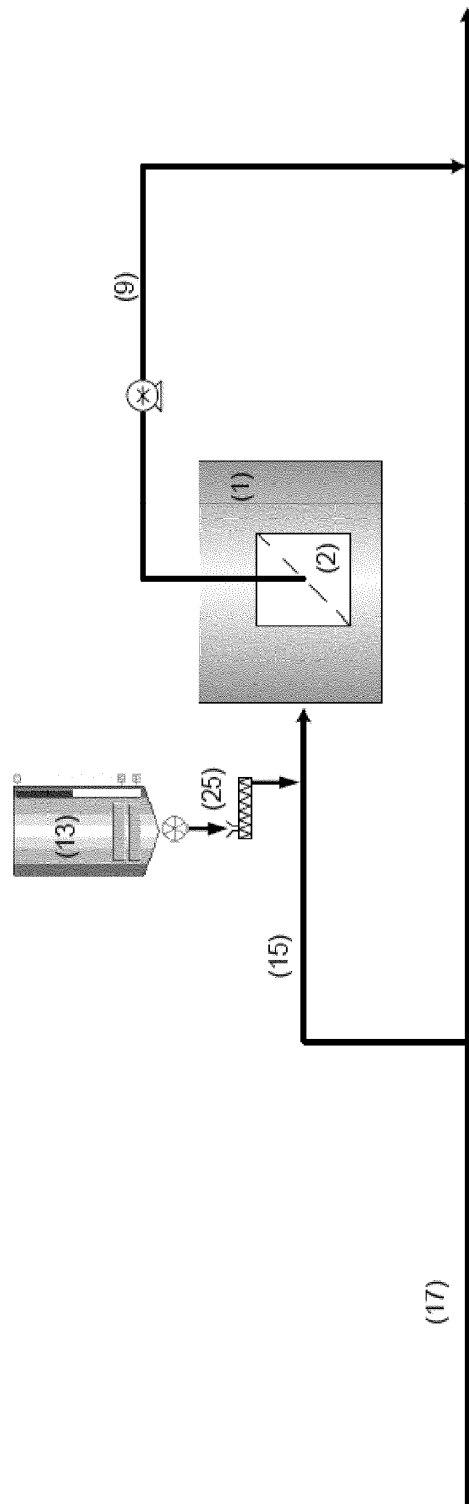


Fig. 10

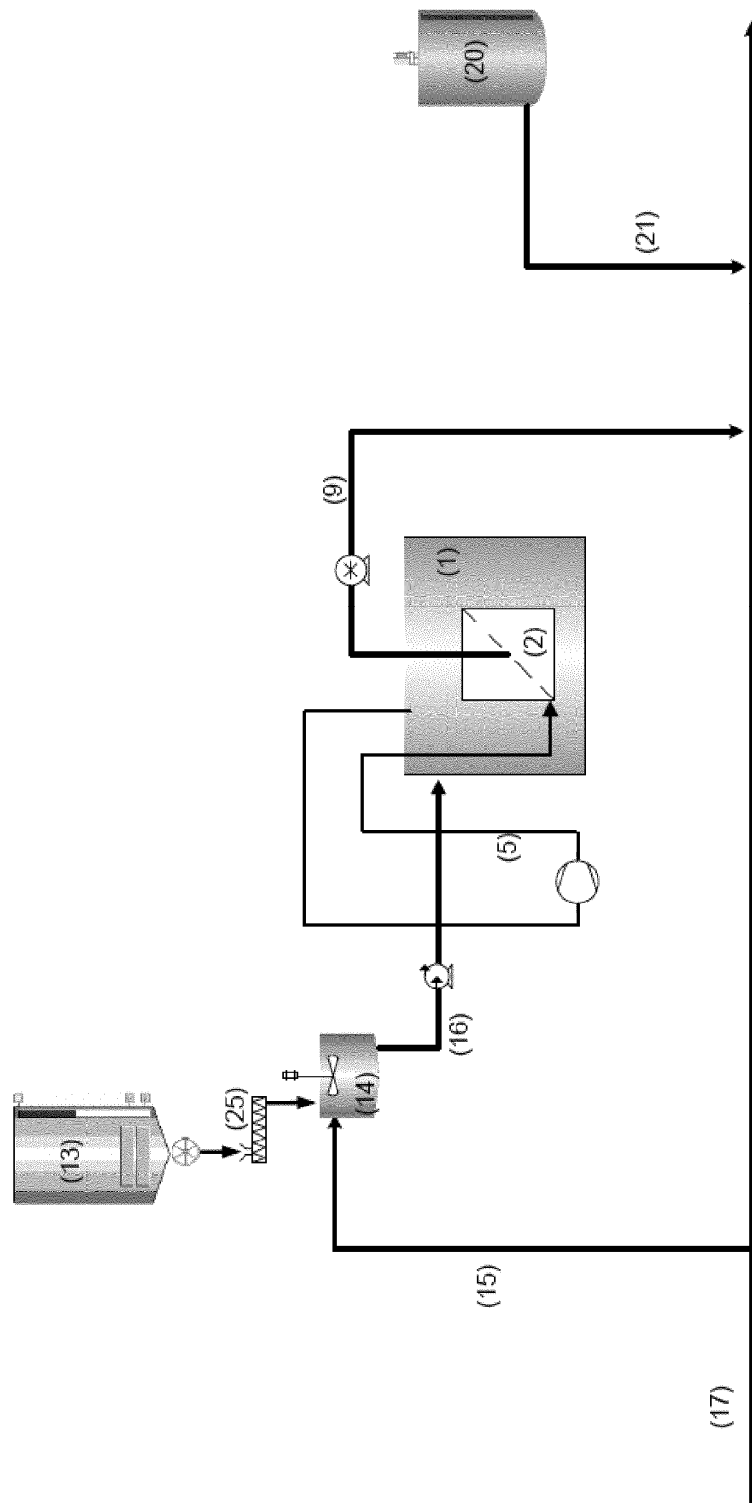


Fig. 11

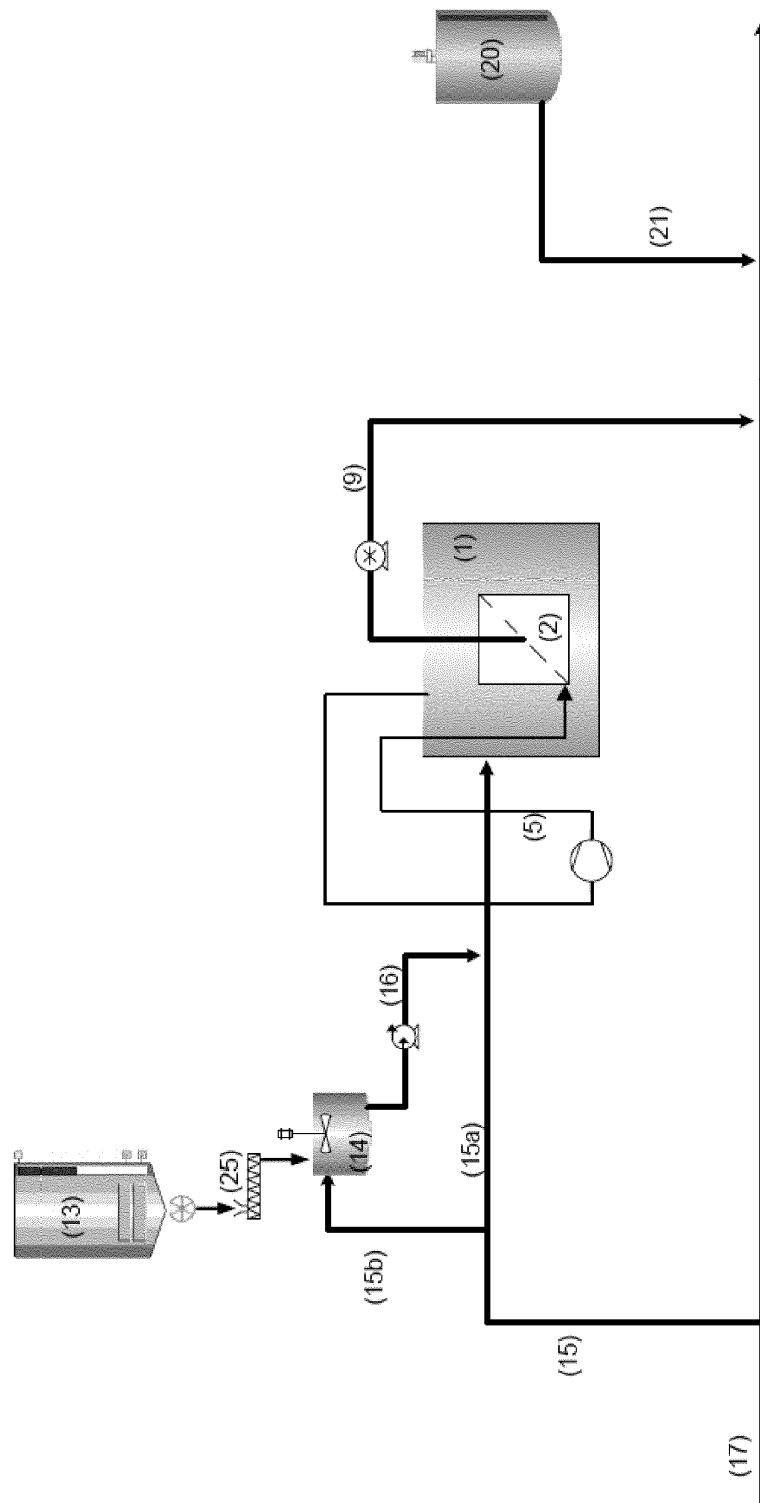


Fig. 12

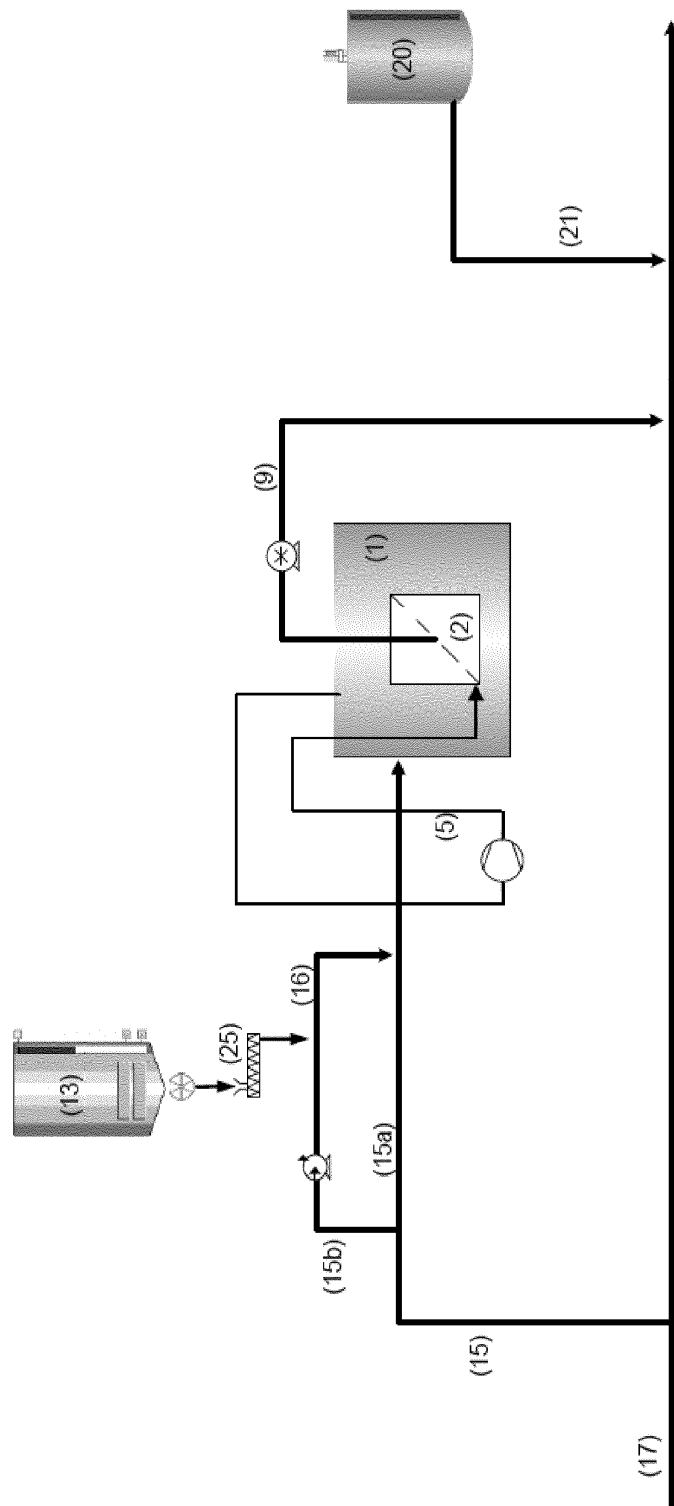


Fig. 13

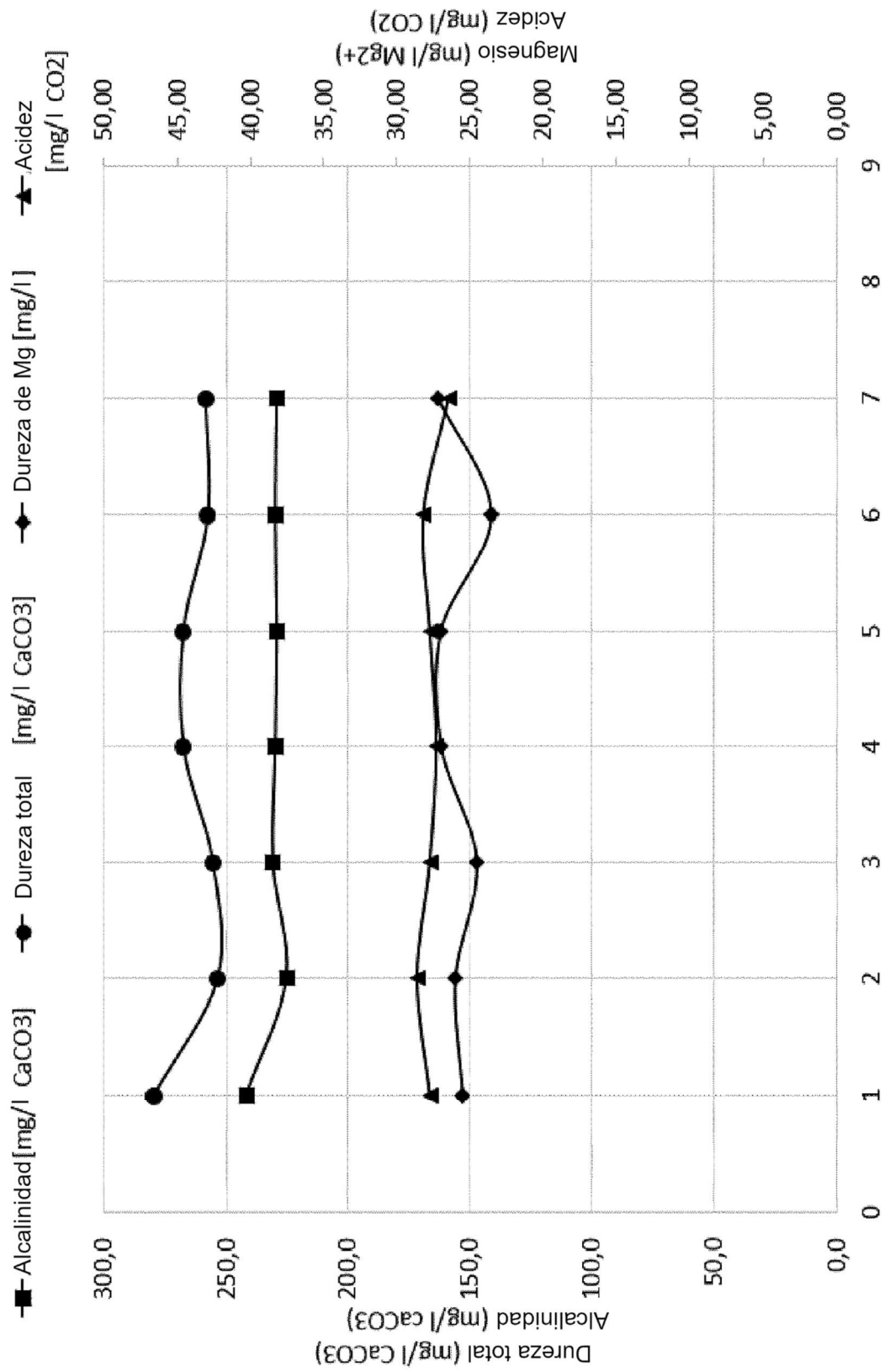


Fig. 14