

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 376**

51 Int. Cl.:

C02F 1/68 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

C02F 103/02 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2011 E 11175012 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2548848**

54 Título: **Sistema de inyección de una suspensión de CaCO₃ micronizada para la remineralización del agua desalinizada y dulce**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.06.2015

73 Titular/es:

**OMYA INTERNATIONAL AG (100.0%)
Baslerstrasse 42
4665 Oftringen, CH**

72 Inventor/es:

**SKOVBY, MICHAEL y
POFFET, MARTINE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 537 376 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

Sistema de inyección de una suspensión de CaCO_3 micronizada para la remineralización del agua desalinizada y dulce.

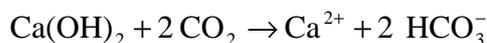
5 La invención se relaciona con el campo del tratamiento del agua y, más específicamente, con un proceso para la remineralización del agua y el uso de carbonato de calcio en dicho proceso.

10 El agua potable se ha tornado escasa. Aun en países con riqueza de aguas, no todas las fuentes y reservorios son adecuados para la producción de agua potable y muchas fuentes de hoy en día están amenazadas por un drástico deterioro de la calidad del agua. En un principio el agua abastecida para fines de agua potable era principalmente agua superficial y agua subterránea. Sin embargo, el tratamiento del agua de mar, salmuera, aguas salobres, aguas de desecho y aguas efluentes contaminadas está cobrando cada vez más importancia por razones ambientales y económicas.

15 Para recuperar agua del agua de mar o el agua salada, para uso como agua potable, se conocen varios procesos que son de considerable importancia para regiones áridas, regiones costeras e islas marinas, y esos procesos comprenden procesos de destilación electrolítica, como así también de ósmosis u ósmosis inversa. El agua obtenida en virtud de esos procesos es muy blanda y tiene un bajo valor de pH debido a la falta de sales amortiguadoras de pH y, por consiguiente, tiende a ser sumamente reactiva y, a menos que se la trate, puede generar serias dificultades de corrosión durante su transporte por cañerías convencionales. Por añadidura, el agua desalinizada no puede ser utilizada directamente como fuente de agua potable. Para impedir la disolución de sustancias nocivas en las redes de cañerías, para evitar la corrosión de los elementos hidráulicos tales como caños y válvulas y para otorgar al agua un sabor más agradable, es necesario remineralizar el agua.

20 Los procesos convencionales que se utilizan principalmente para la remineralización del agua son la disolución de la cal por el dióxido de carbono y la filtración de lechos de piedra caliza. Otros procesos de remineralización menos comunes comprenden, por ejemplo, la adición de cal hidratada y carbonato de sodio, la adición de sulfato de calcio y bicarbonato de sodio o la adición de cloruro de calcio y bicarbonato de sodio.

25 El proceso con cal conlleva el tratamiento de la solución de cal con agua acidificada con CO_2 , en el cual se incluye la siguiente reacción:



30 Como se puede deducir del esquema de reacción expuesto, se necesitan dos equivalentes de CO_2 para convertir un equivalente de Ca(OH)_2 a Ca^{2+} y bicarbonato para la remineralización. Este método depende de la adición de dos equivalentes de CO_2 , para convertir el hidróxido del anión básico a la especie de bicarbonato moduladora del pH. Para la remineralización del agua, se prepara una solución saturada de hidróxido de calcio, comúnmente denominada agua dura, de 0,1-0,2 % en peso sobre la base del peso total, a partir de una lechada de cal (habitualmente a lo sumo 5 % en peso). Por lo tanto, se debe utilizar un saturador para producir el agua dura y se necesitan grandes volúmenes de agua dura para obtener el nivel pretendido de remineralización. Otra desventaja de este método es que la cal hidratada es corrosiva y requiere una manipulación apropiada y equipamiento especializado. Más aun, una adición mal controlada de cal hidratada al agua blanda puede llevar a desplazamientos perjudiciales del pH debido a la ausencia de las propiedades moduladoras de la cal.

40 El proceso de filtración en lecho de cal comprende el paso de hacer pasar el agua blanda a través de un lecho de piedra caliza granulada que disuelve el carbonato de calcio en la corriente de agua. El contacto de la piedra caliza con el agua acidificada con CO_2 mineraliza el agua de acuerdo con lo siguiente:



A diferencia del proceso con cal, sólo se necesita estequiométricamente un equivalente de CO_2 para convertir un equivalente de CaCO_3 a Ca^{2+} y bicarbonato para la remineralización. Por añadidura, la caliza no es corrosiva y debido a las propiedades moduladoras del CaCO_3 se previenen los grandes desplazamientos del pH.

45 Una ventaja adicional del uso de carbonato de calcio en lugar de cal es su bajísima huella de dióxido de carbono. Para producir una tonelada de carbonato de calcio se emiten 75 kg de CO_2 en tanto que se emiten 750 kg de CO_2 para la producción de una tonelada de cal. Por lo tanto, el uso de carbonato de calcio en lugar de cal presenta algunos beneficios ambientales.

Sin embargo, la velocidad de disolución del carbonato de calcio granulado es baja y se necesitan grandes filtros para

el proceso de filtración de la caliza. Eso causa una huella de tamaño considerable en esos filtros y se necesitan instalaciones de grandes superficies para esos sistemas de filtración en lecho de piedra caliza.

5 Se han descrito métodos para la remineralización del agua usando lechada de cal o una suspensión de cal en US 7.374. 694 y EP 0 520826. US 5.914.046 describe un método para reducir la acidez en las descargas de efluentes utilizando un lecho de caliza pulsado. Se describe otro método de remineralización en SU1412232 A1, que desvela un método que comprende la introducción de una solución de dióxido de carbono y un material que contiene carbonato de calcio dispersado fino simultáneamente en agua desalinizada térmicamente.

10 El solicitante también tiene conocimiento de la Solicitud de patente europea no publicada 10 172 771.7 que describe un método para la remineralización del agua desalinizada y dulce mediante la inyección de una suspensión de carbonato de calcio micronizado y dióxido de carbono gaseoso en el agua alimentada.

Sin embargo, todos los documentos citados de la técnica anterior describen procesos para la remineralización del agua de alimentación que no contiene o sólo contiene una baja concentración de dióxido de carbono antes del proceso de remineralización.

15 No obstante, existe asimismo agua de alimentación con una concentración elevada o suficiente de dióxido de carbono antes del proceso de remineralización, sobre la base del nivel de remineralización pretendido. La mención de una concentración elevada o suficiente de dióxido de carbono se refiere a una cantidad de por lo menos 20 mg de CO₂ por litro de agua de alimentación.

Un tipo de agua de alimentación con una concentración tan elevada de dióxido de carbono es el agua subterránea cuyo origen es el agua que se ha estado filtrando a través de las rocas calcáreas o debido a condiciones anaerobias.

20 Se puede encontrar otro tipo de agua de alimentación que tiene una concentración de dióxido de carbono de por lo menos 20 mg/l, por ejemplo, durante el tratamiento de las aguas de desecho de una planta de aguas servidas. Esto es así porque un paso del tratamiento del agua residual consiste en la desalinización del agua residual mediante el uso de ósmosis inversa. Sin embargo, para prevenir o reducir la formación de incrustaciones en las membranas del aparato de ósmosis inversa, se agrega en particular ácido sulfúrico al agua de alimentación a la ósmosis inversa para bajar el pH. La adición de ácido en la alimentación a la ósmosis inversa lleva a una conversión de la especie de carbonato en el agua de alimentación a dióxido de carbono libre, que no se retira de las membranas del aparato de ósmosis inversa y, por consiguiente, está presente en el agua de alimentación que sale del aparato de ósmosis. No obstante, este exceso de dióxido de carbono presente en el agua de alimentación tiene que ser separado antes de la adición de cal. En la actualidad, la retirada del exceso de dióxido de carbono del agua de alimentación se lleva a cabo utilizando descarbonadores que consumen dinero, tiempo y energía.

35 Un objetivo de la presente invención es dar a conocer un proceso para la remineralización del agua que no requiere un compuesto corrosivo y, por consiguiente, evita el peligro de incrustación, elimina la necesidad de equipamiento resistente a la corrosión y ofrece un ambiente seguro para la gente que trabaja en la planta. También sería conveniente presentar un proceso ambientalmente amigable y que reduzca los costos operativos merced a la omisión de un paso del proceso que consume gran cantidad de tiempo, energía y dinero.

Otro objetivo de la presente invención es dar a conocer un proceso para la remineralización del agua en el cual se puede ajustar la cantidad de minerales a los valores pretendidos.

40 Otro objetivo de la presente invención es dar a conocer un proceso para la remineralización del agua utilizando piedra caliza que permite el uso de unidades de remineralización más pequeñas, o dar a conocer un proceso de remineralización que permite el uso de volúmenes más pequeños de compuesto remineralizante, por ejemplo, en comparación con el proceso de cal. También sería ventajoso presentar un proceso que pueda ser ejecutado en plantas de menor superficie que el proceso de filtración en lecho de caliza.

Los mencionados y otros objetivos se cumplen mediante la provisión de un proceso para la remineralización del agua como se define en la reivindicación 1.

45 De acuerdo con la presente invención, se presenta el uso de carbonato de calcio micronizado para la remineralización del agua.

Las realizaciones ventajosas de la presente invención se definen en las correspondientes reivindicaciones subordinadas.

50 De acuerdo con la presente invención, la concentración de carbonato de calcio en la suspensión es de 2 a 40 % en peso, sobre la base del peso total de la suspensión. De acuerdo con la presente invención, el carbonato de calcio tiene un tamaño de partícula de 0,1 a 5 µm. De acuerdo la presente invención, el carbonato de calcio tiene un

contenido insoluble de HCl de 0,02 a 0,6 % en peso sobre la base del peso total del carbonato de calcio micronizado. De acuerdo con otra de las realizaciones, el carbonato de calcio es un carbonato de calcio natural, carbonato de calcio modificado o carbonato de calcio precipitado o mezclas de los mismos.

5 De acuerdo con una realización, la suspensión comprende otros minerales con contenido de magnesio, potasio o sodio, preferentemente carbonato de magnesio, carbonato de magnesio y calcio, por ejemplo, caliza dolomítica, dolomita calcárea, dolomita o dolomita medio calcinada; óxido de magnesio tal como dolomita calcinada, sulfato de magnesio, hidrógeno carbonato de potasio o hidrógeno carbonato de sodio. De acuerdo con otra realización, la suspensión se prepara una suspensión nueva mezclando agua y el carbonato de calcio. De acuerdo otra de las realizaciones, el período de tiempo entre la preparación de la suspensión y la inyección de la suspensión es inferior a 48 horas, inferior a 24 horas, inferior a 12 horas, inferior a 5 horas, inferior a 2 horas o inferior a 1 hora. De acuerdo con una forma de realización adicional, la suspensión inyectada reúne los requisitos de calidad microbiológica estipulados por las regulaciones nacionales para el agua potable.

15 De acuerdo con una realización, el agua remineralizada obtenida tiene una concentración de calcio en forma de carbonato de calcio de 15 a 200 mg/l, preferentemente de 50 a 150 mg/l y muy preferentemente de 100 a 125 mg/l, o de 15 a 100 mg/l, preferentemente de 20 a 80 mg/l y muy preferentemente de 40 a 60 mg/l.

De acuerdo con otra forma de realización el agua remineralizada obtenida tiene una concentración de magnesio de 5 a 25 mg/l, preferentemente de 5 a 15 mg/l y muy preferentemente de 8 a 12 mg/l. De acuerdo con una forma de realización adicional, el agua remineralizada tiene un valor de turbiedad de menos de 5,0 NTU, menos de 1,0 NTU, menos de 0,5 NTU, o menos de 0,3 NTU.

20 De acuerdo con otra realización preferida, el agua remineralizada tiene un Índice de Saturación de Langelier de -2 a 1, preferentemente de -1,9 a 0,9 y muy preferentemente de -0,9 a 0. De acuerdo con otra forma de realización, el agua remineralizada tiene un Índice de Densidad de Sedimentos SDI₁₅ inferior a 5, preferentemente inferior a 4, y muy preferentemente inferior a 3. De acuerdo con otra forma de realización adicional, el agua remineralizada tiene un Índice de Atascamiento de la Membrana MFI_{0,45} inferior a 4, preferentemente inferior a 2,5, muy preferentemente inferior a 2.

De acuerdo con una realización, el agua de alimentación es agua de mar desalinizada, agua salobre o salmuera, aguas residuales tratadas o agua natural tal como agua subterránea, agua superficial o agua de lluvia y preferentemente agua de mar desalinizada, agua salobre o salmuera, agua residual tratada o agua subterránea.

30 De acuerdo con una realización, el agua remineralizada se mezcla con el agua de alimentación. De acuerdo con otra forma de realización, el proceso comprende además un paso de retirada de partículas.

35 De acuerdo con una realización, el proceso comprende además los siguientes pasos (d) medir un valor paramétrico del agua remineralizada, donde el parámetro es seleccionado del grupo que comprende alcalinidad, dureza total, conductividad, concentración de calcio, pH, concentración de CO₂, total de sólidos disueltos y turbiedad del agua remineralizada, (e) comparar el valor paramétrico medido con un valor paramétrico predeterminado y (f) aportar la cantidad de suspensión inyectada sobre la base de la diferencia entre el valor paramétrico medido y el predeterminado. De acuerdo con otra forma de realización el valor paramétrico predeterminado es un valor de pH, donde el valor de pH es de 5,5 a 9, preferentemente de 7 a 8,5.

40 De acuerdo con una forma de realización el carbonato de calcio micronizado es utilizado para la remineralización de agua, donde el agua remineralizada es seleccionada entre agua potable, agua para recreación tal como agua para piscinas, agua industrial para aplicaciones de procesos, agua de riego o agua para recarga de acuíferos o pozos.

El término "alcalinidad (TAC)" utilizado en la presente invención es una medida de la capacidad de una solución para neutralizar los ácidos al punto de equivalencia del carbonato o el bicarbonato. La alcalinidad es igual a la suma estequiométrica de las bases en solución y se la especifica en mg/l como CaCO₃. Se puede medir la alcalinidad con un titulador.

45 En el marco de la presente invención, el término "concentración de calcio" se refiere al contenido total de calcio en la solución y se lo especifica en mg/l como Ca²⁺ o como CaCO₃. La concentración se puede medir con un titulador.

En el contexto de la presente invención, se utiliza el término "conductividad" como indicador del grado de ausencia de sales, ausencia de iones o ausencia de impurezas en el agua medida; cuanto más pura es el agua, más baja es la conductividad. La conductividad se puede medir con un medidor de la conductividad y se la expresa en µS/cm.

50 En el contexto de la presente invención, se utiliza la expresión "carbonato de calcio natural (GCC)" para referirse a un carbonato de calcio obtenido de fuentes naturales entre los que se incluye mármol, creta, piedra caliza o dolomita. La calcita es un mineral de carbonato y el polimorfo más estable del carbonato de calcio. Los demás

polimorfos de carbonato de calcio son los minerales aragonita y vaterita. La aragonita cambia a calcita a 380-470°C y la vaterita es aún menos estable. El carbonato de calcio natural se procesa mediante un tratamiento tal como molienda, tamizado y/o fraccionamiento en húmedo y/o en seco, por ejemplo con una centrífuga.

5 La persona con capacitación normal en la técnica sabe que el carbonato de calcio natural puede contener sustancialmente una concentración definida de magnesio, como en el caso de la calcita dolomítica.

10 El término "Índice de Saturación de Langelier (LSI)" utilizado en la presente invención describe la tendencia de un líquido acuoso a formar incrustaciones o a ser corrosivo, donde un LSI positivo indica tendencia a la formación de incrustaciones y un LSI negativo indica 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:

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

donde pH es el valor real de pH del líquido acuoso y pH_s es el valor de pH del líquido acuoso a la saturación de CaCO_3 . El pH_s puede ser estimado de la siguiente manera:

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

15 donde A es el valor numérico indicador del total de sólidos disueltos (TDS) presentes en el líquido acuoso, B es el valor numérico indicador de la temperatura del líquido acuoso en K, C es el valor numérico indicador de la concentración de calcio del líquido acuoso en mg/l de CaCO_3 y D es el valor numérico indicador de la alcalinidad del líquido acuoso en mg/l de CaCO_3 . Los parámetros A a D se determinan utilizando las siguientes ecuaciones:

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

$$20 \quad B = -13,12 \times \log_{10}(T + 273) + 34,55,$$

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

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

donde TDS es el total de sólidos disueltos en mg/l, T es la temperatura en °C, $[\text{Ca}^{2+}]$ es la concentración de calcio del líquido acuoso en mg/l de CaCO_3 y TAC es la alcalinidad del líquido acuoso en mg/l de CaCO_3 .

25 El término "Índice de Densidad de Sedimentos (SDI)" utilizado en la presente invención se refiere a la cantidad de materia en partículas presente en el agua y se correlaciona con la tendencia al atascamiento de las disposiciones de ósmosis inversa o nanofiltración. El SDI se puede calcular, por ejemplo, a partir de la tasa de obturación de una membrana de 0,45 μm al hacer que agua la atraviese a una presión de agua aplicada constante de 208,6 kPa. El valor SDI_{15} se calcula a partir de la tasa de obturación de un filtro de membrana de 0,45 μm cuando el agua la atraviesa a una presión de agua aplicada constante de 208,6 kPa durante 15 min. Por lo general, las disposiciones de ósmosis inversa arrolladas en espiral requieren un SDI inferior a 5 y las disposiciones de osmosis inversa de fibras huecas requieren un SDI inferior a 3.

35 El término "Índice de Atascamiento Modificado (MFI)" utilizado en la presente invención se refiere a la concentración de materia suspendida y es un índice más preciso que el SDI para predecir la tendencia del agua a obstruir las membranas de osmosis inversa o nanofiltración. El método que se puede utilizar para determinar el MFI puede ser el mismo que para determinar el SDI, excepto que el volumen se registra cada 30 segundos durante un período de filtración de 15 minutos. El MFI puede ser obtenido como gráfico en forma de la pendiente de la parte recta de la curva al trazar t/V contra V (t es el tiempo en segundos para coleccionar un volumen de V en litros). Un valor de MFI de <1 corresponde a un valor SDI de aproximadamente <3 y se lo puede considerar suficientemente bajo para controlar la obstrucción por sustancias coloidales y en partículas.

40 En caso de utilizar una membrana de ultrafiltración (UF) para las mediciones de MFI, el índice se denomina MFI-UF a diferencia del $\text{MFI}_{0,45}$ en que se utiliza un filtro de membrana de 0,45 μm .

45 En el contexto de la presente invención, el término "micronizado" se refiere a un tamaño de partícula en el rango micrométrico, por ejemplo, un tamaño de partícula de 0,1 a 100 μm . Las partículas micronizadas pueden ser obtenidas por técnicas basadas en fricción, por ejemplo, molienda o trituración en condiciones húmedas o secas. Sin embargo, también es posible producir las partículas micronizadas por cualquier otro método adecuado, por ejemplo, por precipitación, expansión rápida de soluciones supercríticas, secado por pulverización, clasificación o fraccionamiento de arenas o lodos de origen natural, filtración de agua, procesos sol-gel, síntesis por reacción de

atomización, síntesis con llama o síntesis de espuma líquida.

En todo el presente documento, se describe el "tamaño de partícula" de un producto de carbonato de calcio por su distribución de tamaños de partícula. El valor d_x representa el diámetro con respecto al cual x % en peso de las partículas tienen diámetros inferiores a d_x . Esto significa que el valor d_{20} es el tamaño de partícula en el cual 20 % en peso de todas las partículas son de menor tamaño y el valor d_{75} es el tamaño de partícula en el cual 75 % en peso de todas las partículas son de menor tamaño. Por consiguiente, el valor d_{50} es el tamaño de partícula medio en peso, es decir que 50 % en peso de todos los granos son más grandes o más pequeños que este tamaño de partícula. En el marco de la presente invención, el tamaño de partícula se expresa en términos de tamaño de partícula medio en peso d_{50} a menos que se indique lo contrario. Para determinar el valor de tamaño de partícula medio en peso d_{50} de las partículas con un d_{50} superior a 0,5 μm , se puede utilizar un dispositivo Sedigraph 5100 de la empresa Micromeritics, Estados Unidos.

"Carbonato de calcio precipitado (PCC)" significa, en el contexto de la presente invención, un material sintetizado, obtenido por lo general por precipitación después de la reacción del dióxido de carbono y cal en un medio acuoso o mediante la precipitación de una fuente de calcio y carbonato en agua o mediante la precipitación de iones calcio y carbonato, por ejemplo CaCl_2 y Na_2CO_3 , de una solución. El carbonato de calcio precipitado existe en tres formas cristalinas primaria: calcita, aragonita y vaterita y hay muchos polimorfos diferentes (hábitos cristalinos) por cada una de estas formas cristalinas. La calcita tiene una estructura trigonal con hábitos cristalinos típicos tales como el escalenoedro (S-PCC), romboedro (R-PCC), prismático hexagonal, pinacoidal, coloidal (C-PCC), cúbico y prismático (P-PCC). La aragonita (o aragonito) es una estructura ortorrómbica con hábitos cristalinos típicos de cristales prismáticos hexagonales hermanados, como así también una variedad diversa de formas prismáticas delgadas alargadas, en forma de hoja curva, piramidales abruptas, cristales en forma de bisel, de árbol ramificado y de coral o de tornillo sin fin.

"Carbonato de calcio modificado" se refiere, en el contexto de la presente invención, a un carbonato de calcio natural con reacción superficial que se obtiene mediante un proceso en que se hace reaccionar el carbonato de calcio natural con uno o más ácidos que tienen una pK_a a 25°C de 2,5 o menos con CO_2 gaseoso formado in situ y/o procedente de un abastecimiento externo y opcionalmente en presencia de por lo menos un aluminio silicato y/o por lo menos una sílice sintética 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 describen más detalles acerca de la preparación del carbonato de calcio natural con reacción superficial en WO 00/39222 y en US 2004/0020410 A1.

El término "remineralización" utilizado en la presente invención se refiere a la reposición de los minerales en el agua que no contiene minerales en absoluto o no los contiene en una cantidad suficiente para obtener un agua con buen sabor. Se puede obtener la remineralización mediante la adición de por lo menos carbonato de calcio al agua por tratar. Opcionalmente, por ejemplo, para otorgar beneficios sanitarios o para garantizar la ingesta apropiada de algunos minerales esenciales y oligoelementos, se pueden mezclar otras sustancias con el carbonato de calcio y luego agregarlo al agua durante el proceso de remineralización. De acuerdo con las reglamentaciones naturales sobre la salud humana y la calidad del agua potable, el producto remineralizado puede comprender otros minerales con contenido de magnesio, potasio o sodio, por ejemplo, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, hidrógeno carbonato de potasio, hidrógeno carbonato de sodio u otros minerales con contenido de oligoelementos.

En el contexto de la presente invención, una "suspensión" comprende sólidos insolubles y agua y opcionalmente otros aditivos y habitualmente contiene grandes cantidades de sólidos y, por consiguiente, es más viscosa y generalmente de mayor densidad que el líquido con el cual se ha formado.

El término "total de sólidos disueltos (TDS)" utilizado en la presente invención es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma suspendida molecular, ionizada o microgranulada (solución coloidal). En general, la definición operativa es que los sólidos deben ser suficientemente pequeños para sobrevivir a la filtración a través de un tamiz de un tamaño de dos micrómetros. Se puede estimar el total de sólidos disueltos con un medidor de la conductividad y se lo expresa en mg/l.

"Turbiedad o turbidez" describe, en el contexto de la presente invención, la veladura u opacidad de un fluido causada por partículas individuales (sólidos suspendidos) que por lo general son invisibles a simple vista. La medición de la turbiedad es una prueba clave de la calidad del agua y se puede llevar a cabo con un nefelómetro. Las unidades de turbiedad de un nefelómetro calibrado utilizado en la presente invención se expresan en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU).

El proceso de la invención para la remineralización de agua comprende los siguientes pasos (a) suministrar agua de alimentación con una concentración de dióxido de carbono de 20 a 60 mg/l, (b) suministrar una suspensión acuosa que comprende carbonato de calcio micronizado, en la que el carbonato de calcio tiene un tamaño de partícula de 0,1 a 0,5 μm y un contenido de insoluble de HCl de 0,02 al 0,6 % en peso, sobre la base del peso total del carbonato

de calcio y (c) combinar el agua de alimentación del paso (a) y la suspensión acuosa del paso (b) para obtener agua remineralizada, en la que la concentración del carbonato de calcio en la suspensión es del 2 al 40 % en peso, sobre la base del peso total de la suspensión.

5 El agua de alimentación para usar en el proceso de la presente invención puede proceder de diversas fuentes. El agua de alimentación tratada preferentemente por el proceso de la presente invención es agua de mar, agua salobre o salmuera desalinizada, agua residual tratada o agua natural tal como agua subterránea, agua superficial o agua de lluvia y, más preferentemente agua de mar, agua salobre o salmuera desalinizada, agua residual tratada o agua subterránea.

10 De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, el agua de alimentación puede ser pretratada. Un pretratamiento puede ser necesario, por ejemplo, en caso de obtenerse el agua de alimentación de agua superficial, agua subterránea o agua de lluvia. Por ejemplo, para obtener las especificaciones para agua potable, el agua debe ser tratada mediante el uso de técnicas químicas o físicas para eliminar contaminantes tales como sustancias orgánicas y minerales nocivos. Por ejemplo, se puede utilizar la ozonización como primer paso de pretratamiento, seguido por coagulación, floculación o decantación como segundo paso de tratamiento. Por ejemplo, se pueden utilizar 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 como agentes de floculación. Los materiales floculados pueden ser eliminados del agua de alimentación, por ejemplo, por medio de filtros de arena o filtros multiestratificados. Otros procesos de purificación de agua que se pueden utilizar para pretratar el agua de alimentación han sido descritos, por ejemplo, en EP 1 975 310, EP 1 982 759, EP 1 974 807 o EP 1 974 806.

20 De acuerdo con otra realización ilustrativa de la presente invención, en primer lugar se extrae con bombas agua de mar o agua salobre del mar a través de tomas oceánicas abiertas o tomas subsuperficiales tales como pozos y luego se la somete a pretratamientos físicos tales como cribas, sedimentación o un proceso de retirada de arena. Dependiendo de la calidad necesaria del agua, pueden ser necesarios pasos adicionales de tratamiento tales como coagulación y floculación para reducir la obstrucción potencial de las membranas. El agua de mar o agua salobre pretratada puede ser destilada a continuación, por ejemplo, empleando destilación instantánea en múltiples etapas, destilación de efectos múltiples o filtración con membrana tal como ultrafiltración u ósmosis inversa, para eliminar el resto de las partículas y sustancias disueltas.

25 Se induce la remineralización del agua de alimentación combinando el agua de alimentación que tiene una concentración de dióxido de carbono de 20 a 60 mg/l con la suspensión acuosa que comprende el carbonato de calcio micronizado. La combinación del agua de alimentación y la suspensión acuosa se puede obtener por métodos comunes conocidos por la persona con capacitación en la técnica y, por ejemplo, inyectando la suspensión acuosa que contiene el carbonato de calcio micronizado en el agua de alimentación.

El carbonato de calcio micronizado tiene un tamaño de partícula en el rango micrométrico. De acuerdo con la presente invención, el calcio micronizado tiene un tamaño de partícula de 0,1 a 5 μm .

35 Los ejemplos de carbonatos de calcio adecuados son carbonato de calcio molido, carbonato de calcio modificado o carbonato de calcio precipitado, o una mezcla de estos. Un carbonato de calcio molido (GCC) puede contener, por ejemplo, uno o más de mármol, piedra caliza, creta y/o dolomita. Un carbonato de calcio precipitado (PCC) puede consistir, por ejemplo, en una o más formas mineralógicas de cristales aragoníticos, vateríticas y/o calcíticas. La aragonita se presenta comúnmente en forma aciculada, en tanto que la vaterita pertenece al sistema de cristales hexagonales. La calcita puede formar formas escalenoédricas, prismáticas, esféricas y romboédricas. Un carbonato de calcio modificado puede presentar un carbonato de calcio natural molido o precipitado con modificación superficial y/o de la estructura interna, por ejemplo, se puede tratar o revestir el carbonato de calcio con un agente de tratamiento superficial hidrofobizante tal como, por ejemplo, un ácido carboxílico alifático o un siloxano. Se puede tratar o revestir el carbonato de calcio para tornarlo catiónico o aniónico, por ejemplo con un poliacrilato o polidamc.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, el carbonato de calcio micronizado es un carbonato de calcio molido (GCC). De acuerdo con una realización preferida, el carbonato de calcio micronizado es un carbonato de calcio molido.

40 De acuerdo con la presente invención, el carbonato de calcio micronizado comprende un contenido insoluble en HCl de 0,02 a 0,6 % en peso sobre la base del peso total del carbonato de calcio micronizado. El contenido insoluble en HCl del carbonato de calcio micronizado no es superior a 0,6 % en peso sobre la base del peso total del carbonato de calcio micronizado. El contenido insoluble en HCl puede consistir, por ejemplo, en minerales tales como cuarzo, silicato o mica.

45 Además del carbonato de calcio micronizado, la suspensión puede comprender otros minerales micronizados. De acuerdo con una forma de realización, la suspensión puede comprender carbonato de magnesio micronizado,

carbonato de magnesio y calcio, por ejemplo caliza dolomítica, dolomita calcárea, dolomita o dolomita medio calcinada; óxido de magnesio tal como dolomita calcinada, sulfato de magnesio, hidrógeno carbonato de potasio, hidrógeno carbonato de sodio u otros minerales con contenido de oligoelementos esenciales.

5 De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, la suspensión se prepara en el momento mezclando agua y el carbonato de calcio micronizado. La preparación en el lugar de la suspensión puede ser preferible, ya que las suspensiones premezcladas pueden requerir la adición de otros agentes tales como estabilizadores o biocidas, que pueden ser compuestos perjudiciales en el agua remineralizada. De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el período de tiempo entre la preparación de la suspensión y la inyección de la suspensión es suficientemente breve para evitar el desarrollo de bacterias en la suspensión. De
10 acuerdo con una realización ilustrativa, el período de tiempo entre la preparación de la suspensión y la inyección de la suspensión es de menos de 48 horas, menos de 24 horas, menos de 12 horas, menos de 5 horas, menos de 2 horas o menos de 1 hora. De acuerdo con otra forma de realización de la presente invención, la suspensión inyectada reúne los requisitos microbiológicos de calidad estipulados por las reglamentaciones nacionales para el agua potable.

15 La suspensión se puede preparar, por ejemplo, empleando una mezcladora tal como una agitadora mecánica para diluir suspensiones o un dispositivo mezclador de polvo-líquido específico para suspensiones más concentradas. Dependiendo de la concentración de la suspensión preparada el tiempo de mezclado puede ser de 0,5 a 30 min, de 1 a 20 min, de 2 a 10 min o de 3 a 5 min. De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, la suspensión se prepara utilizando una máquina mezcladora, donde la máquina mezcladora permite el mezclado y
20 dosificación simultáneos de la suspensión.

El agua utilizada para la preparación de la suspensión puede ser, por ejemplo, agua destilada, agua de alimentación o aguas industriales.

De acuerdo con una forma de realización la suspensión con contenido de carbonato de calcio micronizado es inyectada directamente en una corriente de agua de alimentación. Por ejemplo, la suspensión puede ser inyectada
25 en la corriente de agua de alimentación a velocidad controlada por medio de una bomba que comunica con un recipiente de almacenamiento para la suspensión. Preferentemente, la suspensión puede ser inyectada en la corriente de agua de alimentación a una velocidad de 1 a 10 litros por metro cúbico de agua de alimentación dependiendo de la concentración de la suspensión. De acuerdo con otra forma de realización, se mezcla la suspensión con contenido de carbonato de calcio micronizado con el agua de alimentación en una cámara de
30 reacción, por ejemplo, usando una mezcladora tal como una agitadora mecánica. De acuerdo con otra forma de realización adicional, la suspensión es inyectada en un tanque que recibe el flujo total de agua de alimentación.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, sólo se remineraliza una parte del agua de alimentación mediante la inyección de la suspensión y, seguidamente, se combina el agua remineralizada con agua de alimentación sin tratar. Opcionalmente, sólo se remineraliza parte del agua de alimentación a una concentración
35 elevada de carbonato de calcio en comparación con los valores objetivo finales y, a continuación, se combina el agua remineralizada con agua de alimentación sin tratar.

De acuerdo con otra forma de realización el agua tratada o parte del agua tratada se filtra, por ejemplo, por ultrafiltración, para reducir aún más la turbiedad del agua remineralizada.

40 De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, la suspensión es inyectada en una cantidad tal que se obtenga la disolución completa del carbonato de calcio.

La cantidad de carbonato de calcio inyectada en el agua de alimentación es seleccionada de manera tal que se produzca un agua de la calidad pretendida. Por ejemplo se puede evaluar la calidad del agua remineralizada por el Índice de Saturación de Langelier (LSI). De acuerdo con una forma de realización, el agua remineralizada tiene un Índice de Saturación de Langelier de -2 a 1, preferentemente de -1,9 a 0,9 y muy preferentemente de -0,9 a 0. De
45 acuerdo con otra forma de realización, el agua remineralizada tiene un Índice de Densidad de Sedimentos SDI₁₅ inferior a 5, preferentemente inferior a 4 y muy preferentemente inferior a 3. De acuerdo con otra forma de realización adicional, el agua remineralizada tiene un Índice de Atascamiento de la Membrana MF_{0,45} inferior a 4, preferentemente inferior a 2,5, muy preferentemente inferior a 2. La evaluación se puede realizar, por ejemplo, midiendo continuamente el pH del agua de alimentación tratada. Dependiendo del sistema de remineralización, se puede medir el pH del pH tratado, por ejemplo, en una corriente de agua tratada, en una cámara de reacción en la cual se mezclan la suspensión y el agua de alimentación, o en un tanque de almacenamiento del agua remineralizada. De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, el pH se mide 30 min, 20 min, 10 min, 5 min o 2 min después del paso de remineralización. La determinación del valor de pH se puede efectuar a temperatura ambiente, es decir a aproximadamente 20°C.

55 De acuerdo con una realización ilustrativa de la invención, se controla la cantidad de suspensión inyectada mediante

la detección del valor de pH del agua de alimentación tratada. Por otra parte, o además, se controla la cantidad de suspensión inyectada detectando parámetros tales como alcalinidad, dureza total, conductividad, concentración de CO₂, pH, concentración de calcio, total de sólidos disueltos, o turbiedad. De acuerdo con una forma de realización, el proceso de la presente invención comprende además los siguientes pasos (d) medir un valor paramétrico del agua remineralizada, donde el parámetro es seleccionado del grupo que incluye alcalinidad, dureza total, conductividad, concentración de calcio, pH, concentración de CO₂, total de sólidos disueltos o turbiedad del agua remineralizada, (e) comparar el valor paramétrico medido con un valor paramétrico predeterminado y (f) aportar la cantidad de suspensión inyectada sobre la base de la diferencia entre el valor paramétrico medido y el predeterminado.

De acuerdo con una forma de realización, el valor paramétrico predeterminado es un valor de pH, donde el valor de pH es de 5,5 a 9, preferentemente de 7 a 8,5.

La Fig. 1 ilustra un esquema de un aparato que se puede utilizar para poner en práctica el método de la presente invención. El agua de alimentación fluye desde un reservorio (1) hacia una cañería (2). Hay una boca de entrada (4) situada en la dirección de salida de la cañería (2) a través de la cual se inyecta la suspensión con contenido de carbonato de calcio micronizado en la corriente de agua de alimentación desde un tanque de almacenamiento (6) para la suspensión. La suspensión se prepara en el lugar empleando una mezcladora adecuada (8) mezclando agua que se obtiene del reservorio (1) a través de un caño (10) y carbonato de calcio micronizado procedente de un recipiente de almacenamiento (12). El pH del agua remineralizada se puede medir más cerca de la salida que la boca de entrada de suspensión (10) en un punto de muestreo (14). De acuerdo con una forma de realización, el caudal de agua de alimentación es de 20 000 y 500 000 m³ por día.

El proceso de la invención se puede utilizar para producir agua potable, agua para recreación tal como agua para piscinas, agua industrial para aplicaciones de procesos, agua de riego o agua para recarga de acuíferos o pozos.

De acuerdo con una forma de realización, las concentraciones de dióxido de carbono y carbonato de calcio en el agua remineralizada cumplen con los valores exigidos para la calidad del agua potable, que son estipulados por reglamentaciones nacionales. De acuerdo con una forma de realización, el agua remineralizada obtenida por el proceso de la presente invención tiene una concentración de calcio de 15 a 200 mg/l en forma de CaCO₃, preferentemente de 50 a 150 mg/l en forma de CaCO₃ y muy preferentemente de 100 a 125 mg/l as CaCO₃, o de 15 a 100 mg/l, preferentemente de 20 a 80 mg/l y muy preferentemente de 40 a 60 mg/l. En caso de que la suspensión comprenda una sal de magnesio adicional tal como carbonato de magnesio o sulfato de magnesio, el agua remineralizada obtenida mediante el proceso de la presente invención puede tener una concentración de magnesio de 5 a 25 mg/l, preferentemente de 5 a 15 mg/l y muy preferentemente de 8 a 12 mg/l.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención el agua remineralizada tiene una turbiedad de menos de 5,0 NTU, menos de 1,0 NTU, menos de 0,5 NTU, o menos de 0,3 NTU.

De acuerdo con una realización ilustrativa de la presente invención, el agua remineralizada tiene un LSI de -0,9 a +0,0, una concentración de calcio de 15 a 200 mg/l, una concentración de magnesio de 5 a 25 mg/l, una alcalinidad de entre 20 y 100 mg/l en forma de CaCO₃, un pH de entre 7 y 8,5 y una turbiedad de menos de 1,0 NTU.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, se lleva a cabo un paso de retirada de partículas después de la mineralización, por ejemplo, para reducir el nivel de turbiedad del agua remineralizada. También es posible llevar a cabo un paso de retirada de las partículas antes de la inyección de la suspensión, por ejemplo, para reducir el nivel de turbiedad del agua de alimentación o parte del agua de alimentación. De acuerdo con una forma de realización, se lleva a cabo un paso de sedimentación. Por ejemplo, el agua de alimentación y/o el agua remineralizada pueden ser transportadas por caños a un clarificador o tanque de almacenamiento para reducir aún más el nivel de turbiedad del agua. De acuerdo con otra forma de realización, las partículas se eliminan por decantación. Por otro lado, se puede filtrar por lo menos una parte del agua de alimentación y/o del agua remineralizada, por ejemplo, por ultrafiltración, para reducir aún más el nivel de turbiedad del agua.

Se describe ahora la invención en forma detallada mediante los siguientes ejemplos.

Ejemplos

Métodos de medición:

Medición del CO₂

Se determinó la concentración de dióxido de carbono contenido en las muestras de agua de alimentación utilizando un método de titulación. El principio de este método consiste en que el CO₂ reacciona con carbonato de sodio o hidróxido de sodio para formar bicarbonato de sodio (NaHCO₃). La conclusión de la reacción se indica potenciométrica o mediante el desarrollo del característico color rosado del indicador de fenolftaleína en pH de

equivalencia de 8,3.

Se llevó a cabo la titulación del agua de alimentación a 25°C usando un Mettler Toledo M 416.

Se realizó en primer lugar una calibración de tres puntos (de acuerdo con el método de segmentos) del instrumento empleando soluciones buffer existentes en el comercio (de Mettler Toledo) con valores de pH de 4,01, 7,00 y 9,21.

- 5 A continuación se midió el pH de una muestra de 100 ml de agua de alimentación en función de la cantidad de agente de titulación utilizado hasta alcanzar el punto final de pH 8. En la presente medición el agente de titulación fue una solución de hidróxido de sodio de 0,01 mol/l.

Según la cantidad de agente de titulación necesaria para alcanzar el punto final de 8,3 y utilizando la siguiente ecuación (I), se puede calcular fácilmente el contenido de CO₂.

$$10 \quad \text{mg CO}_2/\text{l} = \frac{A \times N \times 44000}{b} \quad (I)$$

donde:

A = ml de agente de titulación, N = normalidad del NaOH y b = ml de muestra.

Área superficial específica BET

- 15 Se determinó el área superficial específica BET (que también se designa SSA) de acuerdo con ISO 9277 usando un Tristar II 3020 comercializado por la compañía MICROMERITICS™.

Distribución de tamaños de partícula (% en masa de partículas con un diámetro < X μm) y diámetro de partícula medio en peso (d₅₀) del material en partículas (d₅₀ (μm))

Sedigraph™ 5100

- 20 Se determinó el diámetro medio en peso de partícula y la distribución en masa de diámetros de partícula de un material en partículas mediante el método de sedimentación, es decir un análisis del comportamiento de sedimentación en un campo gravimétrico. La medición se efectúa con un Sedigraph™ 5100 comercializado por la empresa MICROMERITICS™.

- 25 El método y el instrumento son conocidos por el experto en la materia y de uso habitual para determinar el tamaño de partícula de materiales de carga y pigmentos. Se prepararon las muestras agregando una cantidad del producto correspondiente a 4 g de PCC seco a 60 ml de una solución acuosa de 0,1 % en peso de Na₄P₂O₇. Las muestras fueron dispersadas durante 3 minutos empleando un agitador de alta velocidad (Polytron PT 3000/3100 a 15.000 rpm). A continuación se las sometió a ultrasonido empleando un baño ultrasónico por espacio de 15 minutos y luego se lo agregó a la cámara de mezclado del Sedigraph.

Sólidos en peso (% en peso) de un material en suspensión

- 30 Se determinó la cantidad de sólidos en peso (también denominada contenido de sólidos de un material) dividiendo el peso del material sólido por el peso total de la suspensión acuosa.

Se determinó el peso del material sólido pesando el material sólido obtenido por la evaporación de la fase acuosa de la suspensión y secando el material obtenido a un peso constante.

- 35 Los productos micronizados empleados para la preparación de las suspensiones de la presente invención consistieron en varias rocas de carbonato micronizado:

- un carbonato de calcio de mármol con un contenido insoluble en HCl de 1,5 % en peso de Bathurst, Australia, con un d₅₀ = 2,8 μm (**muestra A**),
- un carbonato de calcio de mármol con un contenido insoluble en HCl de 0,1 % en peso de Salses, Francia, con dos tamaños de partículas diferentes d₅₀ = 5,5 μm (**muestra D**) y d₅₀ = 3,5 μm (**muestra E**),
- 40 ▪ un carbonato de calcio de piedra caliza con un contenido insoluble en HCl de 0,7 % en peso de Superior, Arizona (**muestra F**: d₅₀ = 3,5 μm),

- un carbonato de calcio de mármol con un contenido insoluble en HCl de 1,0 % en peso de Lucerne Valley, California (**muestra J**: $d_{50} = 2,0 \mu\text{m}$)
- un carbonato de calcio de piedra caliza con un contenido insoluble en HCl de 0,1 % en peso de Orgon, Francia (**muestra K**: $d_{50} = 3,0 \mu\text{m}$)

5 La Tabla 1 resume los diferentes productos empleados durante los ensayos de remineralización

Tabla 1

Muestras	Roca de carbonato de calcio	d_{50} (μm)	insoluble en HCl (%)
A	Mármol	2,8	1,5
D	Mármol	5,5	0,2
E	Mármol	3,5	0,2
F	Piedra caliza	3,5	0,7
J	Mármol	2,0	1,0
K	Piedra caliza	3,0	0,1

Índice de Atascamiento de la Membrana (MFI) e Índice de Saturación de Langelier (LSI) durante la remineralización del agua RO:

- 10 El producto permeado producido por los procesos de desalinización es corrosivo para el hormigón y el metal debido a su bajo pH y valor LSI. Si no se estabiliza el permeado permite la lixiviación del calcio del hormigón desprotegido en los tanques de almacenamiento o pozos y corroe el caño de hierro dúctil forrado con mortero de cemento utilizado para la distribución del agua. En la mayoría de las plantas avanzadas de tratamiento del agua y aguas residuales, el permeado es estabilizado mediante la adición de sustancias químicas tales como cal.
- 15 Sin embargo, la dosificación de los productos químicos para el tratamiento posterior puede dar lugar a una elevada turbiedad ($> 0,2$ NTU) y niveles elevados de materiales en partículas (alto Índice de Atascamiento Modificado, por ejemplo en el rango de 2 - 15 unidades) en el agua tratada final, aumentando de esa manera el potencial de obstrucción de los pozos de inyección.
- 20 En el caso del uso potable indirecto, la inyección a los pozos de barrera para controlar la intrusión del agua de mar, la especificación para la turbiedad del agua del permeado ha de ser $< 0,2$ unidades NTU y el índice de atascamiento modificado (MFI) debe ser $< 2,0$ unidades.

Se obtuvo el agua de alimentación utilizada para los ensayos de remineralización de los presentes ejemplos de un proceso de desalinización por ósmosis inversa de dos plantas de aguas residuales diferentes (Planta 1 y Planta 2) y tenía los siguientes parámetros:

Parámetro	Planta 1	Planta 2
pH	5,58	5,54
Alcalinidad (mg/l en forma de CaCO_3)	21,0	9,0
Dureza de Ca^{2+} (mg/l)	0,8	0,8
CO_2 (mg/l)	35,0	45,0
Turbiedad (NTU)	0,3	0,2
TDS (mg/l)	12,6	6,7
LSI	-5,0	-5,3
MFI	0,1	0,3

- 25 Los ensayos de remineralización del permeado RO se realizaron utilizando frascos cúbicos de 2 litros con el propósito de aumentar la dureza del agua RO, por ejemplo 0,8 mg/l en forma de CaCO_3 , hasta el objetivo de aproximadamente 50 mg/l en forma de CaCO_3 .

- 30 Se investigaron diferentes tipos de carbonato de calcio micronizado (muestras A, D, E, F, J y K) por análisis de MFI y LSI. El contenido de sólidos de las suspensiones de CaCO_3 era de 3,5 % en peso, sobre la base del peso del

carbonato de calcio micronizado. Se agregó una dosis apropiada de las suspensiones de CaCO₃ para obtener la calidad del agua pretendida. El agua estabilizada final debe alcanzar los siguientes requisitos de calidad:

Parámetro	Valor
pH	6,5 a 8,5
Alcalinidad, mg/l en forma de CaCO ₃	40 a 80
Calcio, mg/l	10 a 50
LSI	-0,5 a 0,0
Turbiedad, NTU	< 0,2
MFI	< 2,0

5 Después de agregar la suspensión de CaCO₃, se dejó mezclar las muestras por espacio de 4 horas y se recogieron muestras a los 10, 20, 30, 60, 120 y 240 minutos. Se midió la turbiedad, pH, alcalinidad total y dureza por calcio en las ocasiones individuales de muestreo. Se determinó el tiempo de equilibrado como tiempo en que se estabilizó la turbiedad. Una vez alcanzado el tiempo de equilibrado, se calculó el LSI y se midió el MFI.

10 La tabla 2 expone los diferentes resultados obtenidos con respecto a la remineralización de dos aguas RO diferentes después de la adición de aproximadamente 50 mg/l en forma de CaCO₃ usando suspensiones CaCO₃ al 3,5 % en peso, sobre la base del peso del carbonato de calcio micronizado.

Tabla 2

Suspensiones de CaCO ₃	Abast. de agua RO	Tiempo de Equilibrado (min)	pH	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Turbiedad (NTU)	LSI (unidades)	MFI (unidades)
Muestra J* (mármol, d ₅₀ = 2,0 µm)	Planta 1	120	7,6	49	1,3	-1,2	1,6
Muestra F* (piedra caliza, d ₅₀ = 3,5 µm)	Planta 1	120	7,5	49	0,7	-0,88	1,9
Muestra J* (mármol, d ₅₀ = 2,0 µm)	Planta 2	120	7,8	41	1,3	-0,88	1,3
Muestra F* (piedra caliza, d ₅₀ = 3,5 µm)	Planta 2	120	7,8	43	1,7	-1,02	1,7
Muestra K (piedra caliza, d ₅₀ = 3,0 µm)	Planta 2	120	7,9	44	0,5	-1,61	0,1
Muestra E (mármol, d ₅₀ = 3,5 µm)	Planta 2	120	7,9	43	0,9	-1,8	0,62
Muestra D* (mármol, d ₅₀ = 5,5 µm)	Planta 2	120	7,9	41	1,2	-1,7	0,5
Muestra A* (mármol, d ₅₀ = 2,8 µm)	Planta 2	120	8,0	48	1,4	-1,85	1,9

* ejemplos de referencia que no son parte de la invención

15 Como se puede deducir de la Tabla 2, el uso de productos de carbonato de calcio micronizado para la remineralización del agua RO reunió los requisitos de calidad del agua en cuanto a pH, alcalinidad total, dureza por calcio y MFI en todas las pruebas realizadas. Los productos de carbonato de calcio micronizado presentaron un nivel de turbiedad de entre 0,5 y 1,7 NTU y valores de LSI de entre -1,85 y -0,88. Basándose en las mediciones de turbiedad con respecto al tiempo, el tiempo de equilibrado necesario para la disolución de los productos de carbonato de calcio fue de aproximadamente 120 minutos.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la remineralización de agua que comprende los pasos de:
 - a) obtener agua de alimentación con una concentración de dióxido de carbono en un rango de 20 a 60 mg/l,
 - b) suministrar una suspensión acuosa que comprende carbonato de calcio micronizado, en la que el carbonato de calcio tiene un tamaño de partícula de 0,1 a 5 µm y un contenido de insoluble de HCl de 0,02 al 0,6 % en peso, sobre la base del peso total del carbonato de calcio, y
 - c) combinar el agua de alimentación del paso a) y la suspensión acuosa del paso b) para obtener agua remineralizada, en la que la concentración del carbonato de calcio en la suspensión es del 2 al 40 % en peso, sobre la base del peso total de la suspensión.
2. El proceso de la reivindicación 1, en el que la concentración de carbonato de calcio en la suspensión es de 2 a 20 % en peso, preferentemente de 3 a 15 % en peso y muy preferentemente de 5 a 10 % en peso sobre la base del peso total de la suspensión, o la concentración de carbonato de calcio en la suspensión es de 10 a 40 % en peso, de 15 a 30 % en peso, o de 20 a 25 % en peso, sobre la base del peso total de la suspensión.
3. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el carbonato de calcio es un carbonato de calcio molido, carbonato de calcio modificado o carbonato de calcio precipitado, o una mezcla de estos.
4. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la suspensión comprende otros minerales con contenido de magnesio, potasio o sodio, preferentemente carbonato de magnesio, carbonato de magnesio y calcio, por ejemplo caliza dolomítica, dolomita calcárea, dolomita o dolomita medio calcinada, óxido de magnesio tal como dolomita calcinada, sulfato de magnesio, hidrógeno carbonato de potasio o hidrógeno carbonato de sodio.
5. El proceso de la reivindicación 4, en el que el período de tiempo entre la preparación de la suspensión y la inyección de la suspensión es de menos de 48 horas, menos de 24 horas, menos de 12 horas, menos de 5 horas, menos de 2 horas o menos de 1 hora.
6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada obtenida tiene una concentración de calcio en forma de carbonato de calcio de 15 a 200 mg/l, preferentemente de 50 a 150 mg/l y muy preferentemente de 100 a 125 mg/l, o de 15 a 100 mg/l, preferentemente de 20 a 80 mg/l y muy preferentemente de 40 a 60 mg/l.
7. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el agua remineralizada obtenida tiene una concentración de magnesio de 5 a 25 mg/l, preferentemente de 5 a 15 mg/l y muy preferentemente de 8 a 12 mg/l.
8. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada tiene un valor de turbiedad inferior a 1,0 NTU, inferior a 0,5 NTU o inferior a 0,3 NTU.
9. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada tiene un Índice de Saturación de Langelier de -2 a 1, preferentemente de -1,9 a 0,9 y muy preferentemente de -0,9 a 0.
10. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada tiene un Índice de Densidad de Sedimentos SDI₁₅ inferior a 5, preferentemente inferior a 4 y muy preferentemente inferior a 3.
11. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada tiene un Índice de Atascamiento de la Membrana MFI_{0,45} inferior a 4, preferentemente inferior a 2,5, muy preferentemente inferior a 2.
12. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua de alimentación es agua de mar desalinizada, agua salobre o salmuera, aguas residuales tratadas o agua natural tal como agua subterránea, agua superficial o agua de lluvia y preferentemente agua de mar desalinizada, agua salobre o salmuera, aguas residuales tratadas o agua subterránea.
13. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agua remineralizada se combina con el agua de alimentación.
14. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el proceso comprende además un paso de retirada de partículas.

15. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el proceso comprende además los siguientes pasos:

- 5 d) medir un valor paramétrico del agua remineralizada, donde el parámetro es seleccionado del grupo que incluye alcalinidad, conductividad, concentración de calcio, pH, total de sólidos disueltos y turbiedad del agua remineralizada,
- e) comparar el valor paramétrico medido con un valor paramétrico predeterminado, y
- f) aportar la cantidad de suspensión inyectada sobre la base de la diferencia entre el valor paramétrico medido y el predeterminado.

10 16. El proceso de la reivindicación 15, en el que el valor paramétrico predeterminado es un valor de pH, donde el valor de pH es de 5,5 a 9, preferentemente de 7 a 8,5.

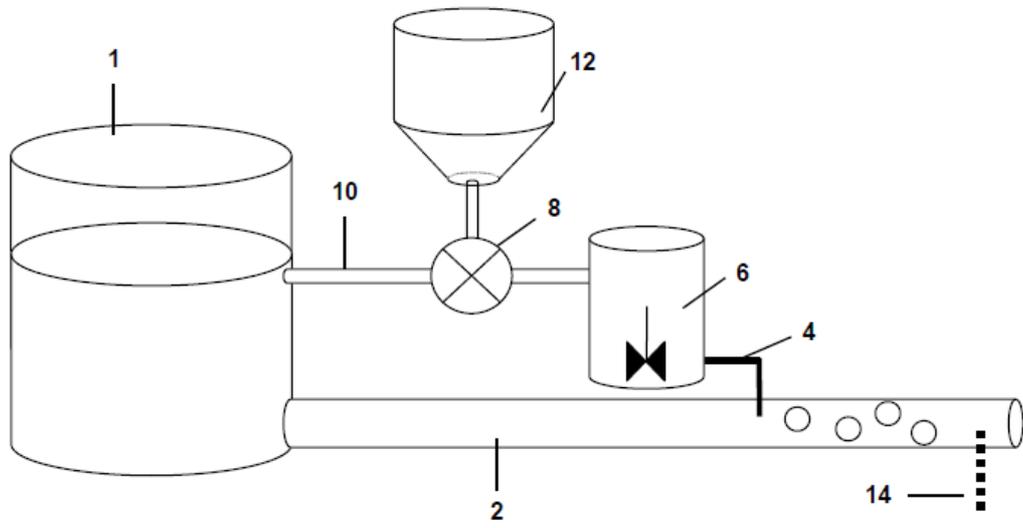


Figura 1