

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 882**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/44** (2006.01)

**B01D 61/02** (2006.01)

**C02F 1/66** (2006.01)

**C02F 5/00** (2006.01)

**C02F 103/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2009 E 09781136 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012 EP 2310327**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de agua por ósmosis inversa que incluye una descarbonatación de un concentrado y una remineralización de un filtrado**

30 Prioridad:

**31.07.2008 FR 0855309**

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

**22.03.2013**

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES  
SUPPORT (100.0%)**

**1 Place Montgolfier Immeuble L'Aquarène  
94417 Saint-Maurice Cedex , FR**

72 Inventor/es:

**GAID, ABDELKADER y  
DELAGARDE, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 398 882 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de tratamiento de agua por ósmosis inversa que incluye una descarbonatación de un concentrado y una remineralización de un filtrado

1. **Ámbito de la invención**

- 5 El ámbito de la invención es el del tratamiento del agua. Más concretamente, la invención se refiere, en particular, al tratamiento del agua de mar, en vista de su desalación.

2. **Estado de la técnica anterior**

- 10 La desalación del agua de mar es una práctica que se emplea generalmente con el fin de reducir la concentración de las distintas sales disueltas en el agua. A tal efecto, se conoce filtrar agua rica en sales a través de membranas de tipo ósmosis inversa. Este tipo de filtración por ósmosis inversa se puede aplicar a todo tipo de agua que contiene sales tal como el agua de mar.

- 15 Este tipo de tratamiento por ósmosis inversa resulta ser especialmente eficaz por lo que permite la producción de un agua purificada (o filtrada) cuya concentración en sales es considerablemente reducida. Esto aparece claramente en las columnas de la tabla 1 que ilustra los resultados del tratamiento de un agua de mar por ósmosis inversa con una tasa de conversión igual a 52,8%. En ósmosis inversa o en nanofiltración, la tasa de conversión se puede definir como siendo igual a la relación (en %) entre el caudal de permeado y el caudal de alimentación de la unidad de filtración.

Parámetros	Agua de mar	Agua desalada (ósmosis inversa)	Concentrado
<b>Cationes (mg/l)</b>			
Ca <sup>2+</sup>	444,4	0,15	840,1
Mg <sup>2+</sup>	1382,7	0,47	2616,3
Ba <sup>2+</sup>	1,10	0,1	1,9
Na <sup>2+</sup>	12221,5	19,6	23056,6
K <sup>+</sup>	416,1	0,85	784,3
Sr <sup>+</sup>	4,94	0,1	9,34
<b>Aniones (mg/l)</b>			
C <sup>-</sup>	21754	32,10	41046,02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2963,2	0,40	5610,26
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	168,4	0,38	311,29
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	3,5	0,000	9,49
NO <sub>3</sub>	1,0	0,00	1,87
Boro	5,4	0,35	9,06
F <sup>-</sup>	1,5	0,02	2,80

- 20 **Tabla 1: resultados del tratamiento de un agua de mar por ósmosis inversa con una tasa de conversión del 52,8%.**

Se puede en efecto constatar que las concentraciones en distintas sales presentes inicialmente en el agua de mar se reducen considerablemente en el agua desalada obtenida después del tratamiento por ósmosis inversa. Según las especies en presencia, estas concentraciones pueden alcanzar valores próximos a cero.

No obstante, la desalación por ósmosis inversa, si es especialmente eficaz, no está libre de inconvenientes.

### 3. Inconvenientes del estado de la técnica anterior

5 En particular, la desalación del agua por ósmosis inversa no es un tratamiento selectivo de modo que el agua producida se encuentre empobrecida en numerosas sales. No obstante, si la desalación del agua tiene por objeto por supuesto reducir la concentración en sales del agua, tiene por objeto más concretamente reducir las concentraciones de algunas de estas sales de tal modo que ablande el agua. En particular, la desalación del agua tiene por objeto limitar la concentración del agua en cloruro de sodio con el fin de quitar de su gusto salado al agua de mar y a volverlo consustancial al consumo, o más simplemente de hacerlo explotable.

En otras palabras, el agua tratada procedente de la desalación se encuentra empobrecida en algunas sales tales como los bicarbonatos, mientras que su presencia resulta necesaria.

10 Con el fin de atenuar este inconveniente, es corriente proceder a una remineralización del agua tratada con el fin de enriquecerlo en algunas sales. Se desarrollaron varias técnicas en esta sentido.

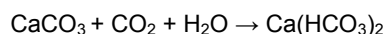
Una primera técnica de remineralización consiste en inyectar en el agua tratada anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y cal (CaO) lo que conduce a la formación de bicarbonatos de calcio (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) en el agua tratada.

15 Una segunda técnica de remineralización consiste en hacer transitar el agua tratada sobre un material calcáreo después de haber inyectado un ácido (véase por ejemplo la solicitud de patente japonesa n° JP2008043868A). El material calcáreo utilizado a tal efecto puede por ejemplo presentar características tales como las que figuran en la tabla 2. Puede, en particular, ser de origen terrestre, o formado naturalmente por la evaporación de las sales marinas en zonas costeras.

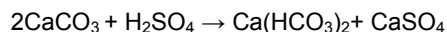
Parámetros	%
CaCO <sub>3</sub>	≥ 80
MgO	≥ 14,5
SiO <sub>2</sub>	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	rastros
<b>Metales</b>	<b>mg/kg</b>
Arsénico	0,25
Cadmio	< 0,25
Cromo	< 2
Mercurio	<0,02
Plomo	0,25
Selenio	0,9
<b>Características físicas</b>	
Dureza (Mohs)	3
Densidad aparente	> 1,02

20 **Tabla 2: ejemplo de características de un material calcáreo clásico**

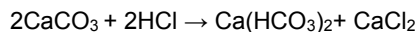
La inyección de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y la circulación del agua sobre un material calcáreo se acompañan de la siguiente reacción:



25 La inyección de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y la circulación del agua sobre un material calcáreo se acompañan de la siguiente reacción:



La inyección de ácido clorhídrico (HCl) y la circulación del agua sobre un material calcáreo se acompañan de la siguiente reacción:



5 Estas técnicas de remineralización son especialmente eficaces por lo que permiten enriquecer el agua tratada en calcio y en bicarbonatos. Presentan no obstante algunos inconvenientes.

En el rango de estos inconvenientes figura el hecho que el material calcáreo utilizado según esta segunda técnica para remineralizar el agua tratada se consume en la reacción de remineralización. Constituye en este sentido un material consumible que se debe permanentemente renovar. Esto implica que el lugar sobre el cual el agua se trata 10 esté abastecido regularmente de este material consumible.

Esta dificultad tiene repercusiones, en particular, de carácter logístico y económico no desdeñables.

Aparte de los aspectos vinculados al suministro de consumibles, la desalación del agua por ósmosis inversa se acompaña de la producción y el vertido en el medio natural de concentrados.

15 Estos concentrados, tanto cuando son procedentes del empleo de la primera como de la segunda técnica, presentan concentraciones muy elevadas en sales inicialmente en presencia en el agua que se debe tratar. Esto aparece en la columna de derecha de la tabla 1 en la cual figuran las concentraciones de las distintas sales presentes en estos concentrados. En particular, se puede constatar que estos concentrados son especialmente ricos en iones calcio, magnesio y en bicarbonatos.

20 A causa de las fuertes concentraciones en sales de estos concentrados, su vertido en el medio natural no es neutro, sino que puede al contrario tener un impacto no desdeñable en el medio ambiente.

En particular, durante la desalación del agua de mar, estos concentrados se rechazan en el mar. Esto genera un cambio brutal localizado de la salinidad del agua. Ahora bien, se observó que si algunas especies animales o vegetales no fueran afectadas por estas modificaciones brutales de su medio ambiente, otros sí son especialmente sensibles allí.

#### 25 **4. Objetivos de la invención**

La invención tiene, en particular, por objetivo paliar estos inconvenientes del estado de la técnica anterior.

Más concretamente, un objetivo de la invención consiste en proporcionar una técnica de desalación de agua que integra una fase de remineralización del agua tratada cuyo empleo conduce a limitar los suministros en consumibles necesarios para la remineralización.

30 La invención persigue también el objetivo de permitir una remineralización especialmente eficaz de un agua desalada.

Otro objetivo de la invención consiste en emplear tal técnica de desalación cuyo empleo sólo ejerce un impacto limitado sobre el medio ambiente todo al menos de modo comparativo con las técnicas del estado de la técnica anterior.

35 La invención tiene también por objetivo proporcionar una tal técnica que sea simple de emplear y que sea eficaz y económica.

#### **5. Exposición de la invención**

40 Estos objetivos, así como otros que aparecerán más tarde, se logran con la ayuda de un procedimiento de tratamiento de un agua que contiene al menos sales de calcio y/o de magnesio a través de membranas de tipo ósmosis inversa, incluyendo dicho procedimiento al menos una etapa de recuperación de un agua al menos en parte desalada, una etapa de recuperación de un concentrado que procede de dichas membranas y que contiene bicarbonatos, una etapa de inyección de CO<sub>2</sub> o de un ácido en dicho agua al menos parcialmente desalada, y una etapa de remineralización de dicho agua al menos en parte desalada en el seno de un reactor de remineralización.

Según la invención, tal procedimiento incluye:

- 45
- una etapa de descarbonatación de dicho concentrado de tal modo que se forme carbonatos, y
  - una etapa de reciclaje de al menos una parte de dichos carbonatos en el seno de dicho reactor de remineralización.

La invención se basa en el empleo de una etapa de descarbonatación del concentrado procedente del tratamiento

por ósmosis inversa con el fin de producir carbonatos. Estos carbonatos se reciclan a continuación en el interior del reactor de remineralización en el cual reaccionan con el agua tratada en la cual se inyectó previamente el CO<sub>2</sub> o el ácido de tal manera que enriquezca el agua tratada en bicarbonatos.

5 El empleo de la invención consiste, por lo tanto, en producir directamente sobre el lugar de tratamiento de agua el material calcáreo necesario para la remineralización del agua tratada. Por lo tanto, el empleo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención permite evitar el suministro sin interrupción desde el centro de producción de material calcáreo consumible.

10 Además, el hecho de hacer someter al concentrado procedente del tratamiento del agua por ósmosis inversa una descarbonatación conduce al vertido al medio natural de un sobrenadante empobrecido en bicarbonatos. Este aspecto de la invención permite, por lo tanto, reducir el impacto sobre el medio ambiente de la desalación.

Según una característica ventajosa, dicho agua está constituida por agua de mar.

El empleo de la invención permite desalar y remineralizar eficazmente el agua de mar de tal modo que lo vuelva consustancial para el consumo o más generalmente volverlo explotable.

Preferentemente, dicha etapa de descarbonatación es de tipo catalítico.

15 La descarbonatación catalítica es un procedimiento que permite formar de manera eficaz carbonatos a partir del concentrado procedente de la ósmosis inversa del agua que se debe tratar.

En ese caso, dichos carbonatos formados se presentan preferentemente en forma de bolas.

20 La descarbonatación catalítica permite en efecto la formación de bolas de carbonatos que cubren un grano de arena. Estas bolas presentan la ventaja de poder ser reutilizadas fácilmente como material remineralizante especialmente eficaz.

Según un aspecto ventajoso de la invención, dichos carbonatos formados incluyen carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).

Su utilización como material remineralizante permite, por lo tanto, enriquecer el agua desmineralizada en calcio.

Según otro aspecto ventajoso de la invención, dichos carbonatos formados incluyen carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).

25 Su utilización como material remineralizante permite, por lo tanto, enriquecer el agua desmineralizada en magnesio.

Se puede por supuesto considerar que los carbonatos producidos sean diferentes de tal manera para enriquecer el agua tratada en otras especies minerales.

Según la invención, dicha etapa de descarbonatación va precedida preferentemente de una etapa de inyección de sosa o de cal en dicho concentrado.

30 Estos reactivos participan activamente en la formación de los carbonatos.

Preferentemente, dicha cal o dicha sosa se inyecta en cantidades estequiométricas con respecto a la cantidad de bicarbonatos que se deben precipitar con un margen de 20 a 50%.

Ventajosamente, dicho CO<sub>2</sub> o dicho ácido se inyectan en proporciones estequiométricas con respecto a la cantidad de carbonatos que se deben formar con un margen por 20 a 50%.

35 Tales proporciones permiten obtener buenos resultados en términos de formación de carbonatos y en términos de disminución de la concentración en sales de sobrenadante que se rechaza en el medio natural.

Un procedimiento de tratamiento según la invención comprende ventajosamente una etapa de vertido en el medio natural de un sobrenadante que procede de dicha etapa de descarbonatación, estando dicho sobrenadante empobrecido en sal.

40 El empleo de la invención permite, por lo tanto, limitar el impacto de la desalación del agua en el medio natural.

## 6. Lista de las figuras

Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente en la lectura de la descripción siguiente de un modo de realización preferente, dado como simple ejemplo ilustrativo y no limitativo, y de los dibujos anexados, entre las cuales:

45 - la figura 1 presente esquemáticamente un modo de realización de una instalación destinada al empleo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención

- la figura 2 ilustra una instalación empleada durante la conducta de ensayos realizados en el marco de la puesta a punto de la presente técnica.

## 7. Descripción de un modo de realización de la invención

### 7.1. Recordatorio del principio de la invención

- 5 El principio general de la invención se refiere a un procedimiento de desalación de agua por ósmosis inversa que incluye una etapa de remineralización en el seno de un reactor del agua desalada producida.

10 La invención se basa en el empleo de una etapa de descarbonatación del concentrado procedente del tratamiento por ósmosis inversa con el fin de producir carbonatos. Estos carbonatos se reciclan a continuación en el interior del reactor de remineralización en el cual reaccionan con el agua tratada en la cual se inyectó previamente el CO<sub>2</sub> o el ácido de tal manera que enriquezca el agua tratada en bicarbonatos.

El empleo de la invención consiste, por lo tanto, en producir directamente en el lugar de tratamiento de agua el material calcáreo necesario para la remineralización del agua tratada. Por lo tanto, el empleo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención permite evitar el suministro sin interrupción desde centro de producción de material calcáreo consumible.

- 15 Además, el hecho de hacer someter al concentrado procedente del tratamiento de agua por ósmosis invierte una descarbonatación conduce al vertido en el medio natural de un sobrenadante empobrecido en bicarbonatos. Este aspecto de la invención permite, por lo tanto, reducir el impacto sobre el medio ambiente de la desalación.

### 7.2. Ejemplo de un modo de realización de una instalación para el empleo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención

- 20 Se presenta en relación con la figura 1 una instalación destinada al empleo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención.

Así tal como está representado en esta figura 1, dicha instalación comprende medios de llegada 10 de un agua rica en sales, tal como una canalización, en una unidad de filtración por ósmosis inversa 11.

- 25 Esta unidad de tratamiento por ósmosis inversa 11 se une a medios de evacuación 12 de un agua tratada empobrecida al menos en parte en sales, es decir, cuyas concentraciones en sales que contenía inicialmente son reducidas. Estos medios de evacuación 12 pueden tomar la forma de elementos de canalización.

Los medios de evacuación de un agua tratada 12 presentan una salida que desemboca en un reactor de remineralización 13, él mismo se conecta a una canalización de evacuación 14 de un agua desalada remineralizada.

- 30 Medios de inyección de reactivo(s) 15, como inyectoros, se colocan sobre los medios de evacuación de agua tratada 12 aguas arriba del reactor de remineralización 13.

La unidad de tratamiento 11 se conecta también a medios de evacuación 16 de un concentrado procedente del tratamiento por ósmosis inversa del agua que se debe tratar.

Estos medios de evacuación 16 de un concentrado, que pueden tomar la forma de elementos de canalización, presentan una salida que desemboca en un reactor de descarbonatación 17.

- 35 Medios de inyección 18 de reactivo (s) se colocan sobre los medios de evacuación 16 del concentrado aguas arriba del reactor de descarbonatación 17.

El reactor de descarbonatación 17 presenta medios de evacuación 19 de un sobrenadante. Presenta por otro lado medios de evacuación de carbonatos 20. Estos medios de evacuación de carbonatos 20 presentan una salida que se une al reactor de remineralización 13.

- 40 **7.3. Ejemplo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención en vista de un enriquecimiento en calcio del agua desalada**

Un procedimiento de tratamiento de agua según la invención se puede por ejemplo emplear con el fin de enriquecer en calcio un agua desalada.

- 45 Se transporta un agua rica en sales, en particular, en calcio, como, por ejemplo, agua de mar o cualquier otro tipo de agua, y se inyecta mediante la canalización 10 en la unidad de tratamiento por ósmosis inversa 11.

Se filtra entonces el agua rica en sales en el seno de esta unidad 11 de modo que un agua tratada al menos parcialmente empobrecida en algunas sales se extraiga de la unidad 11 y se vierte dentro de la canalización 12 en dirección del reactor de remineralización 13.

Antes de que el agua sea inyectada en el interior del reactor de remineralización 13, se emplean los medios de inyección 15 de tal modo que inyecten anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) o un ácido, tal como, por ejemplo, el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o el ácido clorhídrico (HCl).

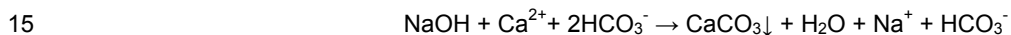
5 El concentrado procedente del tratamiento por ósmosis inversa del agua rica en sales se evacua de la unidad 11 por medio de la canalización 16. Este concentrado es rico, en particular, en bicarbonatos de calcio (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

Se emplean los medios de inyección 18 de tal modo que inyecten en este concentrado cal (CaO) o sosa (NaOH).

La mezcla del concentrado y de la cal o de la sosa se vierte a continuación en el interior del reactor de descarbonatación 17 con el fin de someterla a una descarbonatación preferentemente de tipo catalítico.

10 El principio de la descarbonatación se conoce por el experto en la técnica. Podrán emplearlo aquí, en particular, el procedimiento de descarbonatación catalítico desarrollado y comercializado por la firma solicitante bajo el nombre de ACTINA<sup>®</sup>.

Se produce entonces en el seno del reactor de descarbonatación una u otra de las reacciones siguientes según que se inyecte cal o sosa en el concentrado:



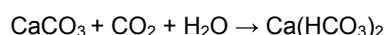
Se puede observar así que la descarbonatación del concentrado conduce a la producción de carbonatos de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Los carbonatos de calcio así producidos constituyen un material calcáreo que se presenta ventajosamente en forma de bolas.

20 Un sobrenadante producido durante la descarbonatación del concentrado se evacua del reactor de descarbonatación 17 hacia el medio natural mediante la canalización 19. Este sobrenadante se empobrece en bicarbonatos en comparación con el concentrado de modo que su vertido en el medio natural tenga un impacto más bajo que el del vertido directo del concentrado, como es en el caso en las técnicas del estado de la técnica anterior.

Los carbonatos de calcio producidos durante la descarbonatación del concentrado se dirigen hacia el reactor de remineralización 13 con el fin de ser inyectados por medio de la canalización 20.

25 Se produce entonces en el reactor de remineralización 13 una de las reacciones siguientes según el tipo de reactivo inyectado previamente en el agua tratada.

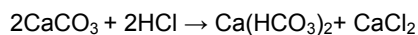
La inyección de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en el agua genera la siguiente reacción:



La inyección de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en el agua genera la siguiente reacción:



La inyección de ácido clorhídrico (HCl) en el agua genera la siguiente reacción:



35 El empleo de la invención permite, por lo tanto, en el marco de este modo de realización, enriquecer el agua desalada en calcio previniendo al mismo tiempo la compra y el suministro de material calcáreo consumible en la medida en que éste se fabrica directamente en el centro de producción reciclando y tratando de nuevo los residuos procedentes de la desalación del agua.

#### 7.4. Ejemplo de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención en vista de un enriquecimiento en magnesio del agua tratada

40 De la misma manera que lo que se termina de describir, un procedimiento de tratamiento de agua según la invención se puede por ejemplo emplear con el fin de enriquecer en magnesio un agua desalada.

Para esto, se transporta un agua rica en sales, en particular, en magnesio, tal como, por ejemplo, el agua de mar o cualquier otro tipo de agua, y se inyectada mediante la canalización 10 en la unidad de tratamiento por ósmosis inversa 11.

45 Se filtra entonces el agua rica en sales en el seno de esta unidad 11 de modo que un agua tratada al menos parcialmente empobrecida en algunas sales se extraiga de la unidad 11 y se vierte dentro de la canalización 12 en dirección del reactor de remineralización 13.

Antes de que el agua sea inyectada en el interior del reactor de remineralización 13, los medios de inyección 15 se emplean de tal modo que inyecten anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) o un ácido, tal como, por ejemplo, el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o el ácido clorhídrico (HCl).

5 El concentrado procedente del tratamiento por ósmosis inversa del agua rica en sales se evacua de la unidad 11 por medio de la canalización 16. Este concentrado es rico, en particular, en bicarbonatos de magnesio (Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

Se emplean los medios de inyección 18 de tal modo que inyecten en este concentrado cal (CaO) o sosa (NaOH).

10 La mezcla del concentrado y de la cal o de la sosa se vierte a continuación en el interior del reactor de descarbonatación 17 con el fin de someter a una descarbonatación preferentemente de tipo catalítico. Se produce entonces en el seno del reactor de descarbonatación una u otra de las reacciones siguientes según lo que se inyecte bien sea cal o sosa en el concentrado:



15 Se puede observar así que la descarbonatación del concentrado conduce a la producción de carbonatos de magnesio (MgCO<sub>3</sub>). Los carbonatos de magnesio así producidos constituyen un material calcáreo que se presenta ventajosamente en forma de bolas.

Un sobrenadante producido durante la descarbonatación del concentrado se evacua del reactor de descarbonatación 17 hacia el medio natural mediante la canalización 19. Este sobrenadante se empobrece en bicarbonatos en comparación con el concentrado de modo que su vertido en el medio natural tenga un impacto más bajo que el del vertido directo del concentrado, como es en el caso de las técnicas del estado de la técnica anterior.

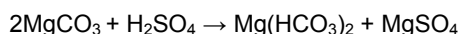
20 Los carbonatos de magnesio producidos durante la descarbonatación del concentrado se dirigen hacia el reactor de remineralización 13 con el fin de ser inyectados por medio de la canalización 20.

Se produce entonces en el seno del reactor de remineralización 13 una de las reacciones siguientes según el tipo de reactivo inyectado previamente en el agua tratada.

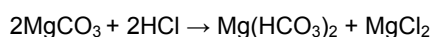
La inyección de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en el agua genera la siguiente reacción:



La inyección de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en el agua genera la siguiente reacción:



La inyección de ácido clorhídrico (HCl) en el agua genera la siguiente reacción:



30 El empleo de la invención permite, por lo tanto, en el marco de este modo de realización, enriquecer el agua desalada en magnesio previniendo al mismo tiempo la compra y el suministro de material calcáreo consumible en la medida en que éste se fabrica directamente en el centro de producción reciclando y tratando de nuevo los residuos procedentes de la desalación del agua.

### 7.5. Ensayos

35 Se llevaron a cabo varias series de ensayos de tal modo que testen la eficacia de un procedimiento de tratamiento de agua según la invención, y en particular de tal modo que comparen los resultados de una remineralización por medio de materiales calcáreos clásicos y por medio de las bolas de material calcáreo producidas por el empleo de la invención.

40 El protocolo experimental adoptado durante estos ensayos se describe en referencia a la figura 2 que ilustra una instalación empleada a tal efecto.

Una primera serie de ensayos consistió en hacer circular un flujo ascendente F de una solución de ácido sulfúrico en una columna cilíndrica hueca 21 que presenta un diámetro de 3 cm y que contiene un lecho de material calcáreo 22, previamente lavado para eliminar las finas partículas, que reposan sobre un soporte de vidrio sinterizado 23.

45 La solución de ácido sulfúrico utilizada presenta una concentración igual a 200 mg/L y circula a un caudal de 6 ml/min.

El lecho de caliza 22 presenta una altura de 24 cm o sea un volumen de 170 cm<sup>3</sup>. Se utilizaron de forma alternativa tres tipos de caliza: la caliza de Israel, la caliza pirenaica, y bolas de caliza producidas por el empleo del procedimiento de tratamiento según la invención.



Para cada una de las calizas utilizadas alternativamente, se tomaron 300 ml de solución después de un tiempo de funcionamiento de 1 hora y 30 minutos con el fin de realizar distintas medidas.

Se realizó una segunda serie de ensayos. Estos ensayos fueron idénticos a los realizados en el marco de la primera serie aparte del hecho de que la solución de ácido sulfúrico utilizada contenía un 1% de agua de mar.

- 5 Los resultados de las medidas realizadas en el marco de estas primeras y segundas series de ensayos se colocan respectivamente en las tablas 3 y 4.

<b>ENSAYOS n° 1 (sin adición de agua de mar)</b>			
	<b>Caliza de Israel</b>	<b>Caliza pirenaica</b>	<b>Bolas</b>
Temperatura T (°C)	20,3	20,3	20,3
Conductividad (µS/cm)	545	499	880
pH	7,34	7,26	7,42
Título alcalimétrico simple TA	0	0	0
Título alcalimétrico completo TAC °F	18,0	12,5	15,1
Título hidrométrico THca °F	26,8	25,2	42,7
Título hidrométrico total THtotal °F	29,5	27,7	51,1
THMg (por diferencia)	2,7	2,5	8,4

**Tabla 3: resultados primera serie de ensayos**

10

<b>ENSAYOS n° 2 (con adición de agua de mar)</b>			
	<b>Caliza de Israel</b>	<b>Caliza pirenaica</b>	<b>Bolas</b>
Temperatura T (°C)	19,7	19,7	19,7
Conductividad (µS/cm)	1158	1196	1770
pH	7,35	7,34	7,64
Título alcalimétrico simple TA	0	0	0
Título alcalimétrico completo TAC °F	13,0	13,5	17,0
Título hidrométrico THca °F	30,7	32,2	49,3
Título hidrométrico total THtotal °F	37,1	38,1	65,0
THMg (por diferencia)	6,4	5,9	15,7

**Tabla 4: resultados segunda serie de ensayos**

Estos ensayos permitieron poner de relieve el hecho de que la remineralización es más importante utilizando bolas obtenidas por el empleo de un procedimiento según la invención que por la utilización de caliza de Israel o de caliza pirenaica.

15

En efecto, todo indica que el título hidrométrico total (THTotal) de la solución tomada en el marco de la primera serie después del tratamiento con bolas de caliza era del orden de 50°F mientras que era inferior a 30°F después del tratamiento con una caliza clásica.

Del mismo modo, todo indica que el título hidrométrico total (THTotal) de la solución tomada en el marco de la

segunda serie después de tratamiento con bolas de caliza era del orden de 65°F mientras que era inferior a 40°F después del tratamiento con una caliza clásica.

También se puede observar que la remineralización es más importante en presencia de agua de mar.

5 Se puede llegar a la conclusión de que las bolas de caliza obtenidas por el empleo de un procedimiento según la invención tienen un poder remineralizante más elevado que una caliza clásica.

### 7.6. Ventajas

El empleo de un procedimiento según la invención obtiene numerosas ventajas.

10 En particular, la invención permite la producción directamente en el centro de producción del agua desalada, de material calcáreo necesario para su remineralización. El empleo de la invención conduce, por lo tanto, a evitar la compra de tal consumible y su suministro sin interrupción lo que tiene un impacto directo positivo sobre el coste de explotación de los sectores de desalación del agua.

15 Además el material calcáreo producido in situ es obtenido por tratamiento y reciclaje del concentrado, es decir, revalorizando el concentrado procedente de la desalación del agua por ósmosis inversa. Se produce, por lo tanto, este material calcáreo a menor coste debido a que se produce a partir de residuos de la desalación del agua salada directamente disponibles en el lugar.

Se tiene en cuenta también que el poder remineralizante del material calcáreo obtenido por el empleo de la invención es superior al de una caliza clásica. La presente invención presenta también así la ventaja de permitir una remineralización más eficaz del agua desalada que las técnicas del estado de la técnica anterior.

20 Por otra parte, la recuperación de estos concentrados conduce al vertido en el medio natural de un sobrenadante empobrecido en carbonatos y que presenta en consecuencia concentraciones en sales más bajas que las del propio concentrado. En otras palabras, su vertido en el medio natural tiene un impacto menos importante que el vertido de los concentrados ricos en sales producidas según las técnicas del estado de la técnica anterior.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento de tratamiento de un agua que contiene al menos sales de calcio y/o de magnesio a través de membranas de tipo ósmosis inversa, comprendiendo dicho procedimiento al menos una etapa de recuperación de un agua al menos en parte desalada, una etapa de recuperación de un concentrado procedente de dichas membranas y que contiene bicarbonatos, una etapa de inyección de CO<sub>2</sub> o de un ácido en dicho agua al menos parcialmente desalada, y una etapa de remineralización de dicho agua al menos en parte desalada en el seno de un reactor de remineralización, caracterizado porque dicho procedimiento comprende:
- una etapa de descarbonatación de dicho concentrado de tal modo que se formen carbonatos, y
  - 10 - una etapa de reciclaje de al menos una parte de dichos carbonatos en el seno de dicho reactor de remineralización.
- 2.- Procedimiento de tratamiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho agua está constituida por agua de mar.
- 3.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque dicha etapa de descarbonatación es de tipo catalítico.
- 15 4.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dichos carbonatos formados se presentan en forma de bolas.
- 5.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque dichos carbonatos formados comprenden el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).
- 20 6.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque dichos carbonatos formados comprenden el carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).
- 7.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque dicha etapa de descarbonatación se precede de una etapa de inyección de sosa o de cal en dicho concentrado.
- 25 8.- Procedimiento de tratamiento según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha cal o dicha sosa se inyecta en cantidades estequiométricas con respecto a la cantidad de bicarbonatos que se deben precipitar con un margen de 20 a 50%.
- 9.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dicho CO<sub>2</sub> o dicho ácido se inyectan en proporciones estequiométricas con respecto a la cantidad de carbonatos que se deben formar con un margen de 20 a 50%.
- 30 10.- Procedimiento de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque comprende una etapa de vertido en el medio natural de un sobrenadante procedente de dicha etapa de descarbonatación, siendo dicho sobrenadante empobrecido en sal.

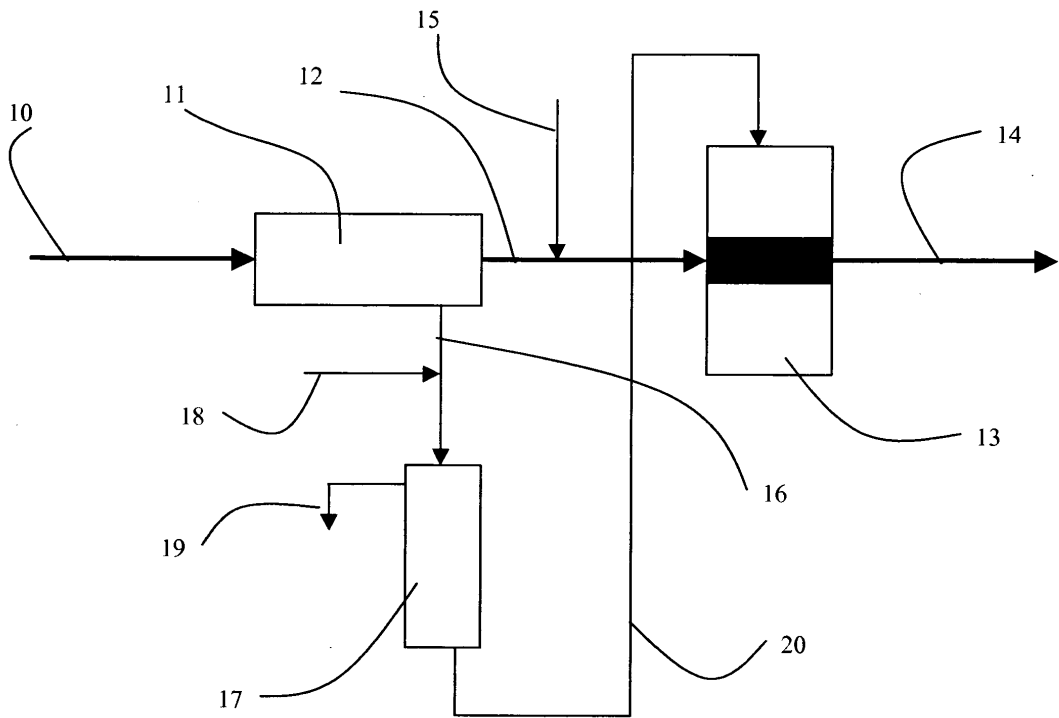


Fig. 1

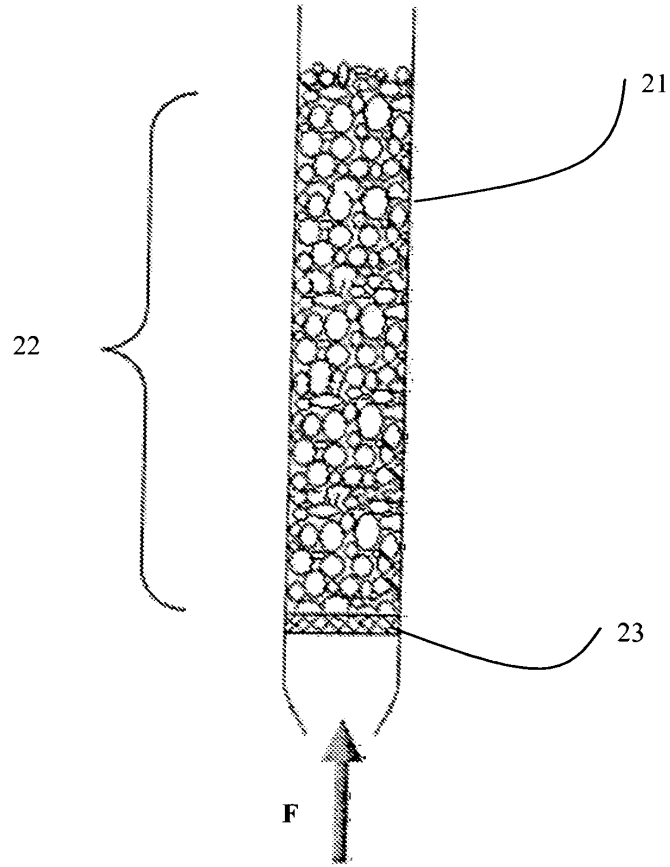


Fig. 2