

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 471**

51 Int. Cl.:

C02F 1/46 (2006.01)

C02F 1/469 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2015 PCT/EP2015/067575**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2016 WO16058722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2015 E 15750961 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3206995**

54 Título: **Microrreactor y procedimiento de desalinización de agua salada**

30 Prioridad:

13.10.2014 LU 92571

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

18.03.2019

73 Titular/es:

**TROUVE, DAVID (100.0%)
La Gaïa, Hameau de Babara
34270 Vacquières, FR**

72 Inventor/es:

**GUERIN, LOUIS y
TROUVE, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 704 471 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

Microrreactor y procedimiento de desalinización de agua salada

La presente invención se refiere a un microrreactor de desalinización de agua salada según la reivindicación 1 y a un procedimiento de desalinización según la reivindicación 15.

5 Ninguna sociedad puede sobrevivir sin agua dulce. De toda el agua disponible en la tierra, solo el 1% está disponible para plantas, animales y seres humanos, el 97% del agua se encuentra en los océanos y el 2% restante está almacenado en el hielo de los polos y glaciares.

10 La sobreexplotación de las reservas de agua dulce se está convirtiendo en un problema cada vez más importante en muchas partes del mundo. Las estimaciones predicen que, para 2030, dos tercios de la población mundial sufrirá escasez de agua. Según la UNESCO, en 2025 el 75% de la población mundial vivirá a menos de 60 km del mar, por lo que el método más sencillo y eficaz para obtener agua dulce es desalinizar el agua de mar.

Existen dos categorías principales de técnicas de desalinización: los procesos térmicos o los procesos basados en membranas.

Entre las técnicas térmicas, los métodos conocidos más utilizados son:

15 La destilación de efecto simple: esta técnica tiene un bajo rendimiento.

La destilación de efecto múltiple (MED, por sus siglas en inglés), bien conocida asimismo en la técnica anterior. Este método aumenta considerablemente el rendimiento, en comparación con el de una destilación de efecto simple.

La denominada técnica de compresión de vapor aporta otra mejora significativa.

20 Un procedimiento por expansiones sucesivas o procedimiento de evaporación instantánea o "flash" (MSF, por sus siglas en inglés): uno de los principales problemas de las técnicas MED es el de las incrustaciones. Para remediarlo, en los años sesenta del siglo XX se desarrolló la técnica MSF.

Un procedimiento de destilación por compresión de vapor (MVC, por sus siglas en inglés).

Entre los procedimientos con membrana, los métodos conocidos más utilizados son la electrodiálisis (ED), la ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés) y la destilación por membrana (MD, por sus siglas en inglés).

25 Los procesos arriba descritos son los más importantes y en conjunto representan más del 90% de los métodos de desalinización utilizados en el mundo. También existen otros métodos conocidos de menor importancia que son los siguientes:

Procedimientos de cristalización: desalinización por gel; procedimientos de hidratación gaseosa.

30 Procedimientos de humidificación: humidificación - deshumidificación; evaporación solar - efecto invernadero; evaporación.

Procedimiento de intercambiador de iones.

Procedimiento de extracción líquido-líquido.

35 Procedimiento con condensadores de flujo continuo (FTC, por sus siglas en inglés): este procedimiento es bastante similar al procedimiento de electrodiálisis en el sentido de que se separan los iones por efecto de un campo eléctrico. Sin embargo, a diferencia de la electrodiálisis, el método FTC no utiliza membranas, sino que los iones se recogen en electrodos porosos, por ejemplo aerogeles. La tensión aplicada es moderada, para evitar que se produzcan reacciones electroquímicas. El proceso consta de dos ciclos. Durante el primer ciclo, denominado ciclo de desalinización, se aplica una diferencia de potencial eléctrico a los electrodos entre los cuales circula agua salada. Los iones migran hacia sus respectivos electrodos y se fijan a los mismos. A la salida del sistema se obtiene un agua desalinizada. Al cabo de un cierto tiempo, los electrodos se han saturado de iones. En este momento comienza el segundo ciclo, denominado de regeneración: se invierten las tensiones en los electrodos y se liberan los iones. A la salida del sistema, el agua es fuertemente salada. Entonces comienza de nuevo el primer ciclo.

45 El documento DE 20315557 describe un aparato para desalinización en el cual el agua salada pasa por electrodos que están cargados eléctricamente, ya sea con cargas positivas o con cargas negativas. Los electrodos están cubiertos con un aislante plástico y también están revestidos con una capa intercambiadora de iones, ya sea anódica o catódica. Dichas capas adsorben los iones Na⁺ y Cl⁻ del agua de mar, lo que constituye una primera diferencia esencial con la presente invención, ya que esta no incluye ninguna operación de adsorción-liberación. El documento DE 20315557 muestra que el agua fluye en continuo sobre los electrodos. Debido a la adsorción de los iones, los electrodos se cargan y pierden su eficacia: entonces debe invertirse la polaridad para liberar los iones: esto implica que el flujo de agua desalinizada será discontinuo, por lotes, lo que constituye una segunda diferencia

esencial con la presente invención, ya que esta implementa un flujo continuo de agua desalinizada. El documento DE 20315557 utiliza en efecto electrodos que están aislados del agua mediante plástico. Sin embargo, los electrodos tienen una forma completamente diferente a los de la presente invención. En el documento DE 20315557, la forma utilizada es una forma de barras o hilos metálicos revestidos de plástico. Además, encima del plástico se encuentra una capa de adsorción de iones. Por lo tanto, la capa de plástico sirve en gran parte de apoyo a esta capa de adsorción. Después se reúnen los electrodos y se disponen en un canal por el cual circula el agua a desalinizar. En la presente invención, los electrodos tienen una sección rectangular y están montados en las paredes del canal. El plástico sirve únicamente como aislante y no recibe ninguna capa de adsorción de iones. La diferencia esencial reside en que, en la presente invención, es una función principal del plástico la de formar el canal principal. Además, el principio de funcionamiento del documento DE 20315557 y el de la presente invención son distintos. El documento DE 20315557 se basa, al igual que la presente invención, en el principio de la desionización capacitiva. Sin embargo, el documento DE 20315557 funciona según el principio clásico de este método, a saber, en el que se dan adsorciones y desorciones sucesivas y en donde el flujo de agua desalinizada no es continuo, al contrario de lo que ocurre en la presente invención.

El documento US 2014/197034 describe un método de desalinización en el cual el agua de mar circula longitudinalmente en un canal cuya sección de paso tiene forma de V o de Y. Sobre las paredes inclinadas del depósito se desplazan correas. Son accionadas por un sistema de motor y poleas exteriores al depósito. Las correas entran por la parte superior del tanque y salen por la parte inferior, en el punto donde las paredes inclinadas se encuentran: en las paredes inclinadas están fijados electrodos cargados positiva o negativamente. Las correas están hechas de una película plástica. En ellas están fijados electrodos flexibles. Cuando las correas se desplazan, la película dieléctrica está orientada hacia la pared y los electrodos flexibles están orientados hacia el agua. Al pasar por delante de los electrodos fijos, los electrodos flexibles se cargan y atraen los iones móviles del agua salada, lo que constituye una primera diferencia esencial con la presente invención, ya que esta no implica ninguna operación de adsorción-liberación. Estos iones permanecen fijos en las correas hasta que el momento en que las correas salen del depósito por el fondo del embudo. Los electrodos flexibles se descargan y los iones se liberan y se recombinan formando sal. El sistema y la infraestructura asociada son bastante complejos, y en cualquier caso está claro que el agua desalinizada tiene que recorrer una distancia significativa en esta estructura de gran tamaño que no es estanca, lo que constituye otra diferencia esencial con la presente invención que, por el contrario, requiere la implementación de microrreactores de muy pequeño tamaño, y la capacidad total requerida se consigue por la multiplicación del número de microrreactores en una disposición adecuada (aumento del número, en lugar de aumento de escala). El documento US 2014/197034 describe en efecto un sistema de desalinización, pero funciona conforme a un principio diferente del de la presente invención. Además, las películas de plástico de las correas del documento US 2014/197034 sirven simplemente como soporte para electrodos flexibles que están en contacto directo con el agua. En ese documento no se menciona ningún sistema de estanqueidad.

El documento US 4073712 describe un sistema en donde, con ayuda de un campo eléctrico, se trata y se purifica el agua. Este sistema no se emplea para la desalinización, sino más bien para eliminar partículas coloidales y prevenir su formación, lo que constituye una diferencia esencial con la presente invención. Los electrodos para crear el campo eléctrico están revestidos con una capa plástica. Sin embargo, su forma es diferente de las que utilizan los autores de la presente invención. Más aún, las tensiones aplicadas, del orden de varios kV, son mucho más altas que en la presente invención (menos de 100 V), lo que constituye otra diferencia esencial. Además, el documento US 4073712 no incluye ningún sistema de separación en dos corrientes, una de agua salada y otra de agua desalinizada, lo que constituye otra diferencia esencial más con la presente invención, que comprende un dispositivo de separación nuevo, un separador coaxial dotado de un bisel original para obtener una separación óptima y continua de las dos corrientes mencionadas. El documento US 4073712 está dirigido a una aplicación completamente distinta que la presente invención y su construcción es completamente diferente a la de la presente invención.

La diferencia entre la presente invención y la técnica anterior radica en que dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B) y dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) tienen cada uno, respectivamente, una primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) en contacto con el aire y una segunda cara (11E, 11H, 12E, 12H) opuesta a dicha primera cara, estando dicha segunda cara en contacto directo con una pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico, y dicha pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico está directamente en contacto con el fluido salado (2) (véase la Figura 1).

El efecto técnico asociado a esta diferencia es la disminución del gasto energético en comparación con la técnica anterior (véase la Tabla 1).

Por el contrario, el documento DE 20315557 describe un electrodo completamente revestido por un anillo de plástico, estando dicho plástico en contacto con agua salada, y el documento US 2014/0197034 describe un dispositivo de correas no estanco al agua de mar, de modo que al menos una cara longitudinal de los electrodos está en contacto directo con el agua de mar.

No existe ningún documento que muestre la combinación de los siguientes elementos técnicos: agua salada - pared de plástico - electrodo - aire.

La presente invención resuelve el problema de desalinizar el agua de mar mejorando la eficiencia energética requerida, es decir, reduciendo las necesidades de energía. El agua de mar contiene típicamente de 20.000 a 40.000 ppm (mg/l) de sustancias sólidas disueltas, siendo la mayor parte sal de cloruro de sodio (Na^+Cl^-) (75%). En la Tabla 1 a continuación se resume el gasto de energía requerido para eliminar esta sal mediante las diversas técnicas de desalinización utilizadas hoy en día:

Tabla 1:

Energía (MJ/m ³)	Energía (kWh/m ³)	Método (para una desalinización con $r = 50\%$)
2,8	1,0	límite teórico inferior para una desalinización completa
3,1-3,6	1,26	presente invención
6,7-13,3	2,0-3,75	desionización eléctrica clásica: DE 20315557 y US 2014/197034
14,3	4,0	instantánea con recuperación de energía.
10,8-16,6	3,0-4,6	FTC (eléctrica)
18,1	3,125-8,75	solo ósmosis inversa
21,9-25,7	6,1-7,1	solo instantánea
	3,75-18,75	térmico

De la Tabla 1 se desprende que el gasto de energía de los métodos de desalinización conocidos es muy elevado. Se necesitan técnicas más económicas para permitir la desalinización de grandes cantidades de agua de mar a bajo coste.

El microrreactor de la presente invención requiere el menor consumo de energía.

El problema que la presente invención se propone resolver es remediar los inconvenientes de la técnica anterior mediante la implementación de métodos que precisen un gasto energético cercano al límite teórico para la desalinización completa del agua. El límite teórico se menciona en la Tabla 1 precedente.

La solución al problema mencionado en lo que antecede consiste en hacer migrar los iones (Na^+Cl^-) de un agua salada, de forma continua y utilizando la mínima fuerza motriz (campo eléctrico), y después separar el agua enriquecida en iones (concentrado) del agua desalinizada mediante un drenaje por gravedad a través de un dispositivo de separación.

El método propuesto difiere considerablemente de la técnica FTC (condensadores de flujo continuo) convencional, que implementa una sucesión de lotes y utiliza una importante cantidad de energía.

En la presente invención, los electrodos catódicos y anódicos no están en contacto directo con el agua, ya que una pared lisa y estanca de material plástico separa los electrodos y el agua salada. No circula ninguna corriente eléctrica a través del líquido (salado o no salado) durante el funcionamiento del dispositivo. Los iones Na^+ y Cl^- separados se acumulan a lo largo de las paredes del canal contiguo al electrodo que tiene una carga eléctrica opuesta a la de los iones del líquido. Las fracciones de agua que contienen los iones Na^+ y Cl^- se eliminan a través de aberturas laterales en el canal respectivo que recibe estos iones. De ello se deduce que la fracción principal de agua que sale del sistema está desalinizada de manera continua.

Las ventajas proporcionadas por la presente invención son las siguientes:

- no existen paredes porosas, por lo que no hay contacto directo entre los electrodos y el líquido (eliminación del contacto iones/agua - electrodos).
- eliminación de cualquier flujo de corriente eléctrica en el canal y, por lo tanto, en el agua.
- funcionamiento en continuo, a diferencia de la desalinización cíclica (secuencial) de una instalación habitual de FTC.
- combinación de un procedimiento que utiliza corriente débil, con microrreactores.

En la reivindicación 1 se define el dispositivo de desalinización de agua salada de la presente invención y en la

reivindicación 15 se define el procedimiento de desalinización de la presente invención.

La reacción química que se produce se puede definir de la manera siguiente:



5 La presente invención se refiere a un microrreactor (1) para desalinizar un fluido salado (2), de forma alargada, que comprende al menos un compartimento (C1) de migración de los iones, al menos un compartimento (C2) de separación de los iones y al menos un compartimento (C3) colector de fluido: comprendiendo dicho compartimento (C1) de migración de los iones:

- al menos una abertura (1B) de entrada del fluido salado (2),
- 10 - al menos un canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2), que define un eje longitudinal sustancialmente vertical,
- al menos un primer electrodo catódico (11A) y al menos un primer electrodo anódico (12A),
- al menos un primer canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),
- 15 - al menos un segundo canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),

comprendiendo dicho compartimento (C2) de separación de los iones:

- al menos un labio superior izquierdo (22) y al menos un labio superior derecho (23) que sobresalen en el interior del canal principal (1A), que permiten recoger los iones,
- al menos un segundo electrodo catódico (11B) y al menos un segundo electrodo anódico (12B),
- 20 - al menos un primer canal lateral izquierdo (8) de evacuación de los cationes, sustancialmente paralelo a dicho canal principal (1A),
- al menos un segundo canal lateral derecho (7) de evacuación de los aniones, sustancialmente paralelo a dicho canal principal (1A),
- 25 - estando dicho canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2) situado entre el primer canal lateral (8) y el segundo canal lateral (7),
- al menos un primer canal lateral inferior (6A) de evacuación de los cationes, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),
- al menos un segundo canal lateral inferior (5A) de evacuación de los aniones, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),

30 comprendiendo dicho compartimento (C3) colector de fluido:

- al menos un labio inferior izquierdo (24) y al menos un labio inferior derecho (25) que sobresalen en el interior del canal principal (1A),
- al menos un receptáculo interno (9) que recibe un fluido no salado (9A),
- al menos un receptáculo externo (10) que recoge un fluido fuertemente salado (10A),

35 caracterizado por que dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B) y dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) tienen respectivamente cada uno una primera cara longitudinal (11F, 11G, 12F, 12G) en contacto con el aire y una segunda cara longitudinal (11E, 11H, 12E, 12H) opuesta a dicha primera cara, estando dicha segunda cara en contacto directo con una pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico que está directamente en contacto con el fluido salado (2).

40 Con preferencia, el electrodo catódico (11A, 11B) y el electrodo anódico (12A, 12B) están, o bien pegados a la pared (13A, 13B) de plástico o bien fijados a presión gracias a una muesca en la pared (13A, 13B) de plástico o por cualquier otro método de fijación conocido por el experto en la técnica.

Con preferencia, el electrodo catódico (11A, 11B) y el electrodo anódico (12A, 12B) son paralelos a una primera pared (13A) y a una segunda pared (13B) del canal principal (1A), respectivamente.

45 Con preferencia, la longitud del compartimento (C1) de migración de los iones está comprendida entre 35 mm y 55 mm, su anchura está comprendida entre 20 mm y 30 mm y su altura está comprendida entre 10 mm y 20 mm.

Con preferencia, la longitud de una etapa del compartimento (C2) de separación de los iones está comprendida entre 30 mm y 50 mm, su anchura está comprendida entre 10 mm y 25 mm y su altura está comprendida entre 7 mm y 20 mm.

5 Con preferencia, la longitud del compartimento (C3) colector de fluido está comprendida entre 35 mm y 55 mm, su anchura está comprendida entre 20 mm y 30 mm y su altura está comprendida entre 10 mm y 20 mm.

Con preferencia, dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) están colocados uno en la prolongación vertical del otro, y dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B) también están colocados uno en la prolongación vertical del otro.

10 Con preferencia, dicho canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes separa físicamente dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B), y dicho canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones separa físicamente dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B).

Con preferencia, dichos labios superiores izquierdos (22) y derechos (23) tienen forma puntiaguda, con una parte biselada que se enfrenta respectivamente a dicho primer canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes y a dicho segundo canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones.

15 Con preferencia, dichos labios inferiores izquierdos (24) y derechos (25) tienen forma puntiaguda, con una parte biselada que se enfrenta respectivamente a dicho primer canal lateral inferior (6A) de evacuación de los cationes y a dicho segundo canal lateral inferior (5A) de evacuación de los aniones.

Con preferencia, el microrreactor comprende un campo eléctrico entre los electrodos (11) y (12) que tiene un valor comprendido entre 0,1 y 1.000 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$, con preferencia entre 0,2 y 100 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$, preferiblemente entre 0,5 y 5 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

20 Con preferencia, el microrreactor comprende varios compartimentos (C2) idénticos de separación de los iones que pueden estar apilados unos sobre otros.

Con preferencia, el microrreactor comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dichos compartimentos (C2) dispuestos en serie.

25 Con preferencia, el microrreactor comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dichos compartimentos (C2) dispuestos en paralelo.

Con preferencia, el microrreactor comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dicho microrreactor configurado a modo de bloque.

La presente invención comprende también un método para desalinizar un fluido salado (2) en un microrreactor definido en la reivindicación 1, que comprende los pasos siguientes:

30 - primera migración de los aniones hacia al menos un primer electrodo catódico (11A) y de los cationes hacia al menos un primer electrodo anódico (12A),

- separación respectiva de los cationes y los aniones a un lado y a otro del canal principal (1A) por medio de al menos un labio superior (22; 23) que sobresale hacia el interior del canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2),

35 - segunda migración de los aniones hacia al menos un segundo electrodo catódico (11B) y de los cationes hacia al menos un segundo electrodo anódico (12B),

- recepción de un fluido no salado en un depósito (9) y de un fluido fuertemente salado en un depósito (10), caracterizado por

40 - una puesta en contacto con el aire respectivamente de una primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) de dichos primeros y segundos electrodos catódicos (11A, 11B) y de dichos primeros y segundos electrodos anódicos (12A, 12B), y

- por una puesta en contacto directo con una pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico de una segunda cara (11E, 11H, 12E, 12H) opuesta a dicha primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) de dichos primeros y segundos electrodos catódicos (11A, 11B) y dichos primeros y segundos electrodos anódicos (12A, 12B), y

45 - por una puesta en contacto directo con el fluido salado (2) de dicha pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico.

Con preferencia, dicho electrodo catódico (11) y dicho electrodo anódico (12) están en contacto a lo largo de toda su longitud, por una parte con la pared (13) de plástico del canal principal (1A), y por otra parte con el aire o con una pared de contención.

Con preferencia, la pared (13) de plástico del canal principal (1A) es estanca a cualquier líquido.

Con preferencia, la abertura (1B) de entrada del fluido salado (2) tiene una anchura comprendida entre 0,1 mm y 20 mm, con preferencia entre 0,2 mm y 10 mm, preferiblemente entre 0,5 mm y 5 mm.

Con preferencia, el dispositivo según la presente invención tiene una longitud total comprendida entre 5 mm y 200 mm, con preferencia entre 10 mm y 100 mm, preferiblemente entre 20 y 60 mm.

- 5 La velocidad de drenaje del fluido (2) en el canal principal (1A) está comprendida entre 1 y 1.000 mm·s⁻¹, con preferencia entre 2 y 500 mm·s⁻¹, preferiblemente entre 3 y 50 mm·s⁻¹.

Se crea un campo eléctrico (22) entre los electrodos (11) y (12), y este campo tiene un valor comprendido entre 0,1 y 1.000 kV·m⁻¹, con preferencia entre 0,2 y 100 kV·m⁻¹, preferiblemente entre 0,5 y 5 kV·m⁻¹.

- 10 Con preferencia, el dispositivo comprende al menos un labio que sobresale hacia el interior del canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2).

El dispositivo según la presente invención tiene, en corte longitudinal, una forma cuadrada, rectangular u oval.

Con preferencia, dicho primer canal lateral (6; 8) de evacuación de los cationes y dicho segundo canal lateral (5; 7) de evacuación de los aniones tienen forma de L.

- 15 La rama horizontal (5; 6) de la L es sustancialmente ortogonal a dicho canal principal (1A) y a dichos electrodos (11; 12).

La rama vertical (7; 8) de la L es sustancialmente paralela a dicho canal principal (1A) y a dichos electrodos (11; 12).

En el dispositivo de la presente invención pueden estar yuxtapuestos entre sí varios compartimentos de separación de los iones.

- 20 En un primer modo de realización, la presente invención se refiere también a un aparato que comprende una pluralidad de dispositivos, pudiendo estar dichos dispositivos puestos en serie.

En un segundo modo de realización, la presente invención se refiere también a un aparato que comprende una pluralidad de dispositivos, pudiendo estar dichos dispositivos puestos en paralelo.

En un tercer modo de realización, la presente invención se refiere también a un aparato que comprende una pluralidad de dispositivos, estando dichos dispositivos dispuestos en bloque (es decir, en forma de paralelepípedo).

- 25 La presente invención se refiere a un método para desalinizar un fluido salado (2) en un dispositivo según la presente invención, que comprende los pasos siguientes:

- migración de los aniones hacia al menos un electrodo catódico (11) y de los cationes hacia al menos un electrodo anódico (12),
- 30 - separación respectiva de los cationes y los aniones a uno y otro lado del canal principal (1A) por medio de al menos un labio (22, 23, 24, 25) que sobresale hacia el interior del canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2),
- recepción de un fluido no salado en un depósito (9) y de un fluido fuertemente salado en un depósito (10).

La presente invención se describe en las siguientes figuras:

- 35 Figura 1A: representa un primer modo de realización del sistema de desalinización de la presente invención (dibujo no a escala).

Figura 1B: representa un segundo modo de realización del sistema de desalinización de la presente invención (dibujo no a escala).

- 40 Figura 2: representa una celda básica de la presente invención que muestra un labio (23) que sobresale en el interior del canal principal (1A) (dibujo no a escala). El núcleo del sistema es el separador. Este separador garantiza que el agua cargada de sal salga del canal a través de las aberturas y que el agua desalinizada permanezca en el sistema.

Figura 3: representa un gráfico que muestra la concentración de iones en un canal lateral con un campo eléctrico y el perfil de velocidad en ese canal.

- 45 Figura 4: representa un gráfico que muestra la concentración iónica en función de su posición a lo largo de un canal lateral.

Figura 5: representa un gráfico que muestra la concentración de Na⁺Cl⁻ en función del número de etapas.

Figura 6: representa un gráfico que muestra la concentración de sal a la salida, en función de la concentración de sal a la entrada, para 1, 2 y 3 etapas de desalinización.

Figura 7: representa una vista en perspectiva de una etapa de desalinización de la presente invención.

5 Figura 8: representa un corte en perspectiva a través de una etapa de desalinización (dibujo no a escala) de la presente invención, correspondiendo los rectángulos negros a los dos electrodos.

Figura 9: representa un corte que muestra un canal de evacuación del agua con alta concentración de sal (dibujo no a escala), correspondiendo el rectángulo negro a un electrodo.

10 Figura 10: representa una vista de la parte inferior del dispositivo de la presente invención (arriba, a la izquierda), una vista de la parte superior del dispositivo de la presente invención (arriba, a la derecha), un dispositivo del que se ve la parte superior y un dispositivo del que se ve la parte inferior, uno al lado del otro (abajo a la izquierda) y dos dispositivos ensamblados (abajo a la derecha). El dispositivo tiene las siguientes dimensiones: 42 mm (largo) x 18 mm (ancho) x 17 mm (alto).

Figura 11: representa el gasto energético mínimo teórico para la desalinización (curva de puntos) y para la presente invención (curva de trazo continuo).

15 Figura 12: representa el efecto del potencial aplicado a los electrodos con respecto a la desalinización. Cuanto más crece el potencial, más intenso es el campo electrostático dentro del canal y mayor es la desalinización.

20 La Figura 2 muestra el principio básico del microrreactor (1) de desalinización de la presente invención, en particular que el agua salada (2) entra a través de una abertura delgada (1B) en el canal principal del dispositivo y fluye de arriba abajo (3) por efecto de la gravedad. El sistema consta de diferentes etapas, de 1 hasta n, idénticas. En cada etapa se somete el agua salada a un campo eléctrico inducido por una diferencia de potencial entre los electrodos (11A) y (12A). Los electrodos están aislados del agua por una pared (13A; 13B) de material plástico, lisa y estanca. El efecto de este campo es que los iones positivos (19), es decir, Na^+ , y negativos (18), es decir, Cl^- , disueltos en el agua, son atraídos hacia las paredes por el efecto de los electrodos (cátodo y ánodo). Los iones migran (20; 21) hacia las paredes respectivas, donde su concentración aumenta. Al mismo tiempo, los iones que no han migrado hacia las paredes (13) descienden en el canal principal (1A) por gravedad. En la parte inferior de cada etapa se extrae del canal principal una parte del agua muy concentrada, mediante un canal (5) de salida para los iones negativos y un canal (6) de salida que recibe los iones positivos. Lo que sale en la parte inferior y en la parte central del canal principal de cada etapa (4) es un agua con una concentración iónica menor que la del agua que entró inicialmente. El agua con alta concentración de iones pasa entonces a través de los canales (7) que reciben los iones negativos y los canales (8) que reciben los iones positivos, y se recoge en el depósito (10) con una elevada concentración de iones positivos y negativos. El agua desalinizada se recupera en el depósito (9) que recibe el agua potable.

35 La Figura 2 muestra una etapa de separación individual. A cada lado del canal están presentes dos electrodos ((11) y (12)), que están separados del canal principal y del fluido (líquido) por una pared delgada (13), estanca y lisa, de material plástico. Esta separación es muy importante por que aísla eléctricamente los electrodos con respecto al fluido (agua salada). Se puede comparar esta estructura con un condensador eléctrico que tiene una resistencia eléctrica interna muy elevada. De ello se desprende que no puede pasar ninguna corriente eléctrica en el canal principal y esto implica que el consumo eléctrico es muy bajo. La aplicación de una diferencia de potencial entre los dos electrodos (tensión positiva en el electrodo (11A) y tensión negativa en el electrodo (12A) crea un campo eléctrico (22) entre los dos electrodos. Este campo eléctrico está dirigido desde el electrodo positivo (11A) hacia el electrodo negativo (12A) y lleva los iones negativos (18) hacia el electrodo positivo y los iones positivos (19) hacia el electrodo negativo. Además de este movimiento, los iones disueltos en el agua también son arrastrados con la velocidad (3) del fluido desde la parte superior hasta la parte inferior, debido a la gravedad.

45 La Figura 3 representa un gráfico que muestra que el perfil de velocidad tiene forma parabólica (régimen laminar, flujo de Poiseuille). El desplazamiento neto de los iones se produce, por lo tanto, hacia los lados en dirección a los electrodos y hacia la parte inferior del dispositivo, es decir, el lado opuesto al de la entrada de fluido. En la interfaz fluido-pared, los iones están inmóviles, ya que allí la velocidad de flujo es cero. Pero tan pronto como uno se aleja de las paredes, la velocidad lleva los iones hacia abajo. Debido al campo eléctrico, la concentración de los iones es mayor cerca de las paredes. A la salida de la etapa de separación, el flujo está dividido en tres partes. Esta división la mejora el divisor o labio que sobresale dentro del canal principal. Las dos salidas laterales (5) y (6) están destinadas al fluido con alta concentración de iones ((15) y (16)), y el canal principal (4) evacúa el agua desalinizada (14) de manera progresiva.

50 El gráfico de la Figura 3 representa el perfil de concentración de los iones (en este caso iones positivos) en el canal. Los resultados provienen de simulaciones por elementos finitos. Se trata de la concentración que se encuentra a los dos tercios de la longitud del canal principal. El efecto del campo eléctrico es muy visible. La segunda curva ofrece el perfil de velocidad de flujo del fluido, y la velocidad tiene un perfil parabólico.

55 La Figura 4 representa los perfiles de concentración de iones (positivos) en diferentes ubicaciones a lo largo del canal principal. Esta Figura 4 está basada en cálculos por elementos finitos. La línea horizontal es la concentración

5 en la entrada del canal principal. Es uniforme en toda la anchura. La curva con rombos representa el perfil a una distancia de un tercio después de la entrada, y ya la acumulación de iones cerca del electrodo negativo es muy importante, mientras que cerca del electrodo positivo comienza la disminución de iones positivos. En el centro del canal la concentración es todavía bastante uniforme. La curva con triángulos ofrece el perfil a medio camino entre la entrada y la salida. Los iones positivos se han desplazado cada vez más al electrodo negativo. La concentración en el centro del canal principal comienza a bajar. La curva con círculos indica el perfil de concentración justo antes de la salida del separador. Nuevamente es bien visible la acumulación creciente de los iones cerca del electrodo. Cerca del electrodo positivo, la concentración de iones positivos es casi cero, y en el centro del canal es muy baja. La curva con trazo de puntos representa el perfil a la salida de la etapa. La concentración media ha disminuido un 78% en comparación con la concentración inicial.

10 La Figura 4 muestra oscilaciones en los perfiles de concentración que aumentan a lo largo del canal principal. Estas oscilaciones provienen del hecho de que los iones se acumulan cerca de la pared del canal principal. A partir de una determinada concentración, no se pueden unir nuevas cargas a la pared, y son rechazadas. Dado que el campo eléctrico aplicado continúa dirigiéndolas hacia el electrodo, estas se acumulan a cierta distancia de la pared y originan una nueva banda y oscilaciones en los perfiles de concentración.

15 La Figura 5 muestra la evolución de la concentración en función del número de etapas de desalinización. La concentración inicial es (en esta figura) 0,513 moles de NaCl por litro, lo que corresponde a la concentración del agua de mar. Después de 3 etapas ($n = 3$) la concentración cae a un valor de 0,005 moles de NaCl por litro, que es el valor normal de un agua potable.

20 La Figura 6 muestra que la concentración de entrada de 0,6 mol/l corresponde a agua de mar con alta concentración de sal, ya que la concentración media del agua de mar es 0,51 mol/l.

25 En la Figura 11 se define la tasa "r" de recuperación como la relación entre el volumen de agua salada que entra al sistema y el volumen de agua desalinizada que sale del mismo sistema. Para una tasa "r" de 0,5, el requisito energético mínimo es 1 kWh/m³, mientras que en el caso de la presente invención este requisito es 1,26 kWh/m³. Por lo tanto, solo es ligeramente mayor que el requisito de energía mínimo, lo que hace al sistema de la presente invención uno de los sistemas de mayor rendimiento disponibles.

30 Esto también se ilustra en la Figura 12, que ofrece diferentes valores para algunos métodos de desalinización. Es claramente visible que el microrreactor de la presente invención es el más eficiente energéticamente y que sus consumos son solo un poco más altos que los valores de la energía teórica mínima. Los valores para la técnica de desionización "eléctrica" convencional, tal como se describe en los documentos DE20315557 y US2014/0197034, considerados hasta ahora como los mejores sistemas disponibles, también son superiores a la presente invención, lo que implica que la presente invención tiene un rendimiento mucho mejor que el de la técnica anterior.

35 La unidad básica se caracteriza por el establecimiento de un flujo de agua salada o agua concentrada en iones Na⁺Cl⁻ en las venas líquidas de pequeño diámetro hidráulico (Dh), comprendido entre 0,1 mm y 20 mm, 0,1 y 19 mm, 0,1 y 18 mm, 0,1 y 17 mm, 0,1 y 16 mm, 0,1 y 15 mm, 0,1 y 14 mm, 0,1 y 13 mm, 0,1 y 12 mm, 0,1 y 11 mm, 0,1 y 10 mm, 0,1 y 9 mm, 0,1 y 8 mm, 0,1 y 7 mm, 0,1 y 6 mm, 0,1 y 5 mm,

con preferencia entre 0,2 mm y 20 mm, 0,2 y 19 mm, 0,2 y 18 mm, 0,2 y 17 mm, 0,2 y 16 mm, 0,2 y 15 mm, 0,2 y 14 mm, 0,2 y 13 mm, 0,2 y 12 mm, 0,2 y 11 mm, 0,2 y 10 mm, 0,2 y 9 mm, 0,2 y 8 mm, 0,2 y 7 mm, 0,2 y 6 mm, 0,2 y 5 mm,

40 preferiblemente comprendido entre 0,3 mm y 20 mm, 0,3 y 19 mm, 0,3 y 18 mm, 0,3 y 17 mm, 0,3 y 16 mm, 0,3 y 15 mm, 0,3 y 14 mm, 0,3 y 13 mm, 0,3 y 12 mm, 0,3 y 11 mm, 0,3 y 10 mm, 0,3 y 9 mm, 0,3 y 8 mm, 0,3 y 7 mm, 0,3 y 6 mm, 0,3 y 5 mm,

más preferiblemente comprendido entre 0,4 mm y 20 mm, 0,4 y 19 mm, 0,4 y 18 mm, 0,4 y 17 mm, 0,4 y 16 mm, 0,4 y 15 mm, 0,4 y 14 mm, 0,4 y 13 mm, 0,4 y 12 mm, 0,4 y 11 mm, 0,4 y 10 mm, 0,4 y 9 mm, 0,4 y 8 mm, 0,4 y 7 mm, 0,4 y 6 mm, 0,4 y 5 mm,

45 aún más preferiblemente comprendido entre 0,5 mm y 20 mm, 0,5 y 19 mm, 0,5 y 18 mm, 0,5 y 17 mm, 0,5 y 16 mm, 0,5 y 15 mm, 0,5 y 14 mm, 0,5 y 13 mm, 0,5 y 12 mm, 0,5 y 11 mm, 0,5 y 10 mm, 0,5 y 9 mm, 0,5 y 8 mm, 0,5 y 7 mm, 0,5 y 6 mm, 0,5 y 5 mm.

Su sección de paso puede tener cualquier forma geométrica simple (redonda, elíptica, cuadrada, etc.), con preferencia forma rectangular.

50 La longitud total (L) de la unidad básica está comprendida entre 5 mm y 200 mm, 6 mm y 190 mm, 7 mm y 180 mm, 8 mm y 170 mm, 9 mm y 160 mm, 10 mm y 150 mm, 11 mm y 140 mm, 12 mm y 130 mm, 13 mm y 120 mm, 14 mm y 110 mm, 15 mm y 100 mm, 16 mm y 90 mm, 17 mm y 80 mm, 18 mm y 70 mm, 19 mm y 60 mm, 20 mm y 50 mm.

La longitud total (L) de la unidad básica está comprendida entre 5 mm y 200 mm, con preferencia entre 10 mm y 100 mm, preferiblemente entre 20 y 60 mm, más preferiblemente entre 25 mm y 50 mm, y se descompone en:

una longitud (L_{elec}) durante la cual el flujo se realiza bajo un campo eléctrico, destinada a la migración de los iones,

una longitud (L_{sep}) durante la cual el flujo se separa en dos fracciones, una rica en iones Na^+Cl^- y la otra empobrecida en iones Na^+Cl^- .

5 Estando definida la longitud total (L) por la distancia en mm entre la entrada (1B) del agua salada (2) y el depósito (10) con alta concentración de iones Na^+Cl^- .

El flujo se debe a la gravedad, y se realiza a una velocidad (v) comprendida entre 1 y 1.000 $mm \cdot s^{-1}$, con preferencia entre 2 y 500 $mm \cdot s^{-1}$, preferiblemente entre 3 y 50 $mm \cdot s^{-1}$.

El campo eléctrico implementado es ortogonal al flujo del fluido en el canal principal, y su valor está comprendido entre 0,1 y 1.000 $kV \cdot m^{-1}$, con preferencia entre 0,2 y 100 $kV \cdot m^{-1}$, preferiblemente entre 0,5 y 5 $kV \cdot m^{-1}$.

10 Al final de la zona de aplicación del campo eléctrico está colocado un dispositivo concéntrico de separación, y comprende:

en el centro, un colector (en forma de labio) que sobresale en el interior del canal principal (1A) para recoger la fracción desalinizada o desionizada del agua, de radio R_{outp} determinado por el gradiente de concentración de los iones en la pared de la vena líquida.

15 En la periferia se encuentra un colector anular de la fracción de agua concentrada en iones o sales.

En cada una de estas dos salidas, pueden existir dispositivos sincronizados para regular las velocidades de flujo, pudiendo dichos dispositivos ser pasivos (sifón) o activos (válvula de control).

Como alternativa, se puede no mezclar las subfracciones ricas en cationes y en aniones, y el sistema produce entonces tres fracciones en lugar de dos.

20 Para conseguir las capacidades requeridas para las aplicaciones industriales del procedimiento de desalinización o desionización de la presente invención, se aplica el principio de "aumento del número" que se traduce en lo siguiente:

- las unidades básicas siguen teniendo dimensiones óptimas: por lo tanto, pertenecen a la familia de los microrreactores,

25 • se pueden asociar en paralelo un gran número de unidades básicas mediante un sistema de placas de zonas de migración (ZM) y de placas de zonas de separación (ZS),

- en una construcción alternativa, se pueden ensamblar previamente una pieza de migración (zm) y una pieza de separación (zs) en una pieza única (zm + zs), y una pluralidad de dichas piezas individuales constituye una placa completa (ZM + ZS)

30 • las placas de zonas de separación están disponibles dentro de una gama que depende de la aplicación ("sea HC", "sea LC", "brackish", "industry mono ION", "industry pluri ION", ...)

- se pueden superponer un número n de placas, donde n puede estar comprendido entre 2 y 30, entre 2 y 20, entre 2 y 15, con preferencia entre 3 y 12, preferiblemente entre 4 y 8, más preferiblemente entre 5 y 7, aún más preferiblemente 6, alternando placas ZM y placas ZS,

35 • terminando la pila en su base una placa de zona de colectores (ZC), y comenzando la pila en su cima una placa de zona de reparto (ZR),

- por lo tanto, la secuencia de apilamiento, de arriba abajo, es $ZR : n(ZM + ZS) : ZC$.

En una placa ZS, se puede lograr la separación con un labio y con diferentes tipos de placas ZS de diferentes tamaños y formas, para cubrir todas las aplicaciones.

40 Como alternativa, se puede pre-ensamblar en un formato de bloque un conjunto de placas.

En la zona del colector final de fluido puede situarse un dispositivo para regular la velocidad de drenaje de las fracciones de flujo concentradas, y puede estar conectado a un medidor de conductividad o de caudal.

En la zona del colector final de fluido puede situarse un dispositivo para regular la velocidad de drenaje de la fracción de agua desalinizada o desionizada, y puede estar conectado a un medidor de conductividad o de caudal.

45 Algunas características de la invención que se describen como modos de realización separados también pueden proporcionarse combinadas en una única realización. A la inversa, algunas características de la invención que se describen como modo de realización combinado en un modo de realización único también pueden proporcionarse por separado en forma de varios modos de realización separados.

REIVINDICACIONES

1. Microrreactor (1) para desalinizar un fluido salado (2) que comprende al menos un compartimento (C1) de migración de los iones, al menos un compartimento (C2) de separación de los iones y al menos un compartimento (C3) colector de fluido:

5 comprendiendo dicho compartimento (C1) de migración de los iones:

- al menos una abertura (1B) de entrada del fluido salado (2),
- al menos un canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2),
- al menos un primer electrodo catódico (11A) y al menos un primer electrodo anódico (12A),
- al menos un primer canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),
- al menos un segundo canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),

comprendiendo dicho compartimento (C2) de separación de los iones:

- al menos un labio superior izquierdo (22) y al menos un labio superior derecho (23) que sobresalen en el interior del canal principal (1A), que permiten recoger los iones,
- al menos un segundo electrodo catódico (11B) y al menos un segundo electrodo anódico (12B),
- al menos un primer canal lateral (8) de evacuación de los cationes, sustancialmente paralelo a dicho canal principal (1A),
- al menos un segundo canal lateral (7) de evacuación de los aniones, sustancialmente paralelo a dicho canal principal (1A),
- estando dicho canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2) situado entre el primer canal lateral (8) y el segundo canal lateral (7),
- al menos un primer canal lateral inferior (6A) de evacuación de los cationes, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),
- al menos un segundo canal lateral inferior (5A) de evacuación de los aniones, sustancialmente perpendicular a dicho canal principal (1A),

comprendiendo dicho compartimento (C3) colector de fluido:

- al menos un labio inferior izquierdo (24) y al menos un labio inferior derecho (25) que sobresalen en el interior del canal principal (1A),
- al menos un receptáculo interno (9) que recibe un fluido no salado (9A),
- al menos un receptáculo externo (10) que recoge un fluido fuertemente salado (10A),

caracterizado por que

dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B) y dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) tienen respectivamente cada uno una primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) en contacto con el aire y una segunda cara (11E, 11H, 12E, 12H) opuesta a dicha primera cara, estando dicha segunda cara en contacto directo con una pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico que está directamente en contacto con el fluido salado (2).

2. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde el electrodo catódico (11A, 11B) y el electrodo anódico (12A, 12B) son paralelos a una primera pared (13A) y a una segunda pared (13B) del canal principal (1A), respectivamente.

3. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde la longitud del compartimento (C1) de migración de los iones está comprendida entre 35 mm y 55 mm, su anchura está comprendida entre 20 mm y 30 mm y su altura está comprendida entre 10 mm y 20 mm.

4. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde la longitud de una etapa del compartimento (C2) de separación de los iones está comprendida entre 30 mm y 50 mm, su anchura está comprendida entre 10 mm y 25 mm y su altura está comprendida entre 7 mm y 20 mm.

5. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde la longitud del compartimento (C3) colector de fluido está comprendida entre 35 mm y 55 mm, su anchura está comprendida entre 20 mm y 30 mm y su altura está comprendida entre 10 mm y 20 mm.
6. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) están colocados uno en la prolongación vertical del otro, y dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B) también están colocados uno en la prolongación vertical del otro.
7. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde dicho canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes separa físicamente dichos primer y segundo electrodos anódicos (12A, 12B) y dicho canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones separa físicamente dichos primer y segundo electrodos catódicos (11A, 11B), respectivamente.
8. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde dichos labios superiores izquierdos (22) y derechos (23) tienen forma puntiaguda, con una parte biselada que se enfrenta respectivamente a dicho primer canal lateral superior (6) de evacuación de los cationes y a dicho segundo canal lateral superior (5) de evacuación de los aniones.
9. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde dichos labios inferiores izquierdos (24) y derechos (25) tienen forma puntiaguda, con una parte biselada que se enfrenta respectivamente a dicho primer canal lateral inferior (6A) de evacuación de los cationes y a dicho segundo canal lateral inferior (5A) de evacuación de los aniones.
10. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde un campo eléctrico entre los electrodos (11) y (12) tiene un valor comprendido entre 0,1 y 1.000 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$, con preferencia entre 0,2 y 100 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$, preferiblemente entre 0,5 y 5 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$.
11. Microrreactor según la reivindicación 1, en donde pueden estar apilados unos sobre otros varios compartimentos (C2) idénticos de separación de los iones.
12. Microrreactor (1) según las reivindicaciones 1 a 11, que comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dichos compartimentos (C2) dispuestos en serie.
13. Microrreactor (1) según las reivindicaciones 1 a 11, que comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dichos compartimentos (C2) dispuestos en paralelo.
14. Microrreactor (1) según las reivindicaciones 1 a 11, que comprende una pluralidad de compartimentos (C2) de separación de los iones, estando dicho microrreactor configurado a modo de bloque.
15. Procedimiento para desalinizar un fluido salado (2) en un microrreactor definido en la reivindicación 1, que comprende los pasos siguientes:
- al menos una primera migración de los aniones hacia al menos un primer electrodo catódico (11A) y de los cationes hacia al menos un primer electrodo anódico (12A),
 - separación respectiva de los cationes y los aniones a un lado y a otro del canal principal (1A) por medio de al menos un labio superior (22; 23) que sobresale hacia el interior del canal principal (1A) de drenaje del fluido salado (2),
 - al menos una segunda migración de los aniones hacia al menos un segundo electrodo catódico (11B) y de los cationes hacia al menos un segundo electrodo anódico (12B),
 - recepción de un fluido no salado en un depósito (9) y de un fluido fuertemente salado en un depósito (10), caracterizado por
 - una puesta en contacto con el aire respectivamente de una primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) de dichos primeros y segundos electrodos catódicos (11A, 11B) y de dichos primeros y segundos electrodos anódicos (12A, 12B), y
 - por una puesta en contacto directo con una pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico de una segunda cara (11E, 11H, 12E, 12H) opuesta a dicha primera cara (11F, 11G, 12F, 12G) de dichos primeros y segundos electrodos catódicos (11A, 11B) y dichos primeros y segundos electrodos anódicos (12A, 12B), y
 - por una puesta en contacto directo con el fluido salado (2) de dicha pared (13B, 13C, 13A, 13D) de plástico.

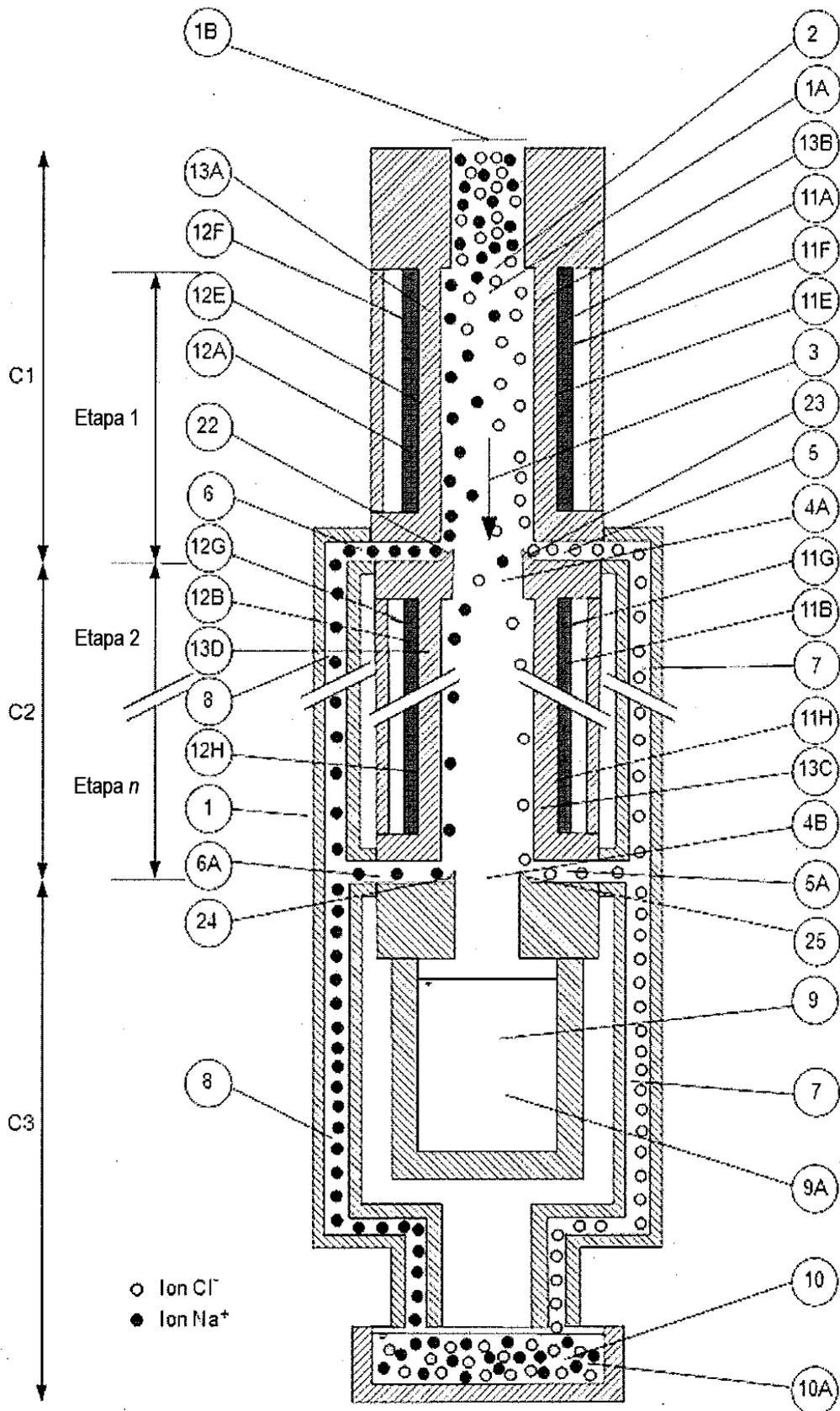


Figura 1A

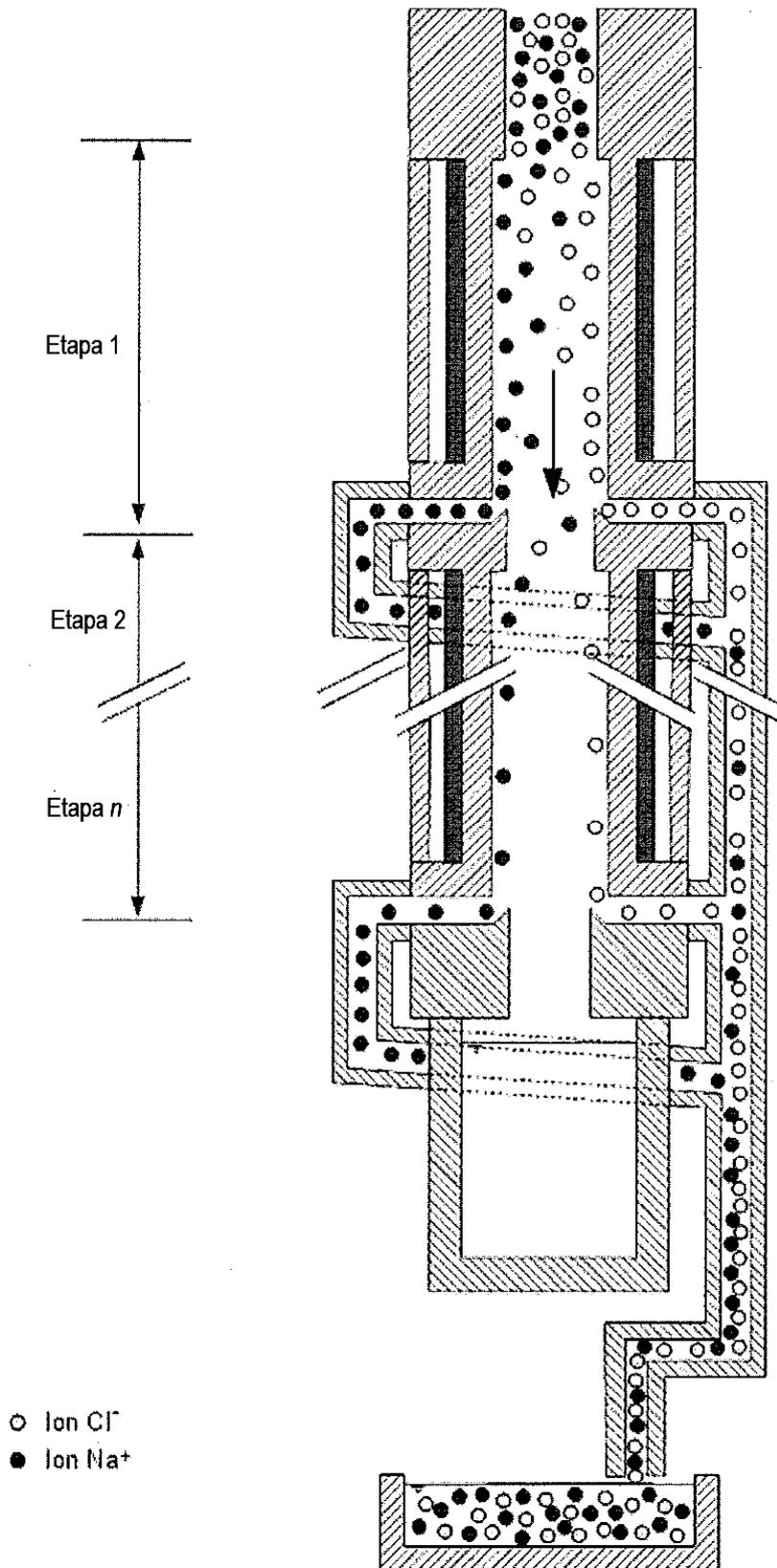


Figura 1B

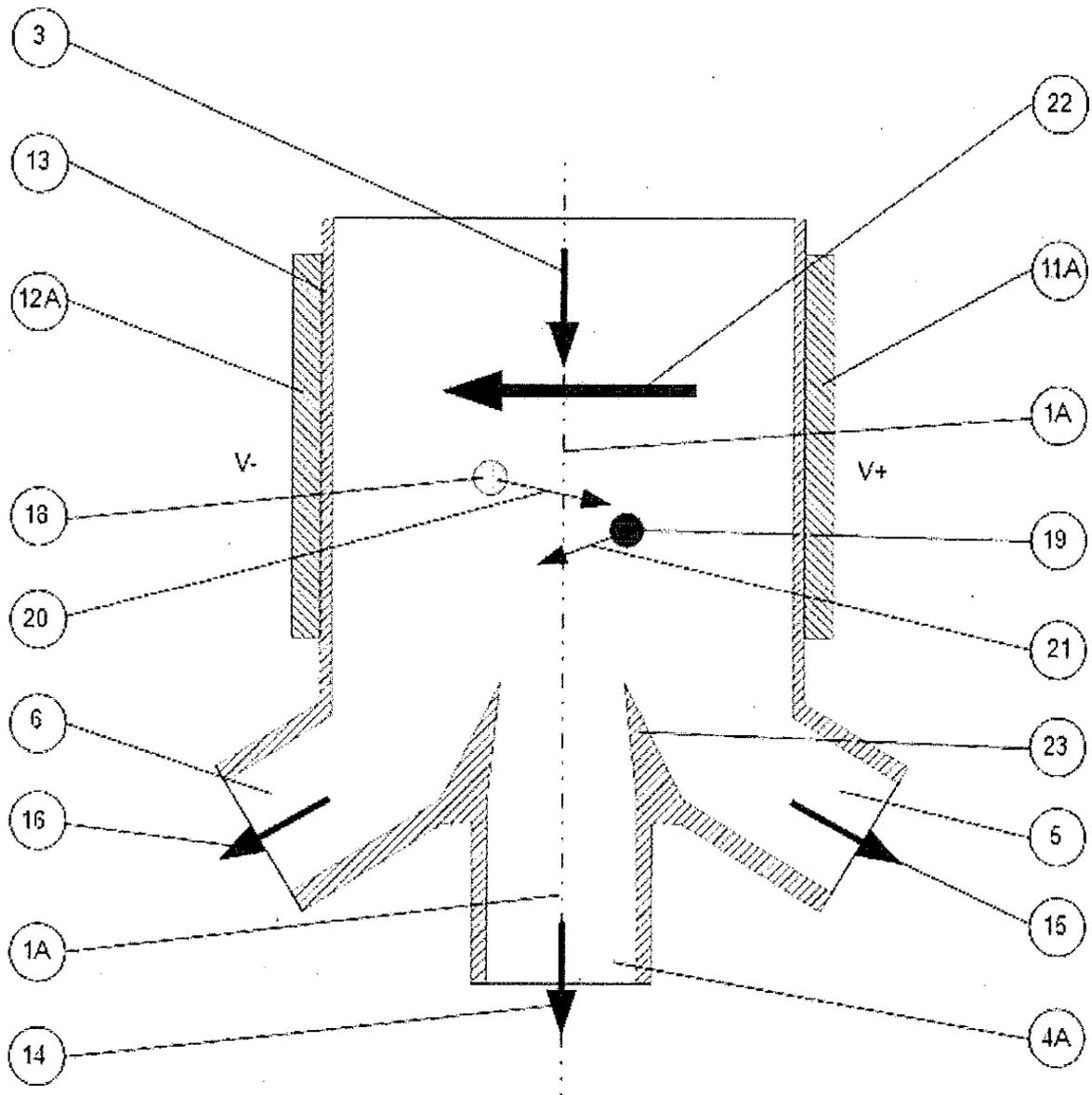


Figura 2

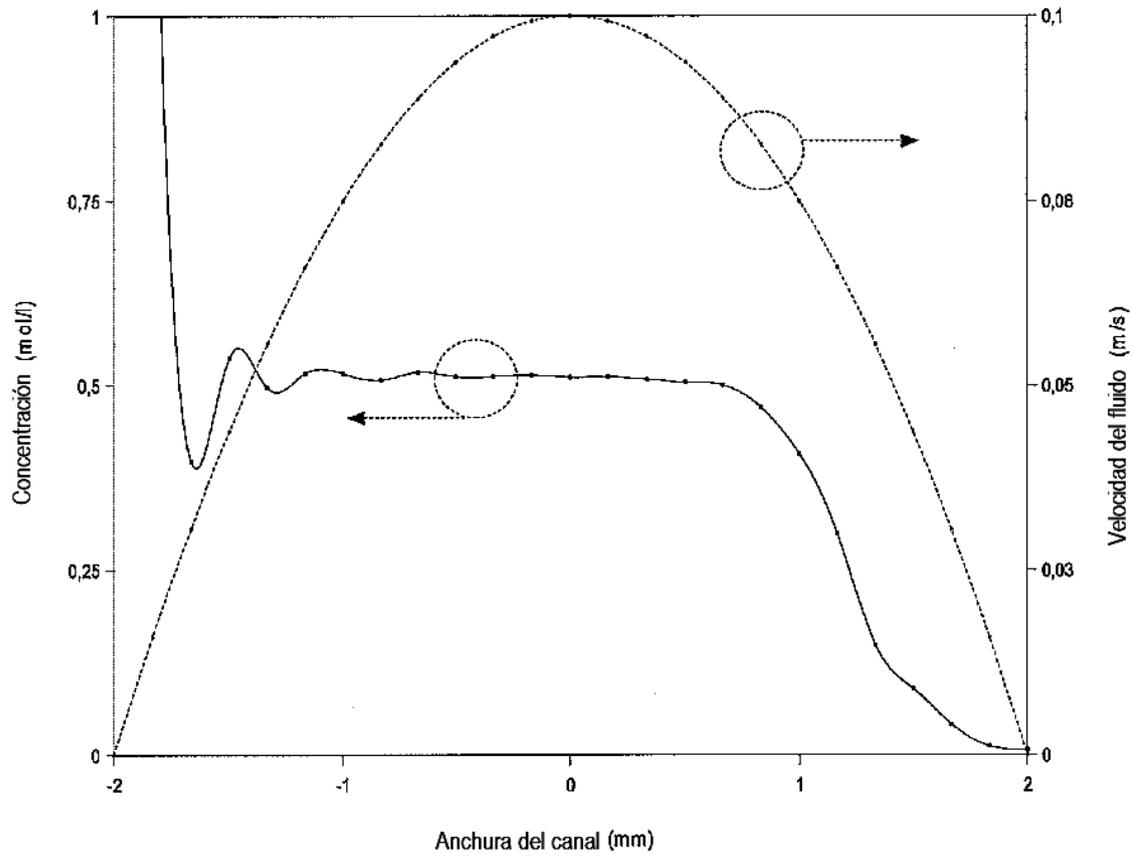


FIG. 3

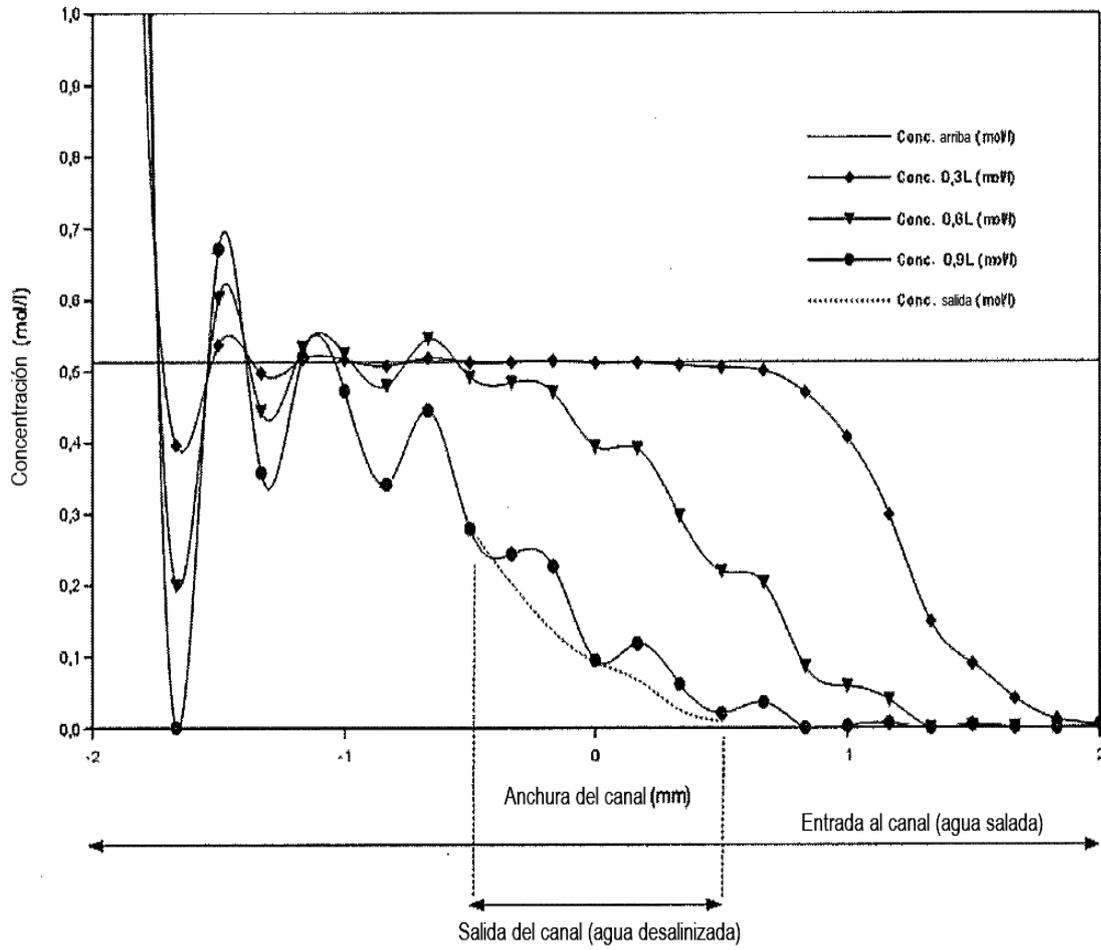


FIG. 4

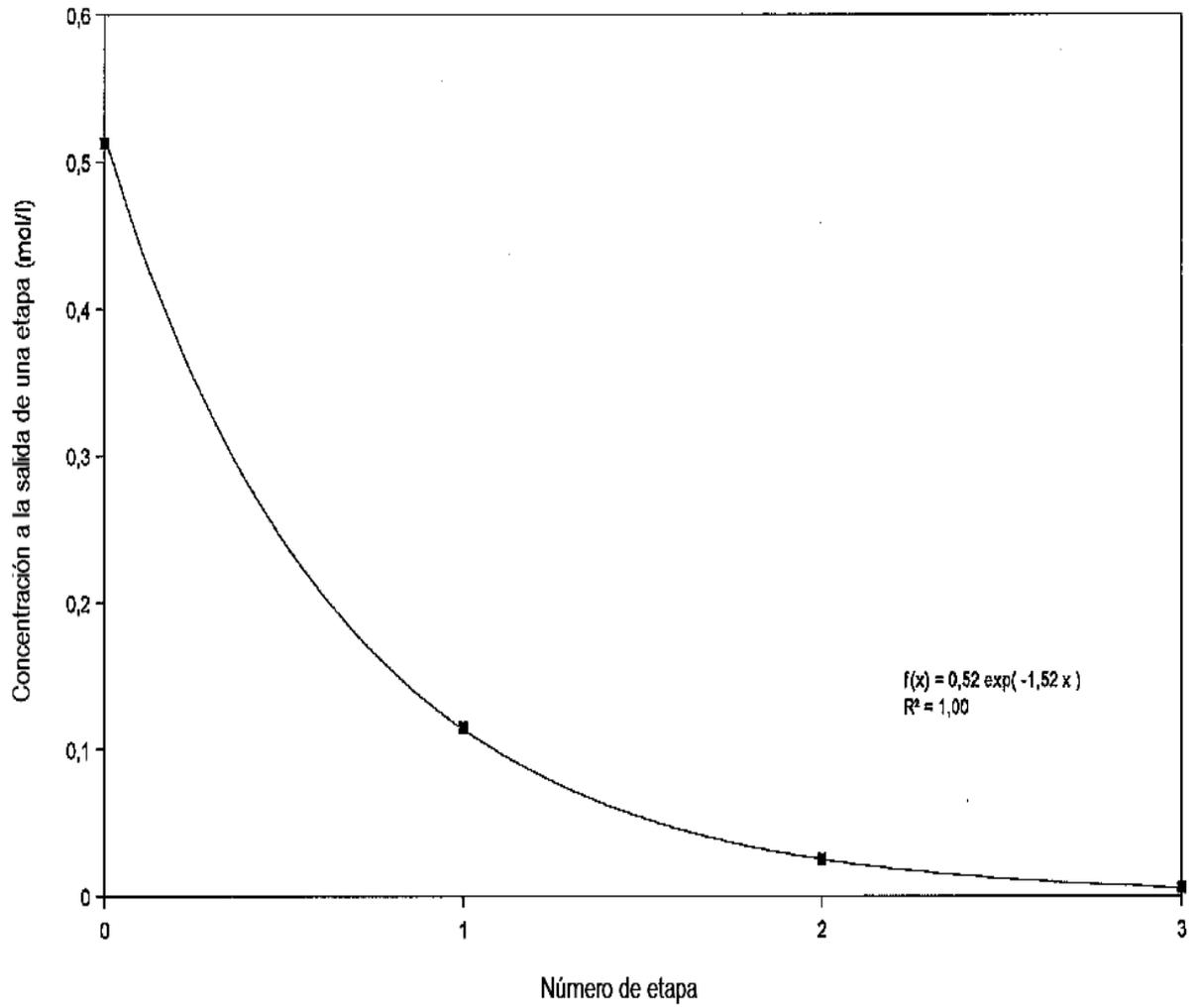


FIG. 5

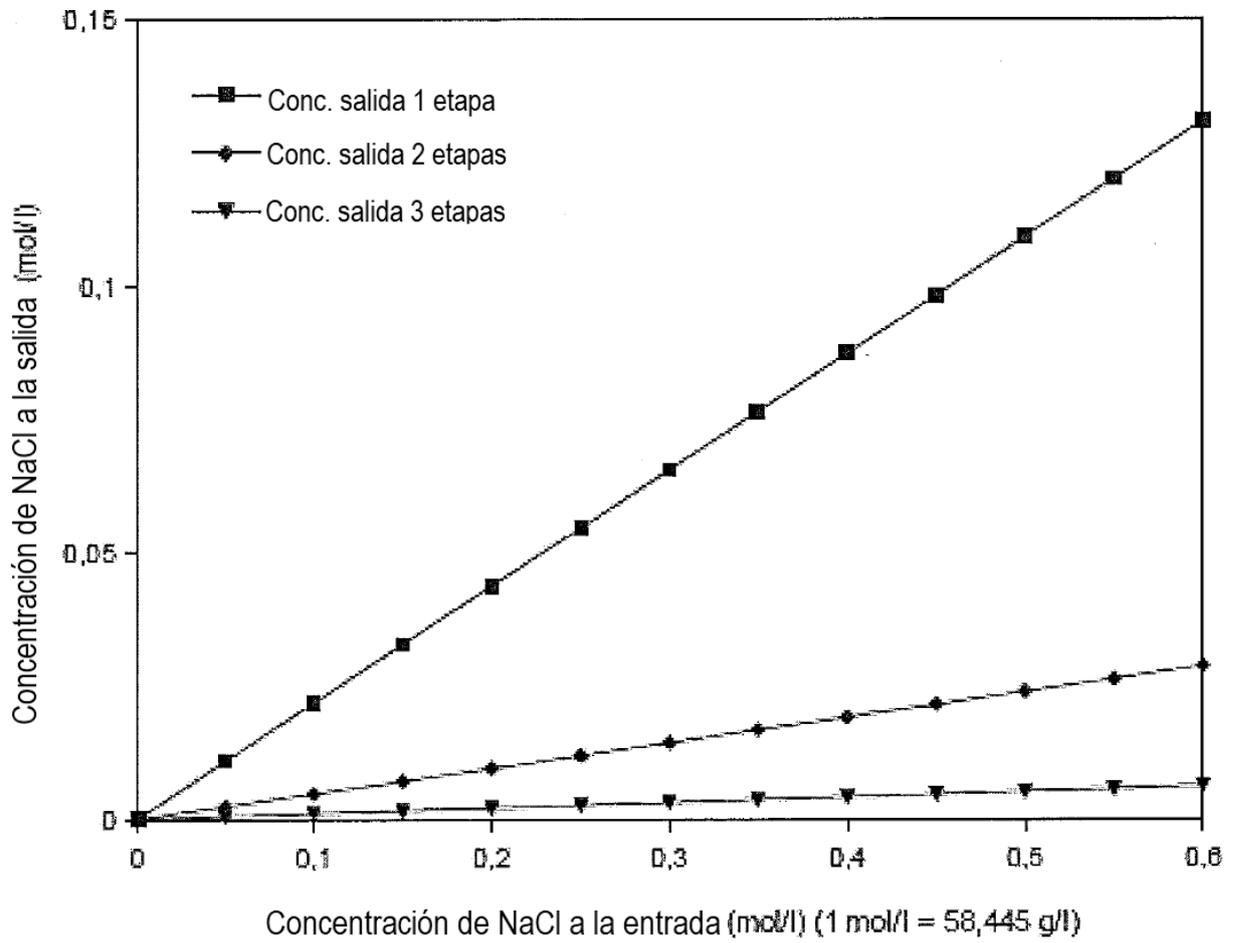


FIG. 6

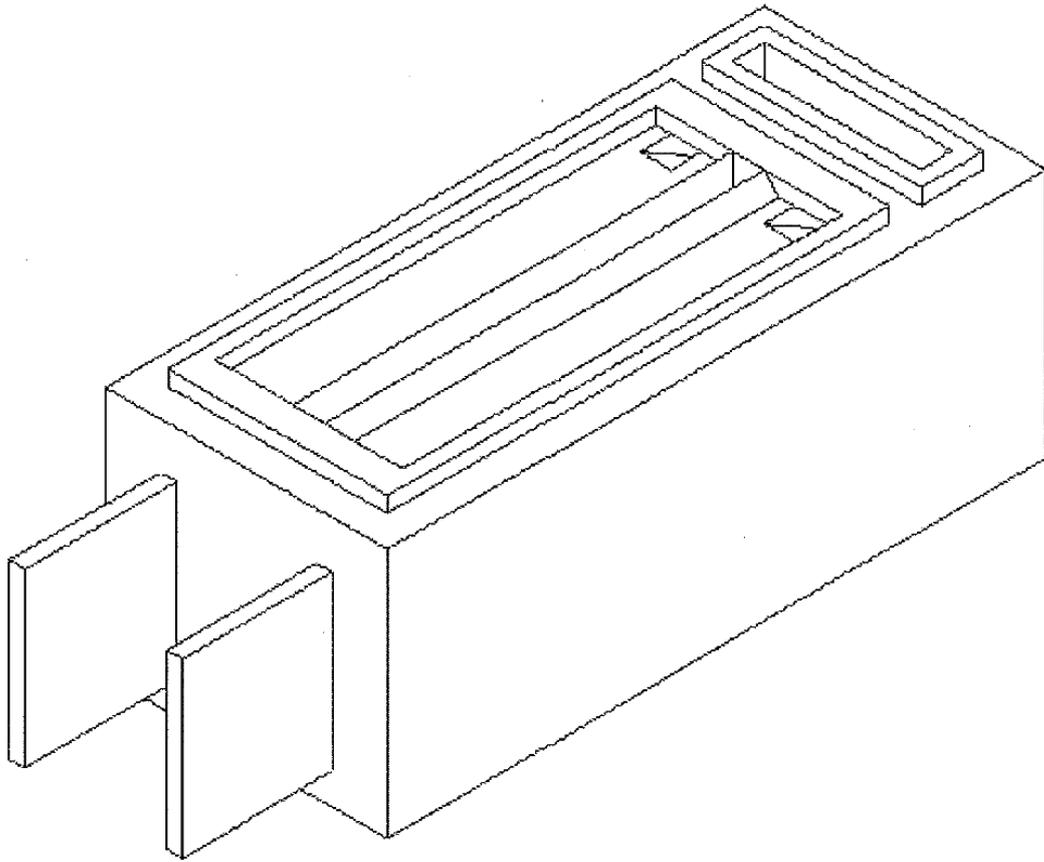


FIG. 7

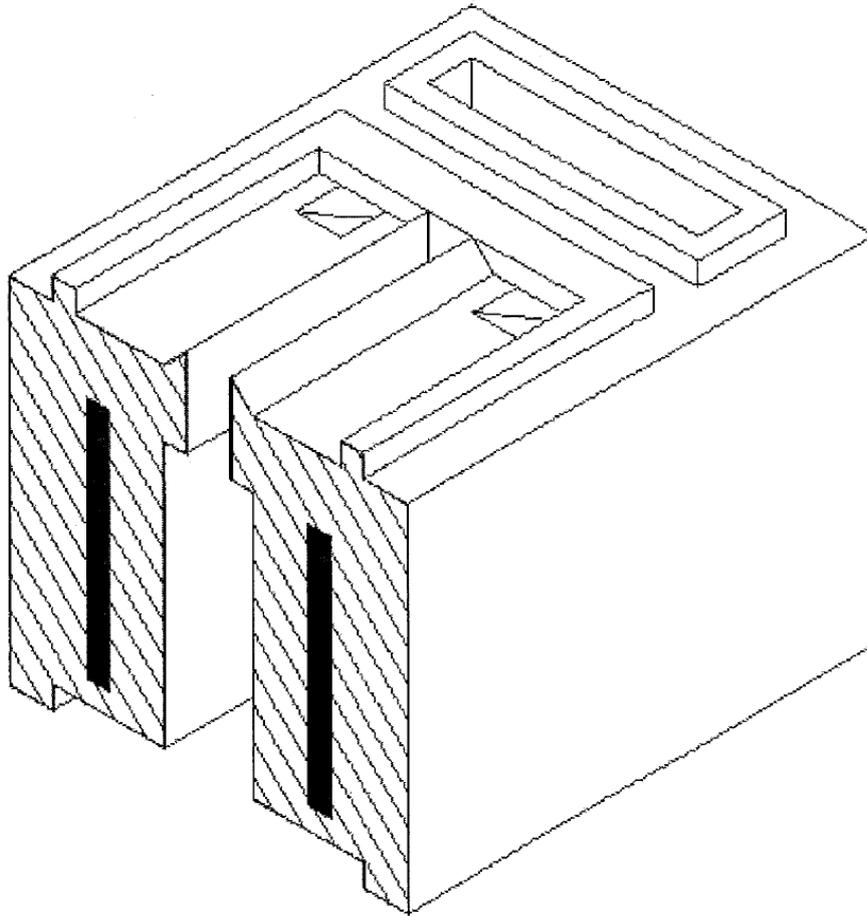


FIG. 8

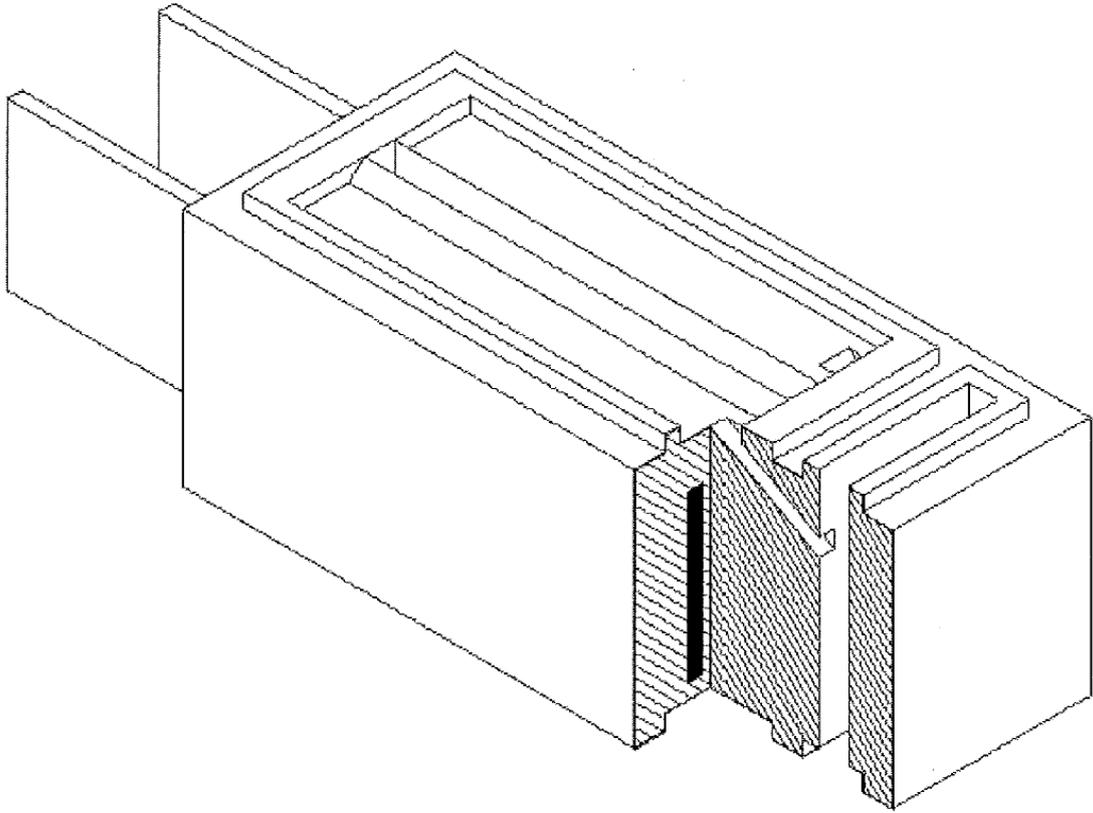


FIG. 9

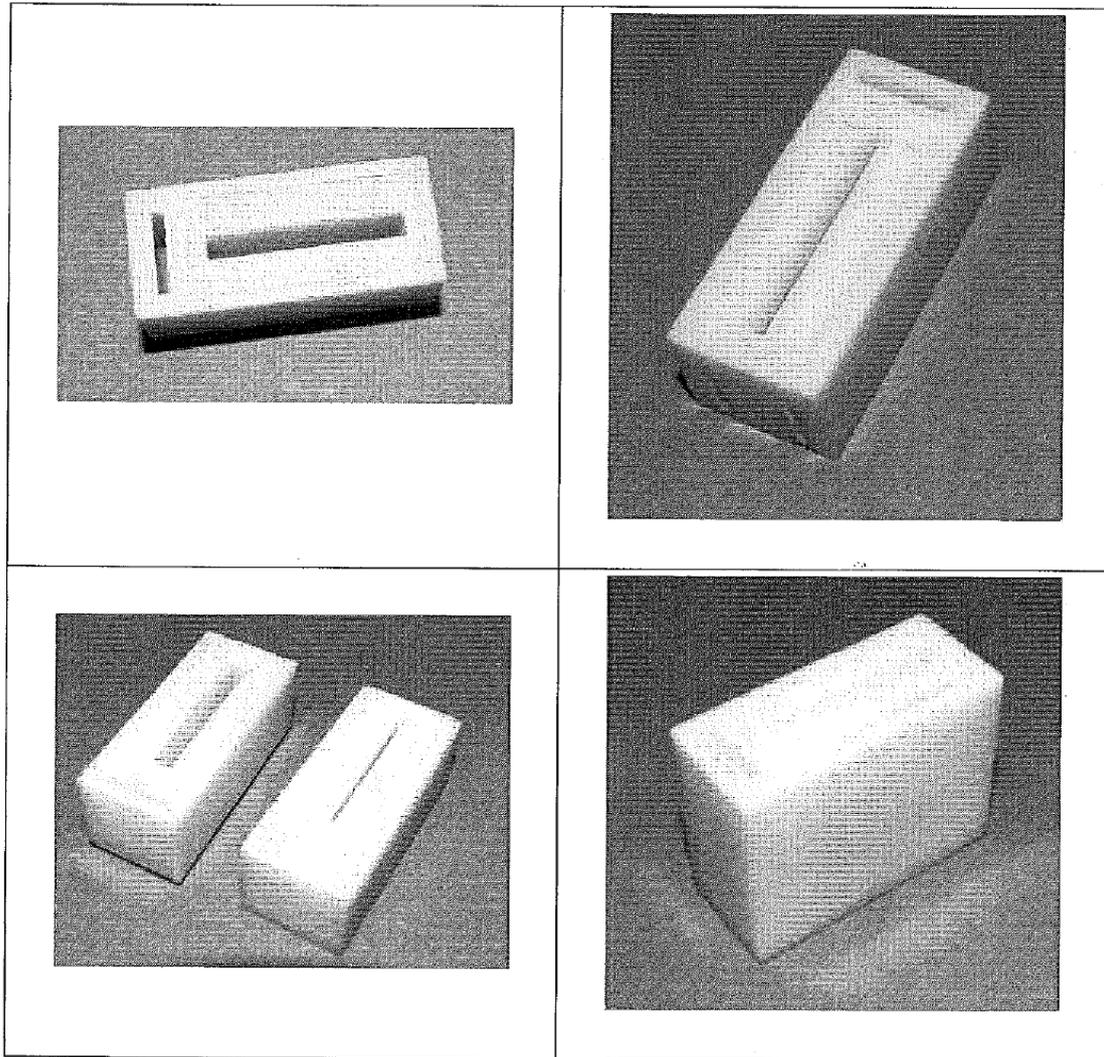


FIG. 10

Agua de mar: 35 g/l; T: 20°C

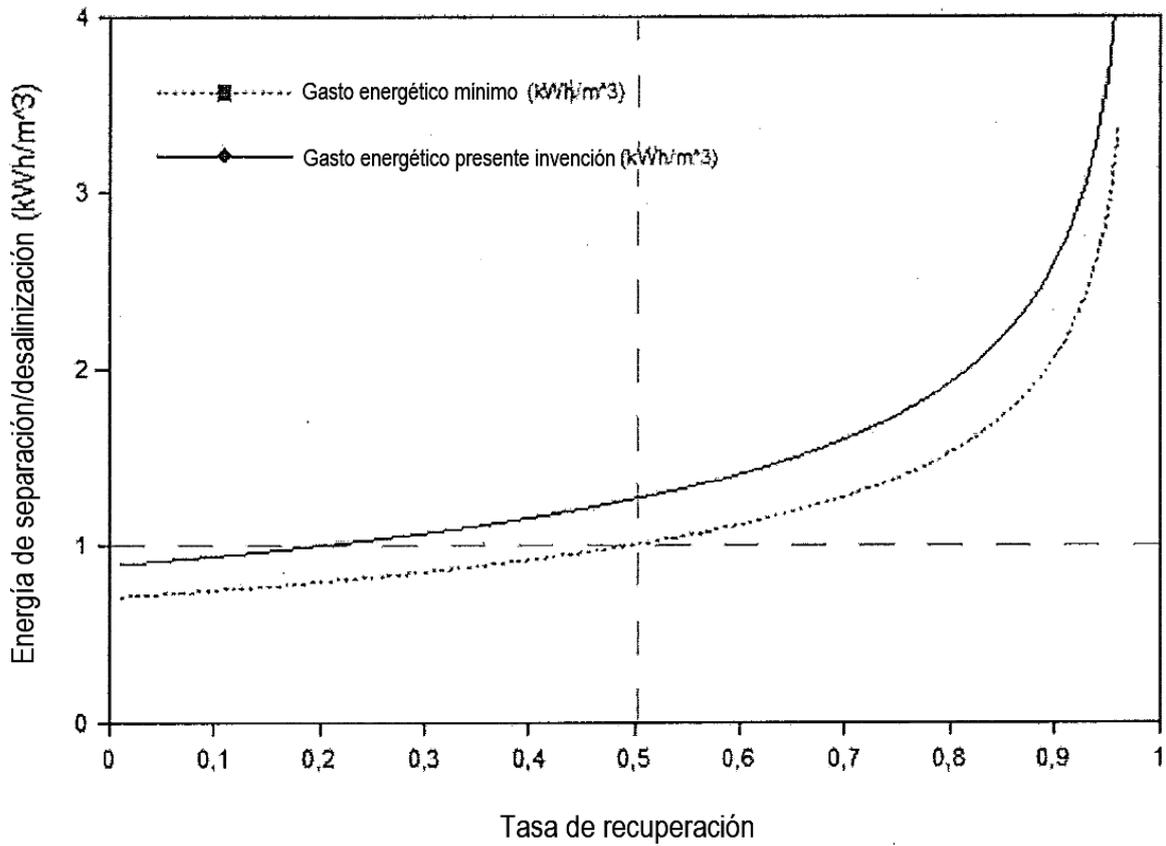


FIG.11

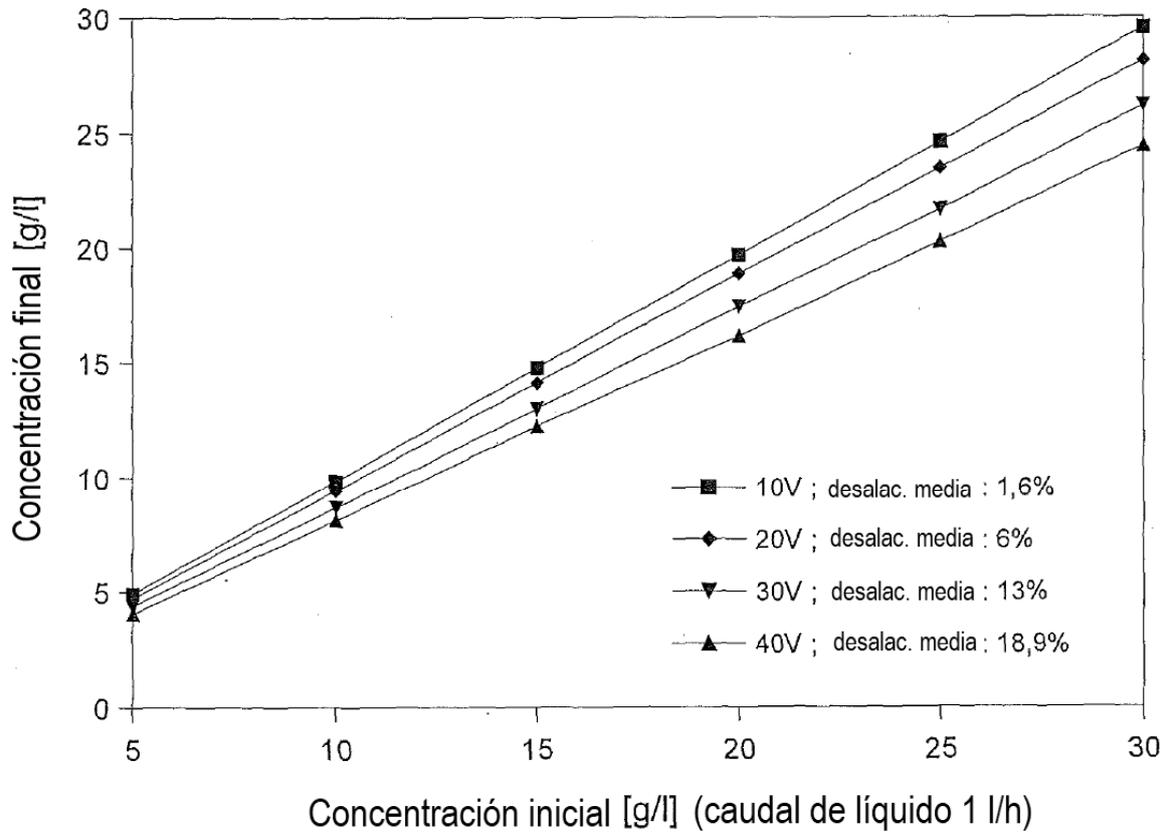


FIG.12