



(51) Clasificación Internacional de Patentes:  
**B01D 3/06** (2006.01) **B01D 1/26** (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:  
PCT/ES2015/070033

(22) Fecha de presentación internacional:  
20 de enero de 2015 (20.01.2015)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:  
P201430054 20 de enero de 2014 (20.01.2014) ES

(71) Solicitante: **ALEX HANGANU RESEARCH, S.L.**  
[ES/ES]; C/ Monistrol 10, E-08294 El Bruc (ES).

(72) Inventores: **HANGANU, Dan Alexandru**; C/ Monistrol 10, E-08294 El Bruc (ES). **NOMEN CALVET, Juan Eusebio**; C/ Monistrol 10, E-08294 El Bruc (ES).

(74) Mandatario: **ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto de**; C/ Miguel Ángel, 21, E-28010 Madrid (ES).

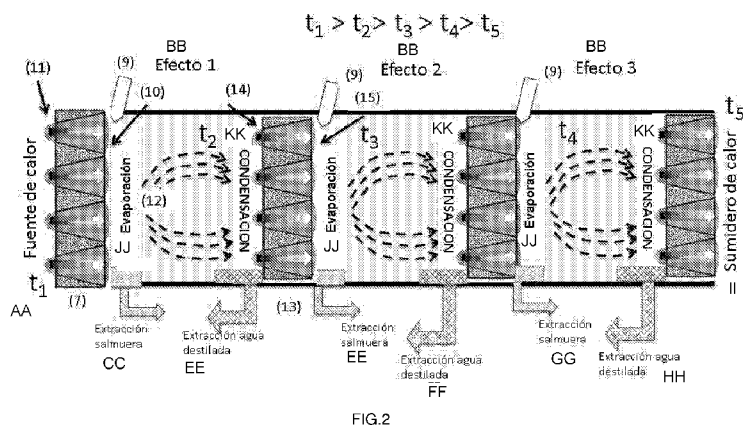
(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MULTIPLE-EFFECT DISTILLATION DEVICE

(54) Título : DISPOSITIVO DE DESTILACIÓN MULTI-EFECTO



AA Heat source  
BB Effect [...]  
CC Extraction of distilled water  
EE Extraction of brine  
FF Extraction of distilled water  
GG Extraction of brine  
HH Extraction of distilled water  
II Heat sink  
JJ Evaporation  
KK Condensation

(57) Abstract: The invention relates to a high-efficiency multiple-effect distillation MED device which includes a highly thermally conductive wall for transferring heat between the two outer faces of the highly thermally conductive wall, formed by a structure which supports at least one heat tube, achieving a substantial reduction in the heat-exchange surface between two effects of the multiple-effect distillation device and the temperature jump necessary between effects.

(57) Resumen: Un dispositivo de destilación multi-efecto MED de alta eficiencia que incluye una pared de alta conductividad térmica para transferir calor entre las dos caras externas de la pared de alta conductividad térmica, formada por una estructura que soporta al menos un tubo de calor, logrando reducir sustancialmente la superficie de intercambio de calor entre dos efectos del dispositivo de destilación multi-efecto y el salto de temperatura necesario entre efectos.

**WO 2015/107251 A1**



---

**Publicada:**

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

## DISPOSITIVO DE DESTILACIÓN MULTI-EFECTO

## DESCRIPCIÓN

## OBJETO

La presente invención se refiere a un dispositivo de alta eficiencia para la desalinización de agua salada a gran escala.

## ESTADO DE LA TÉCNICA

El método de desalinización de agua denominado Destilación Multi-Efecto (MED en sus siglas inglesas), en adelante MED, actualmente es el método térmico de desalinización a gran escala más eficiente desde el punto termodinámico. Se basa en una secuencia de ciclos de evaporación de agua salada y de condensación del vapor de agua resultante, denominados efectos. En cada uno de estos efectos se produce la evaporación y condensación de agua a una presión sustancialmente equivalente a la presión de vapor del agua a esa temperatura. De forma que la presión y temperatura son cada vez menores de efecto a efecto, y se aprovecha el calor latente desprendido en la condensación de un efecto como calor latente para la evaporación en el siguiente efecto. En el actual diseño de los MED, las paredes de contacto entre dos efectos son las paredes de un largo entramado de tubos para conseguir una gran superficie de transferencia de calor. La pared de estos tubos actúa como condensador en su cara interna, que forma parte de un determinado efecto, y como evaporador en su cara externa, que forma parte del siguiente efecto.

En el método MED se transfiere el calor latente a través de una superficie de conducción de calor entre dos efectos consecutivos, estando el primer efecto a una temperatura superior y presión de vapor superior, que la temperatura y presión de vapor del siguiente efecto.

Esta superficie de conducción de calor normalmente es la pared de un tubo, por el interior del cual circula el vapor de agua generado en el primer efecto y sobre este tubo se proyecta el agua salada a evaporar en el segundo efecto.

Dado que el vapor de agua en el primer efecto se encuentra sustancialmente a presión de vapor de su temperatura interior, el vapor de agua se condensa en la cara interior del tubo, condensador del efecto 1, y el calor latente liberado, por el cambio de fase de vapor a agua, se transfiere a través de la pared del tubo siendo captado por el agua que se evapora sobre la superficie exterior del tubo, evaporador del segundo efecto.

Los dispositivos MED actuales contienen un gran entramado de tubos en su interior que actúan como condensador en su cara interna, condensador del efecto  $n$ , y como evaporador en su cara externa, evaporador del efecto  $n+1$ .

5 Actualmente los dispositivos MED pueden transferir una gran cantidad de calor latente entre la fase de condensación y la de evaporación que se producen en la cara interna y externa del tubo condensador/evaporador. Estos tubos suelen ser aleaciones de aluminio.

Según la ley de Fourier la transferencia de calor por conducción a través de un material, es función de:

La superficie de conducción de calor

10 La conductividad térmica del material

La diferencia de temperatura a ambos lados del material

El grosor del material

Las aleaciones de aluminio tienen una conductividad térmica entre 200 y 250 W/(m.K). Dada esta conductividad, los dispositivos MED requieren de una gran superficie de conducción de calor para lograr la transferencia de calor necesaria en el proceso de destilación del agua. Por ello el interior de un dispositivo MED contiene un enorme haz de tubos. El tamaño de los tubos requiere un determinado grosor de su pared para soportar los requisitos estructurales. La resultante de estos factores es que los actuales dispositivos MED requieren un salto térmico de unos 2°C por efecto, de forma que dado que trabajan a partir de un foco de calor de menos de 70°C y un sumidero de calor entre 30°C y 25°C, temperatura del mar en zonas cálidas, el número máximo de efectos que se logra intercalar en la práctica se sitúa entre 10 y 16 efectos.

Un tubo de calor o caloducto, es un dispositivo de transferencia de calor consistente en un tubo cerrado por ambos extremos en cuyo interior hay un fluido de trabajo, a una presión substancialmente equivalente a la presión de vapor de este fluido. Cuando los extremos de este tubo se exponen a dos zonas con distintas temperaturas, el fluido de trabajo se evapora en el extremo a mayor temperatura, fuente de calor, al absorber el calor necesario para cambiar su fase, y el vapor viaja a alta velocidad hasta el extremo frío donde se condensa liberando el calor de cambio de fase al exterior del extremo frío, sumidero de calor. El retorno del líquido condensado hasta el extremo caliente se realiza por capilaridad o gravedad. El tubo de calor es el dispositivo más eficiente para la transferencia de calor entre dos puntos a distinta temperatura.

Mientras que la conductividad térmica del aluminio y sus aleaciones es de 200 W/(m.K) - 250 W/(m.K), y la de otros metales como el cobre es de 400 W/(m.K), se pueden construir tubos de calor con conductividades efectivas de millones de W/(m.K). Es decir, que el intercambio de calor mediante un tubo de calor requiere una superficie de intercambio  
5 significativamente menor a la que se requiere usando aleaciones de aluminio.

La sustitución de las aleaciones de aluminio u otras aleaciones de metales como superficie de conducción de calor dentro del dispositivo MED, por una pared de separación entre efectos formada por un haz de tubos de calor que actúen como superficie de conducción de calor en un dispositivo desalinizador, nos permite reducir miles de veces las necesidades de  
10 superficie de conducción de calor, nos permite eliminar el enorme entramado de tubos cuyas paredes actualmente actúan como superficie de conducción de calor y, además, aporta tres importantes ventajas añadidas:

La posibilidad de trabajar con diferenciales de temperatura entre efectos que sean menores a los 2 grados actuales. Es decir que se pueden intercalar más efectos entre un  
15 gradiente de temperatura y, consecuentemente, multiplicar el número de efectos y la producción de agua destilada.

Permitir que el vapor de agua fluya sin obstáculos físicos en su trayecto entre el evaporador y el condensador. Actualmente el vapor de agua debe atravesar el bosque de tubos que forman el evaporador del dispositivo MED y se debe forzar su paso dentro  
20 de otros tubos para lograr su condensación.

Permite reducir drásticamente el coste de mantenimiento del dispositivo gracias a la simplicidad del diseño que se puede aplicar, al eliminar la complejidad de los haces de tubos.

El agua tiene una conductividad térmica de 0,58 W/(m.K), por lo que es fundamental reducir  
25 las capas de agua pasiva acumuladas sobre las superficies del condensador o del evaporador. Para ello, la pared de tubos de calor permite aplicar soluciones constructivas para canalizar debidamente el agua, ya que los extremos de los tubos de calor pueden tener formas y estar recubiertos por acabados que permiten minimizar los problemas de resistencia térmica por acumulación no deseada de agua en las caras de los tubos de calor  
30 que actúan como evaporador y como condensador.

## SUMARIO

La presente invención busca resolver uno o más de los inconvenientes expuestos anteriormente mediante un dispositivo de destilación multi-efecto MED de alta eficiencia como es definido en las reivindicaciones.

5 Un aspecto es intercalar una pared formada por al menos un tubo de calor que contiene un fluido de trabajo bifásico, a saber, pared de alta conductividad térmica PACT, como superficie de transferencia de calor entre dos efectos consecutivos del dispositivo MED de alta eficiencia, a través de la que se transfiere el calor de condensación de un efecto al calor de evaporación del siguiente efecto; y como superficie de transferencia de calor entre el exterior y los efectos primero y último, Dado que la conductividad térmica de una pared de  
10 alta conductividad térmica PACT es superior a la conductividad térmica de las actuales paredes de los tubos de aleación de aluminio que actúan como superficie de transferencia de calor, podemos reducir varias veces la superficie de conducción de calor dentro de cada efecto del dispositivo MED de alta eficiencia.

Una pared de alta conductividad térmica PACT comprende al menos un tubo de calor y una  
15 estructura de soporte para soportar mecánicamente los tubos de calor.

La transferencia de calor entre cada efecto del dispositivo MED de alta eficiencia se produce a través de la pared de alta conductividad térmica PACT, de forma que una cara de la pared de alta conductividad térmica PACT actúa como condensador de un efecto, en la que se libera el calor de condensación del cambio de fase de vapor a agua líquida, y la otra cara de  
20 la pared de alta conductividad térmica PACT actúa como evaporador del siguiente efecto sobre la que se aporta agua salada que se evapora.

La colocación de una pared de alta conductividad térmica PACT entre dos efectos del dispositivo MED de alta eficiencia hace que los tubos de calor incluidos en la pared de alta conductividad térmica PACT capturen el calor liberado en la condensación del primer efecto  
25 y lo transfieran hasta su extremo expuesto a una temperatura inferior, donde es capturado por el agua salada que se aporta sobre su cara exterior para cambiar de la fase líquida a vapor de gas, generando vapor de agua.

Otro aspecto son las terminaciones de los tubos de calor de la pared de alta conductividad térmica PACT que permiten reducir las acumulaciones de agua no deseadas.

30 Otro aspecto es la aplicación de la pared de alta conductividad térmica PACT como superficie de intercambio de calor entre los líquidos extraídos de cada efecto y el agua salada a aportar dentro de los efectos.

De forma que la introducción de paredes de alta conductividad térmica PACT en el dispositivo MED de alta eficiencia permite mejorar las siguientes resistencias térmicas:

La resistencia a la conducción térmica a través de la pared de entrada al efecto.

5 Esta resistencia se mejora mediante la alta conductividad de una pared constituida por tubos de calor colocados sobre una estructura de soporte, lo cual permite que los extremos de los tubos de calor no deban realizar ninguna función estructural y puedan estar formados por material del mínimo grosor necesario para maximizar su conductividad térmica.

La resistencia térmica generada por la capa de agua sobre la cara evaporadora.

10 Esta resistencia térmica se mejora mediante la reducción del grosor de la capa de agua y la rotura de tensión superficial que se aplica sobre la cara de los extremos de los tubos de calor que actúan como evaporador de la pared de alta conductividad térmica PACT. Estos extremos de los tubos de calor pueden adoptar unas formas  
15 diseñadas para facilitar el flujo del agua sobre ellos y con una amplia superficie de intercambio de calor para facilitar la evaporación. Adicionalmente, esta resistencia térmica generada por la capa de agua sobre la cara evaporadora se mejora colocando una estructura tipo fieltro integrada sobre la cara de la pared de alta conductividad térmica PACT, que actúa como evaporador de un efecto, de forma que el agua salada se vierte sobre esta estructura tipo fieltro. La estructura tipo fieltro  
20 está formada por material de alta conductividad térmica, como aleaciones de aluminio, de forma que permite multiplicar la superficie transmisora de calor que está en contacto con agua a evaporar y permite romper la tensión superficial de una capa de agua, de forma que las gotas de agua pasan a estar en contacto con la estructura de fieltro transmisora de calor, multiplicando la eficacia del evaporador dentro del  
25 efecto.

Estas soluciones permiten resistencias mucho menores que las que se producen cuando el evaporador es la superficie de un haz de tubos sobre los que el agua fluye formando películas de un grosor difícil de controlar, que genera resistencia a la transmisión de calor.

30 3- Resistencias en el viaje interior como vapor.

Esta resistencia se mejora por la simplificación del diseño interior del efecto porque ya no se necesita tanta superficie de material. La eliminación de centenares o miles de tubos en el interior de cada efecto permite eliminar estos obstáculos al flujo de

vapor en la fase de evaporación y permite evitar los aumentos de entropía que también se provocan al forzar la circulación del vapor dentro de un haz de tubos del dispositivo MED actual.

4- La resistencia generada por la capa de agua sobre la cara condensadora.

5 Esta resistencia térmica se mejora mediante el aumento de superficie de transferencia de calor que se encuentre libre de agua, que pueda entrar en contacto con el vapor de agua a condensar. Ello se logra haciendo que los extremos de los tubos de calor sobresalgan de la estructura de soporte de la pared de alta conductividad térmica PACT, de forma que el agua se desliza sobre la superficie de la pared de alta conductividad térmica PACT y deja los extremos del tubo de calor libre para condensar el siguiente vapor de agua. La superficie de soporte puede estar diseñada de forma que canalice eficientemente los caudales de agua destilada producida, manteniendo los extremos fríos de los tubos de calor libres de capas de agua que limitarían el intercambio de calor.

15 5- La resistencia térmica generada por los tubos dentro de un intercambiador de calor tradicional.

Esta resistencia térmica se mejora al intercalar la pared de alta conductividad térmica PACT entre un tubo que contiene un líquido del que se quiere extraer calor, tubo que conduce la salmuera extraída de un efecto o del agua destilada, y un tubo que contiene un líquido al que se quiere aportar calor, agua salada.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Una explicación más detallada del dispositivo de acuerdo con realizaciones de la invención se da en la siguiente descripción basada en las figuras adjuntas en las que:

25 La figura 1 muestra un esquema del interior de un efecto intermedio distinto del primero y el último de un dispositivo MED actual, con el tubo que en su interior actúa como condensador de un efecto y por su exterior actúa como evaporador del siguiente efecto.

La figura 2 muestra un dispositivo MED de alta eficiencia incluyendo paredes de alta conductividad térmica PACT entre los efectos, lo cual permite eliminar los obstáculos físicos en el trayecto del vapor entre evaporador y condensador.

30 La figura 3 muestra el esquema del corte vertical de una pared de alta conductividad térmica PACT.

La figura 4, muestra una sección del dispositivo MED de alta eficiencia con una pared de alta conductividad térmica PACT soportada por una estructura que adopta una forma cilíndrica sobre la que se insertan los tubos de calor, para aumentar la superficie de conducción de calor.

- 5 La figura 5, muestra un esquema de la pared de alta conductividad térmica PACT como superficie de transferencia de calor entre un tubo que contiene un líquido del cual se quiere extraer calor y otro tubo que contiene un líquido al que se quiere aportar calor. Es decir un intercambiador de calor mediante la pared de alta conductividad térmica PACT, ya sea a corriente o contracorriente, para mejorar la transferencia de calor entre líquidos dentro de un  
10 MED.

La figura 6, muestra un esquema de integración de una dispositivo MED de alta eficiencia dentro de un estadio de un dispositivo MSF de desalinización.

La figura 7, muestra un esquema de una pared de alta conductividad térmica PACT en la que, en su cara evaporadora, se integra una estructura tipo fieltro.

## 15 DESCRIPCIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN

En la figura 1 se ilustra la parte del evaporador y condensador de dos efectos intermedios de un dispositivo MED actual en el que básicamente, se canaliza el vapor de agua generado en un efecto 1 dentro de un tubo 2. Dicho tubo circula dentro del efecto siguiente 3 sometido a una presión de vapor y temperatura inferiores a las del efecto precedente. Sobre el tubo 2 se  
20 proyecta agua salada 4. Dada la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del tubo 2 la pared actúa como intercambiador de calor latente entre el vapor que se condensa sobre la cara interior del tubo 5 y el agua marina que se evapora sobre la cara exterior del tubo 6.

En la figura 3 se ilustra un esquema de una pared de alta conductividad térmica PACT  
25 comprendiendo una estructura de soporte 17 en la que se instala al menos un tubo de calor. La forma y disposición de estos tubos de calor pueden ser muy variadas según las propiedades que se desee dar a la pared de alta conductividad térmica PACT. De forma que pueda transferir mayor o menor potencia de calor, que pueda canalizar el agua generada en la cara que actúe como condensador, o crear una mejor película de agua sobre la cara que  
30 actúe como evaporador. Por ejemplo, los tubos de calor pueden tener la clásica forma de tubo cilíndrico o plano 19 o puede tener otras formas con distintas secciones en sus dos extremos 18; los extremos de los tubos de calor pueden estar dispuestos de forma que se toquen y cubran toda la cara de la pared de alta conductividad térmica PACT 23 o pueden

estar dispuestos de forma que dejen una parte de la estructura descubierta y sólo cubran parte de la cara de la pared 22; los extremos de los tubos pueden ser aplanados 21 o pueden sobresalir de la estructura 20 pudiendo llegar hasta formar parte de una estructura tipo fieltro, para aumentar la superficie de transferencia de calor y ofrecer superficies libres de acumulaciones de agua. La pared de alta conductividad térmica PACT como la descrita

5 puede tener una conductividad térmica efectiva superior a la de unos tubos de aleación de aluminio, por lo que puede realizar la misma función de transferencia de calor con una superficie inferior a la que se requiere con tubos de aleación de aluminio.

La estructura 17 soporta las fuerzas que actúan entre dos efectos y las fuerzas que actúan sobre el evaporador y el condensador, permitiendo que las caras de las paredes externas de los tubos de calor, en sus extremos, no deban ejercer funciones estructurales y puedan tener grosores mínimos que ofrecen mínima resistencia a la conductividad térmica. En ausencia de esta estructura de soporte, si las paredes exteriores del tubo de calor tuviesen que tener una superficie equivalente a la superficie de la sección del dispositivo MED,

10 entonces las paredes de separación deberían soportar cargas mecánicas, requiriendo un mayor grosor. Grosor que disminuiría la conductividad térmica de la pared y comportaría la necesidad de mayor superficie de intercambio térmico. El problema del grosor de las paredes de separación entre efectos se soluciona con la pared de alta conductividad térmica PACT, gracias a la incorporación de una estructura de soporte, sobre la que se alojan una

15 serie de tubos de calor cuyos extremos pueden tener paredes de reducido grosor porque no necesitan soportar fuerzas estructurales.

En la Figura 2 se ilustra un esquema del dispositivo MED de alta eficiencia en el que, a efecto de ilustración, sólo reproducimos tres efectos, los dos efectos extremos y un efecto intermedio. El primer efecto, efecto 1, recibe el calor de una fuente de calor y el último efecto, efecto 3, lo libera en un sumidero de calor. El segundo efecto representa un efecto intermedio y el dispositivo MED de alta eficiencia puede contener tantos efectos intermedios similares al efecto 2, como permita el salto térmico entre la fuente de calor y el sumidero de calor. En los extremos del dispositivo MED de alta eficiencia, y entre cada efecto, se intercala una pared de alta conductividad térmica PACT. En esta figura hay un total de

25

30 cuatro paredes de alta conductividad térmica PACT, de forma que:

El primer efecto recibe calor de una fuente externa de calor ( $t_1$ ), a través de la pared de alta conductividad térmica PACT 7,

La temperatura interior del primer efecto ( $t_2$ ). es superior a la temperatura del segundo efecto ( $t_3$ ).

En el primer efecto

5

se introduce agua de mar desaireada en el interior del efecto, mediante una válvula 9, u otro mecanismo que permita aportar un caudal controlado de modo que forme una fina capa de agua a una temperatura  $t_2$ , sobre la cara interior 10 de la pared de alta conductividad térmica PACT 7, que actúa como evaporador del primer efecto

10

Esta pared de alta conductividad térmica PACT 7 está formada por una estructura de soporte que incorpora al menos un tubo de calor cerrado que aporta la alta conductividad de la pared de alta conductividad térmica PACT para transmitir el calor liberado en la cara 11 hacia la cara 10 de la pared de alta conductividad térmica PACT.

15

De forma que al dosificar el agua de mar desde la válvula 9 sobre la cara 10, y dado que la presión interior del efecto primero es substancialmente la presión de vapor a la temperatura  $t_2$ , el agua marina absorbe el flujo de calor transmitido a través de la pared 7 PACT para su cambio de estado a vapor de agua 12, sin cambio de temperatura.

20

El vapor de agua 12, en el momento en el que se genera, se expande y crea un onda de presión que recorre sin impedimentos el espacio interior del primer efecto que ahora está libre de obstáculos físicos, puesto que ya no es necesario el entramado de tubos.

25

El vapor de agua 12 llega a la pared de alta conductividad térmica PACT 13 por la que se transfiere el calor entre el efecto 1 y el efecto 2,

30

El efecto 2 se encuentra a una temperatura  $t_3$ , inferior a  $t_2$ . De forma que el vapor de agua 12 que llega a la cara 14 interior de la pared de alta conductividad térmica PACT 13 se condensará, liberando calor latente de condensación a través de la pared de alta conductividad térmica PACT 13 hasta la cara interior 15 del efecto 2. De forma que la cara 14 es el condensador del efecto 1 y la pared de alta conductividad térmica PACT 13 transfiere el calor latente a su cara 15 que es el evaporador del efecto 2.

El vapor generado dentro del efecto 2 viaja hasta la pared de

condensación y así sucesivamente para todos los efectos intermedios. En la figura 2 un efecto intermedio –efecto 2- ha sido representado, pudiendo repetirse n veces hasta llegar al último efecto, en el que el calor de condensación se intercambia con un sumidero externo de calor.

- 5 El incremento de la conductividad de la pared de alta conductividad térmica PACT permite eliminar la necesidad de grandes superficies de tubos con una menor conductividad, tubos de aleación de aluminio, y se logran los siguientes efectos en el dispositivo MED de alta eficiencia:

10 La eliminación de las barreras físicas en el camino de desplazamiento del vapor de agua, especialmente los provocados por los tubos horizontales, verticales o en plancha, con lo cual se eliminan las consecuentes ineficiencias del desplazamiento del vapor.

15 La reducción de la generación de capas de agua que actúan como aislante, propias del desplazamiento de un vapor que se condensa en el interior de un tubo y eliminación de los tapones de agua y vapor que se forman en el interior de un tubo condensador.

La reducción de la generación de capas de agua que actúan como aislante sobre la cara exterior del entramado de tubos. Estas capas de agua actúan como aislante térmico y limitan la conducción de calor.

20 Permite la aplicación, sobre las caras externas de los tubos de calor y de la parte expuesta de la estructura de la pared de alta conductividad térmica PACT, de todo el conocimiento sobre tratamiento de superficies y texturas para evitar la formación de capas de agua que actúan como aislante sobre el condensador y minimizar su espesor sobre el evaporador.

25 En caso que los tubos de calor necesarios para una determinada transferencia de calor no cupiesen en una pared plana de separación entre efectos, en la figura 4, se ilustra un ejemplo en el que los tubos de calor se pueden disponer sobre una estructura polimórfica que ofrezca una mayor superficie de conducción de calor, llegando incluso a formar una estructura cilíndrica 16, que soporta una serie de tubos de calor, dentro de la que circula el vapor de agua a condensar.

30

En el dispositivo MED de alta eficiencia que incluye paredes de alta conductividad PACT para el intercambio de calor entre fluidos de distinta temperatura, por ejemplo, que fluyen a contracorriente o a corriente, ver figura 5. Es decir, para transferir el calor de los líquidos

extraídos de cada efecto, salmuera y agua destilada, al líquido de alimentación del siguiente efecto, agua salada, de forma que se reducen las pérdidas totales de calor del dispositivo MED de alta eficiencia.

La resistencia térmica generada por la capa de agua sobre la cara evaporadora de una pared de alta conductividad térmica PACT, también se mejora colocando una estructura tipo fieltro integrada sobre los extremos de los tubos de calor. La figura 7 ilustra como una estructura tipo fieltro 27 se sitúa sobre la cara de la pared de alta conductividad térmica PACT que actúa como superficie de evaporación de un efecto, de forma que este fieltro contiene agua salada que se aporta de forma controlada por un extremo 28 y cuyo exceso se recoge por otro extremo 29, de forma que la estructura tipo fieltro 27 se mantiene con el nivel de agua salada idóneo para facilitar la evaporación y el agua salada con mayor concentración se va acumulando al fondo del recipiente de recolección 29, de dónde se extrae de modo controlado. La estructura tipo fieltro 27 está formada por material de conductividad térmica, como aleaciones de aluminio, de forma que permite multiplicar la superficie transmisora de calor que está en contacto con agua a evaporar y permite romper la tensión superficial de una capa de agua, de forma que las gotas de agua pasan a estar en contacto con la estructura de fieltro transmisora de calor, multiplicando la eficiencia del evaporador dentro del efecto.

La alta conductividad de la pared de alta conductividad térmica PACT permite trabajar con menor diferencial de temperatura. La eficiencia térmica que se logra con una pared de alta conductividad térmica PACT como superficie de conducción de calor, permite producir agua destilada a partir de una transferencia de calor entre un foco de calor y un sumidero de calor con pequeños diferenciales de temperatura y a partir de temperaturas del foco de calor inferiores a los requeridos en los actuales dispositivos MED. Como por ejemplo, a partir de agua de mares cálidos cuya temperatura está entre los 25° a 30°C como fuente de calor y usar como sumidero una fuente fría como por ejemplo un revaporizador de gas licuado.

La alta conductividad de la pared de alta conductividad térmica PACT permite trabajar con menor diferencial de temperatura y ello permite también la integración de un dispositivo MED de alta eficiencia con paredes de alta conductividad térmica PACT entre saltos térmicos de procesos industriales existentes. En la Figura 6 se ilustra el caso de integración de un dispositivo MED de alta eficiencia 26 con paredes de alta conductividad térmica PACT entre la fuente de calor constituida por el vapor 24 producido en un estadio de un dispositivo de destilación por evaporación mutiestadio, internacionalmente conocido como Multistage flash distillation MSF, y el sumidero de calor actualmente constituido por los tubos en los que circula agua salada a menor temperatura con el objetivo de condensar el vapor de agua

sobre dichos tubos y calentar el agua de mar que circula en su interior. En cada estadio del dispositivo MSF, el salto de temperatura entre el vapor de agua y el agua salada que actualmente circula por los tubos se sitúa en torno a los 10°C. De forma que se podría intercalar un dispositivo MED de alta eficiencia con paredes de alta conductividad térmica

5 PACT 26 entre la fuente de calor 24 constituida por el vapor de agua dentro de un estadio de un dispositivo MSF a una temperatura  $t_1$  y el sumidero de calor 25 constituido por el agua salada a una temperatura  $t_5$ . De forma que se elimina el entramado de tubos que actualmente necesitan los MSF, se minimiza la película de agua sobre la superficie de condensación de un estadio MSF utilizando las mejoras que permite una pared de alta

10 conductividad térmica PACT, se disminuye el aumento de entropía asociado al viaje del vapor dentro de un estadio MSF y con todo ello se logra multiplicar varias veces la capacidad de generación de agua destilada de los actuales dispositivos MSF, ya que cada efecto del dispositivo MED de alta eficiencia intercalado logra generar una cantidad similar de agua destilada que la que se logra en un estadio del dispositivo MSF.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de destilación multi-efecto MED de alta eficiencia; caracterizado porque el dispositivo de destilación multi-efecto incluye al menos una pared de alta conductividad térmica para transferir calor entre las dos caras externas de esta pared de alta conductividad térmica, formada por una estructura que soporta al menos un tubo de calor al cual se monta una estructura tipo fieltro (27) sobre el exterior de los extremos del tubo de calor.
2. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1; caracterizado porque una pared de alta conductividad térmica del dispositivo MED de alta eficiencia está configurada para transferir calor de entrada a un primer efecto, de forma que la cara exterior de esta pared de alta conductividad térmica está en contacto térmico con un foco de calor y la cara interna de esta pared de alta conductividad térmica suministra calor para actuar como evaporador del primer efecto.
3. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1 o 2; caracterizado porque una pared de alta conductividad térmica está configurada para transferir calor del ultimo efecto, de forma que la cara exterior de esta pared de alta conductividad térmica está en contacto térmico con un sumidero de calor y la cara interna capta calor para actuar como condensador.
4. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1 o 3; caracterizado porque al menos una pared de alta conductividad térmica está adaptada para trabajar como superficie de conducción de calor entre efectos consecutivos, de forma que en la cara situada en un efecto actúa como condensador y en la cara situada en el siguiente efecto actúa como evaporador, de forma que el calor latente liberado en la condensación del vapor en un efecto, es transferido al consumo de calor latente en la evaporación del siguiente efecto.
5. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1 o 4; caracterizado porque el extremo del tubo de calor que forma parte de la pared de alta conductividad térmica, situado en la cara de la pared que actúa como condensador, sobresale de la estructura de soporte, pudiendo llegar hasta formar parte de la estructura tipo fieltro, para aumentar la superficie de transferencia de calor y ofrecer superficies libres de acumulaciones de agua.
6. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 4 o 5; caracterizado porque la estructura de soporte del tubo de calor adopta una forma del tipo distinta a una superficie plana vertical, una forma ovalada o cilíndrica creando un gran tubo en el interior del cual circula el vapor de agua generado en un efecto, de forma que se pueda aumentar el número de tubos

de calor soportados para aumentar la superficie de conducción de calor con el siguiente efecto.

7. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 4 o 6; caracterizado porque el foco de calor tiene la temperatura ambiente del agua de mar y el sumidero de calor tiene una temperatura menor, substancialmente la temperatura de una planta de reevaporización de gas licuado.
8. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1 o 7; caracterizado porque el agua destilada se genera a partir de una solución acuosa distinta del agua de mar.
9. Dispositivo de acuerdo a cualquier reivindicación 1 a 6; caracterizado porque el dispositivo MED de alta eficiencia con al menos una pared de alta conductividad térmica está configurado para ser intercalado en un dispositivo de destilación por evaporación multiestadio MSF, teniendo el dispositivo MED de alta eficiencia como fuente de calor inicial el vapor de agua de un estadio de un dispositivo de destilación por evaporación multiestadio MSF, y el sumidero de calor final del dispositivo MED de alta eficiencia con paredes de alta conductividad térmica es el agua salada, que se calienta antes de introducirse en el dispositivo de destilación por evaporación multiestadio MSF.

## DIBUJOS

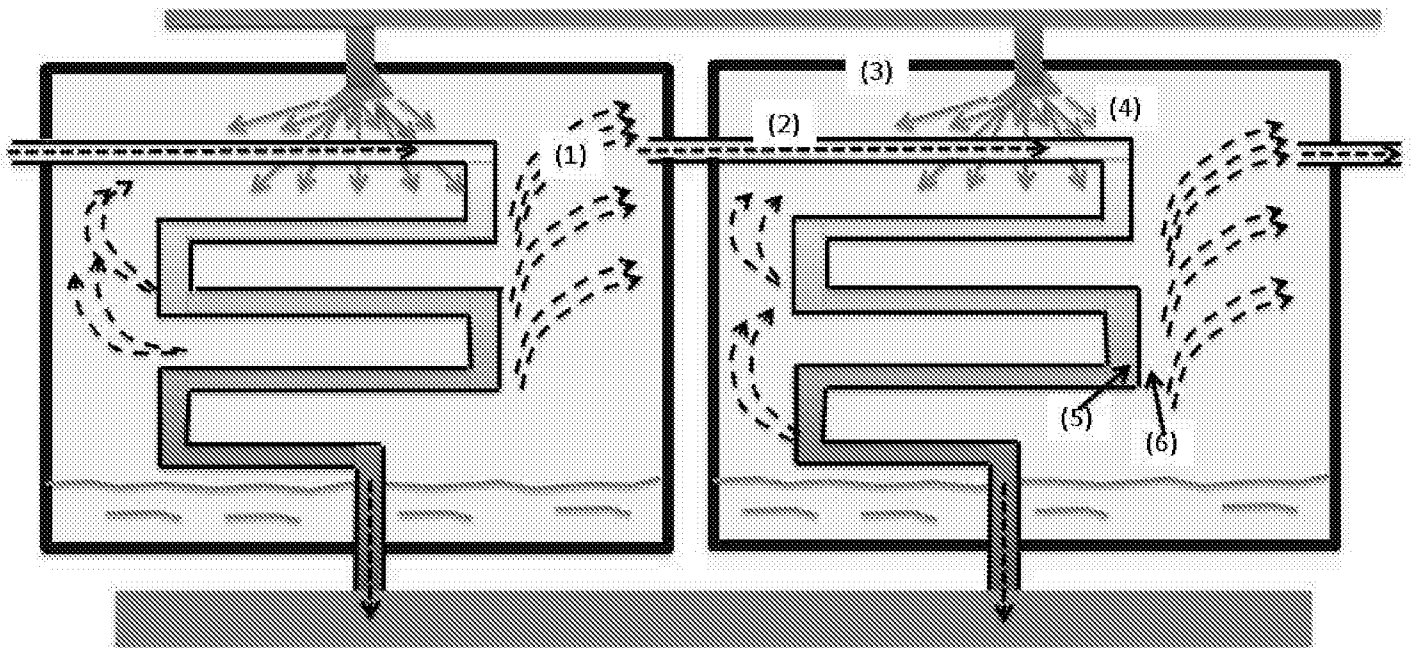


FIG.1

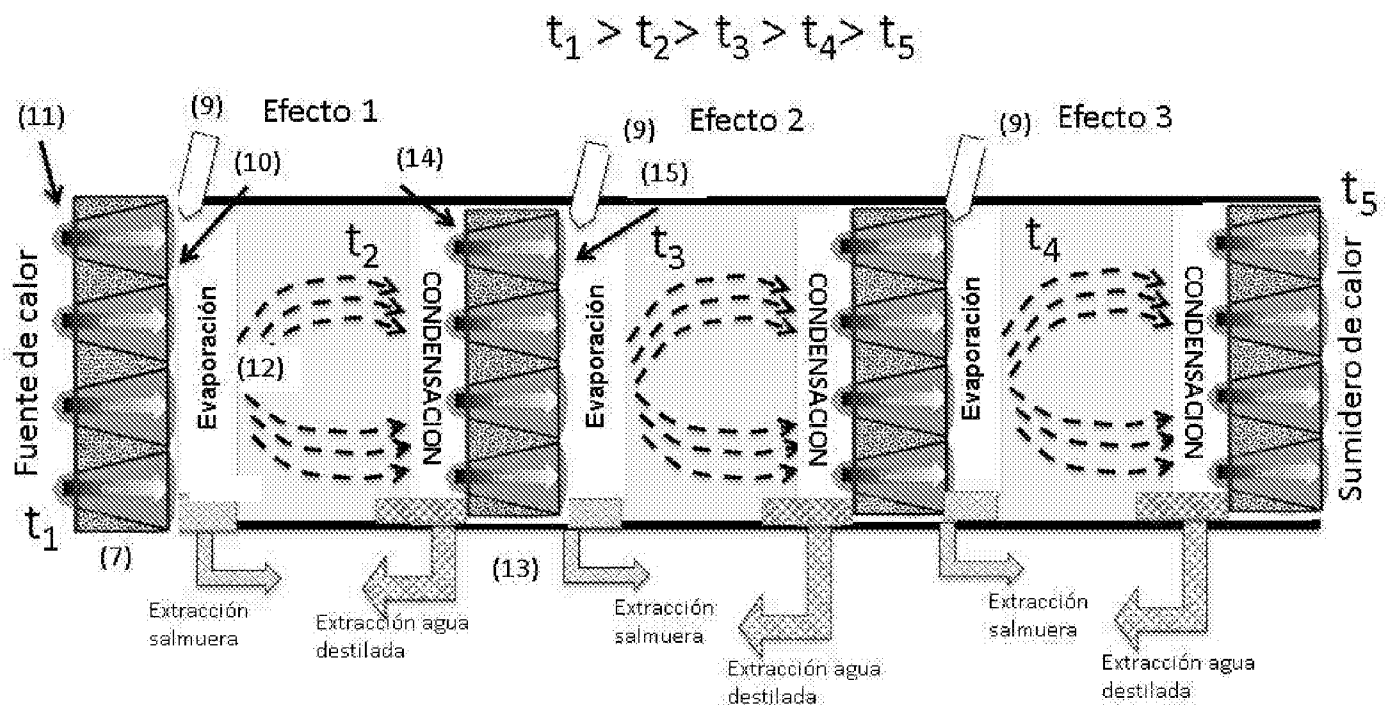


FIG.2

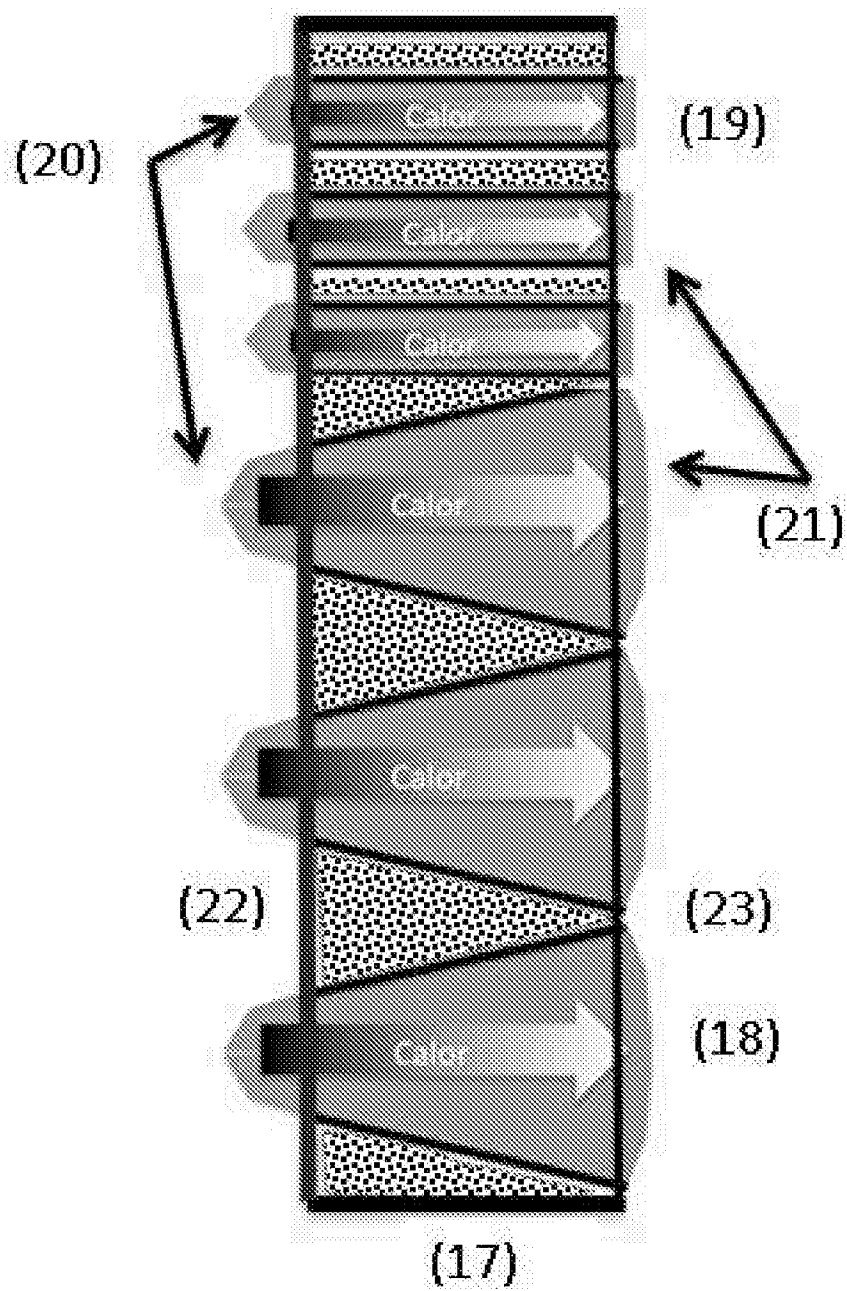


FIG. 3

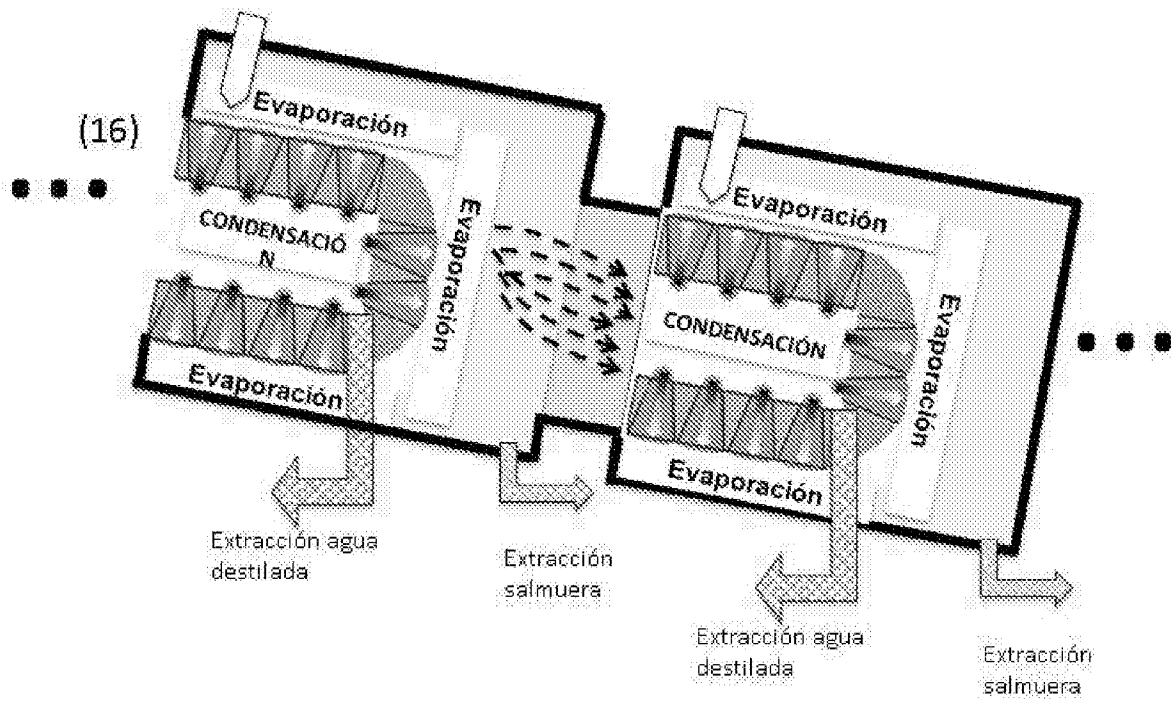


FIG. 4

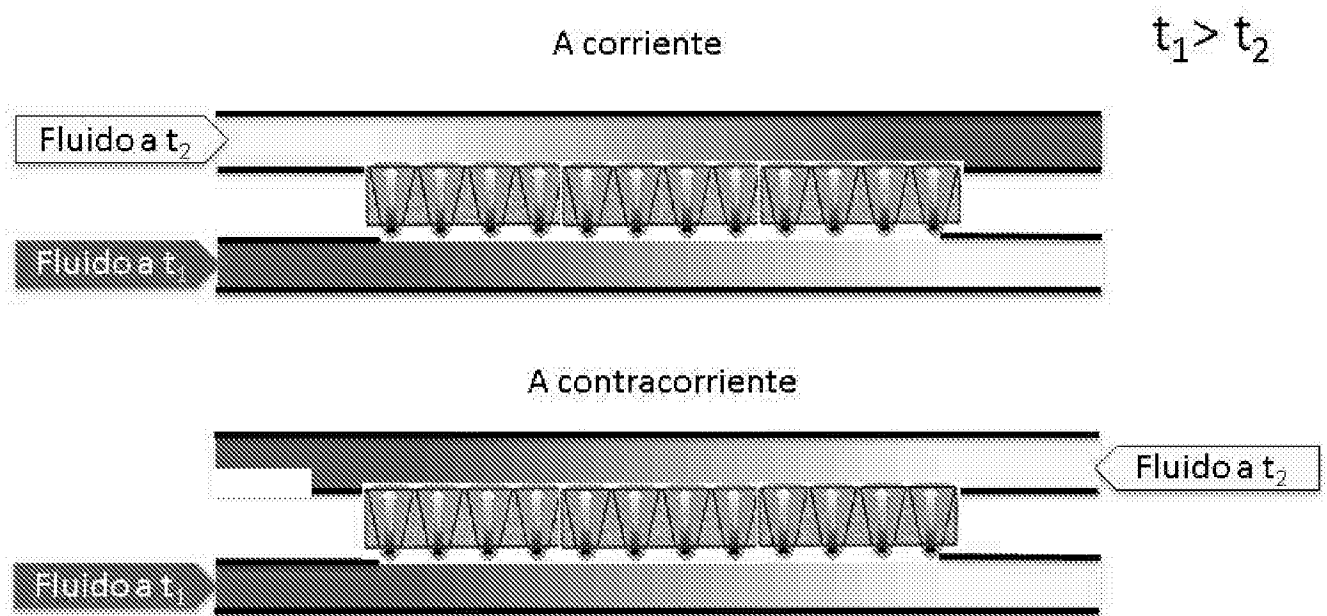


FIG. 5

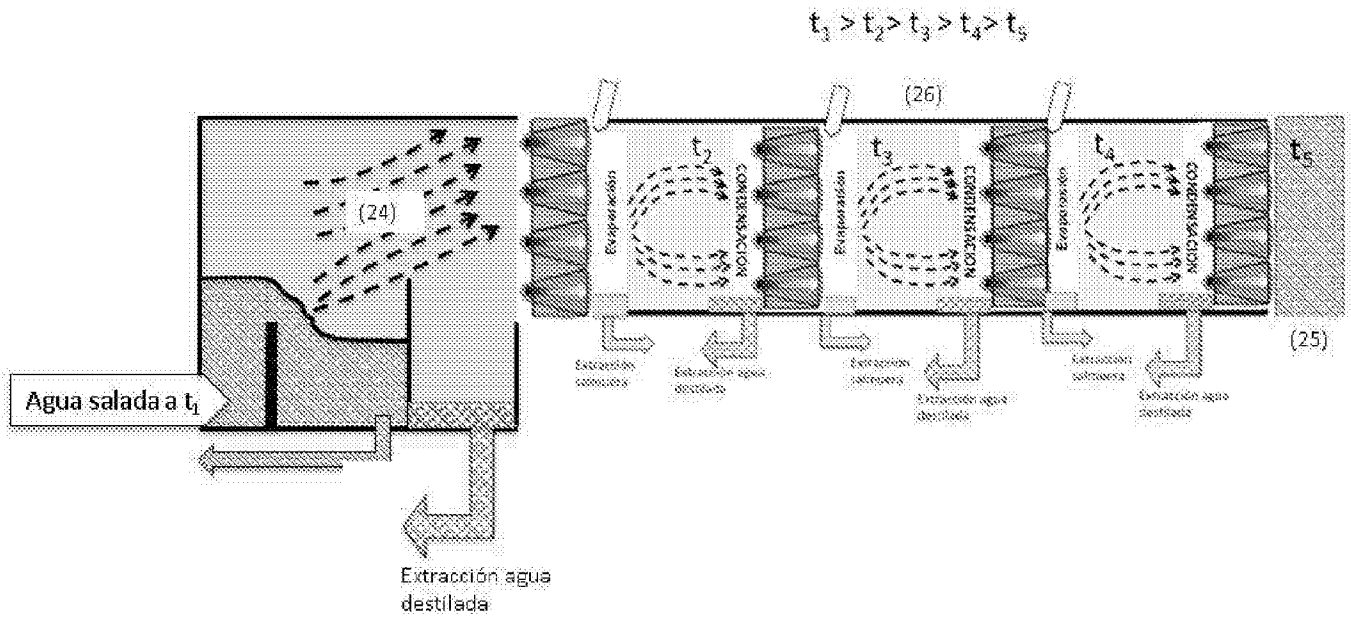


FIG. 6

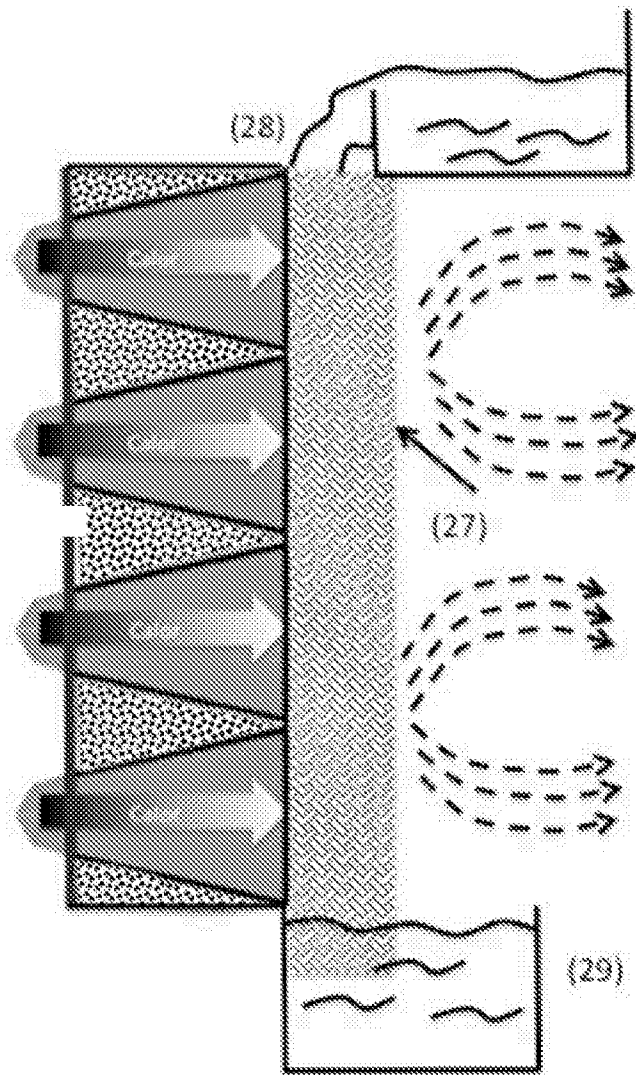


FIG. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/ES2015/070033

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**B01D3/06** (2006.01)

**B01D1/26** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JOUHARA, H. et al. Potential of heat pipe technology in nuclear seawater desalination. Desalination. 25/12/2009. Volumen 249. Número 3. Pages: 1055 - 1061. ISSN 0011-9164. Doi: 10.1016/j.desal.2009.05.019 | 1-4,7,8               |
| A         | ES 2302224T T3 (O H D L OPTIMISED HYBRID DESAL) 01/07/2008, the whole document.                                                                                                                              | 1-9                   |
| A         | CN 201367361Y Y (INST OF SEAWATER DESALINATION) 23/12/2009, abstract from DataBase WPI. Retrieved from EPOQUE. Accession Number 2010-A18366                                                                  | 1-9                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                         |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.                                                               |                                                                                                                                                                                                                                             |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                             |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                |
| "O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.                                                                                           | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                               |

Date of the actual completion of the international search  
16/02/2015

Date of mailing of the international search report  
(20/02/2015)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer  
I. Abad Gurumeta

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)  
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495337

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2015/070033

Information on patent family members

| Patent document cited<br>in the search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-----------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| ES2473190 A1                                  | 03.07.2014          | NONE                       |                     |
| -----                                         | -----               | -----                      | -----               |
| CN201367361Y Y                                | 23.12.2009          | NONE                       |                     |
| -----                                         | -----               | -----                      | -----               |
| ES2302224T T3                                 | 01.07.2008          | CY1107404T T1              | 19.12.2012          |
|                                               |                     | KR20070050050 A            | 14.05.2007          |
|                                               |                     | JP2008510610 A             | 10.04.2008          |
|                                               |                     | WO2006021796 A1            | 02.03.2006          |
|                                               |                     | EP1781390 A1               | 09.05.2007          |
|                                               |                     | EP1781390 B1               | 05.03.2008          |
|                                               |                     | DK1781390T T3              | 30.06.2008          |
|                                               |                     | DE602005005204T            | 12.03.2009          |
|                                               |                     | T2                         | 16.01.2008          |
|                                               |                     | CN101107051 A              | 14.10.2009          |
|                                               |                     | CN100548424C C             | 15.03.2008          |
|                                               |                     | AT387944T T                | 01.03.2006          |
| -----                                         | -----               | GB2417435 A                | -----               |
|                                               |                     | -----                      |                     |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº  
PCT/ES2015/070033

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B01D3/06** (2006.01)

**B01D1/26** (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

**B01D**

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

**EPODOC, INVENES, WPI**

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes                                                                                                                                       | Relevante para las reivindicaciones nº |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| X          | JOUHARA, H. et al. Potential of heat pipe technology in nuclear seawater desalination. Desalination. 25/12/2009. Volumen 249. Número 3. Páginas: 1055 - 1061. ISSN 0011-9164. Doi: 10.1016/j.desal.2009.05.019 | 1-4,7,8                                |
| A          | ES 2302224T T3 (O H D L OPTIMISED HYBRID DESAL) 01/07/2008, todo el documento.                                                                                                                                 | 1-9                                    |
| A          | CN 201367361Y Y (INST OF SEAWATER DESALINATION) 23/12/2009, resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE. Número de acceso 2010-A18366                                                                | 1-9                                    |

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

|                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Categorías especiales de documentos citados:                                                                                                                                               | "T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.     |
| "A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.                                                                                      | "X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.                                                                                    |
| "E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.                                                                   | "Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia. |
| "L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada). | "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.                                                                                                                                                                                                                 |
| "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.  
**16/02/2015**

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.  
**20 de febrero de 2015 (20/02/2015)**

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional  
**OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS**  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)  
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado  
**I. Abad Gurumeta**  
Nº de teléfono 91 3495337

# **INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2015/070033

| Documento de patente citado<br>en el informe de búsqueda | Fecha de<br>Publicación | Miembro(s) de la<br>familia de patentes | Fecha de<br>Publicación |
|----------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| ES2473190 A1                                             | 03.07.2014              | NINGUNO                                 |                         |
| -----                                                    | -----                   | -----                                   | -----                   |
| CN201367361Y Y                                           | 23.12.2009              | NINGUNO                                 |                         |
| -----                                                    | -----                   | -----                                   | -----                   |
| ES2302224T T3                                            | 01.07.2008              | CY1107404T T1                           | 19.12.2012              |
|                                                          |                         | KR20070050050 A                         | 14.05.2007              |
|                                                          |                         | JP2008510610 A                          | 10.04.2008              |
|                                                          |                         | WO2006021796 A1                         | 02.03.2006              |
|                                                          |                         | EP1781390 A1                            | 09.05.2007              |
|                                                          |                         | EP1781390 B1                            | 05.03.2008              |
|                                                          |                         | DK1781390T T3                           | 30.06.2008              |
|                                                          |                         | DE602005005204T                         | 12.03.2009              |
|                                                          |                         | T2                                      | 16.01.2008              |
|                                                          |                         | CN101107051 A                           | 14.10.2009              |
|                                                          |                         | CN100548424C C                          | 15.03.2008              |
|                                                          |                         | AT387944T T                             | 01.03.2006              |
| -----                                                    | -----                   | GB2417435 A                             | -----                   |
|                                                          |                         | -----                                   |                         |