

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 231**

51 Int. Cl.:

**B01D 1/00** (2006.01)

**B01D 1/22** (2006.01)

**B01D 5/00** (2006.01)

**C02F 1/08** (2006.01)

**C02F 103/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2013 E 13382196 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2808068**

54 Título: **Procedimiento para desalinizar agua de mar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.09.2019**

73 Titular/es:  
**CENTRE INTERNACIONAL DE MÉTODES  
NUMÉRICS EN ENGINYERIA (100.0%)  
C7 Gran Capità, s/n Edifici C-1, Campus Nord UPC  
08034 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:  
**ARNAU DEL AMO, PEDRO ANTONIO;  
OÑATE IBÁÑEZ DE NAVARRA, EUGENIO;  
HANGANU, DAN ALEXANDRU y  
NAVARRO NAVARRO, NAERIA**

74 Agente/Representante:  
**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

ES 2 724 231 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para desalinizar agua de mar

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para desalinizar agua de mar por medio de un aparato que comprende al menos tres placas, al menos dos cámaras de evaporación, cada una de ellas delimita por dos placas consecutivas, y unos medios de entrada para alimentar las cámaras de evaporación con el agua que hay que desalinizar, siendo los medios de entrada adecuados para alimentar todas las cámaras de evaporación con agua de mar procedente de una fuente común.

10

Las instalaciones de una planta desalinizadora de agua de mar por destilación pueden constar de una parte de evaporación donde ésta tiene lugar a presión subatmosférica, con el fin de facilitar la evaporación a temperatura ambiente, y una parte de condensación donde el vapor de agua condensa como agua dulce. Dado que el agua bruta contiene gases incondensables (aire), la contaminación creciente del sistema con estos gases reduciría la tasa de evaporación y el transporte de vapor y, por tanto, disminuiría la eficiencia energética del sistema. Así pues, es aconsejable alimentar el sistema sólo con agua previamente desaireada.

15

Los sistemas de desalinización eficientes tienden a estar asociados a centrales energéticas que transforman la energía térmica del océano. La patente US 2009/0077969 presenta una mejora de una planta de conversión de energía maremotérmica (OTEC) en la cual "la descarga de agua caliente de la planta OTEC fluye a través de la tubería 30 hasta y a través de la cámara de agua de mar caliente 31 y parte de ella fluye a través del distribuidor de agua 32 y escurre como una película de agua 33 por la pared de la siguiente cámara a la izquierda, 39. La descarga de agua fría de la planta OTEC fluye por la tubería 36 hasta y a través de la cámara de agua fría 38 y cae como una película de agua 37 por la pared derecha de algunas cámaras evacuadas 39. El calor del agua de mar caliente evapora agua de la película 33 que cae por la pared próxima a la cámara de agua de mar caliente. El vapor de agua pasa alrededor del baffle 35 y condensa sobre la pared izquierda de la cámara en cuestión 39 y transmite calor a la película de agua 37 a través de la pared. Este proceso continúa a través de cada etapa hasta que el calor fluye a la cámara de agua fría 38. De derecha a izquierda, cada cámara es más fría que la que se encuentra a su derecha" (párrafo 50, figura. 4).

25

En el sistema US 2009/0077969 el agente calefactor (fuente caliente) es la misma agua de mar que es alimentada a la primera cámara de evaporación, el agente de enfriamiento (sumidero de calor) es la misma agua de mar que es alimentada a las subsiguientes cámaras de evaporación, el agua de mar no es pre-desaireada y "emplazando un baffle en medio de la cámara, el aire atrapado en el agua es llevado con el vapor de agua hacia abajo por el lado izquierdo del baffle 35 hasta el fondo de la cámara. El flujo descendiente de la película de agua 34 también ayuda a llevar el aire hacia abajo. Cuando el aire alcanza el fondo, fluye hacia fuera junto con la corriente de agua 34. El aire es drenado (junto con algún vapor de agua) a través de la tubería 40 mediante una bomba de vacío" (párrafo 51). Este modo de desairear el agua a ser, o siendo, desalinizada puede hacer que el sistema sea ineficiente y propenso tener un mal funcionamiento, dado que permite que el aire entre en las cámaras y los gases incondensables ralentizan la evaporación y la difusión de vapor. Además, hay una pérdida de vapor asociada porque el aire extraído por la bomba de vacío está acompañado por algo de vapor de agua, lo cual implica una reducción de la eficiencia de producción de agua potable.

35

40

WO2004110936A2 describe una unidad de destilación que comprende una sucesión de placas huecas rellenas con un fluido transmisor del calor, de manera que cada placa funciona bien como superficie de evaporación o bien como superficie de condensación, y las placas sucesivas se alternan entre placas de condensación y placas de evaporación.

45

US3275530A describe un aparato para extraer agua destilada de agua salina mediante un vacío parcial, que comprende una pluralidad de cámaras de destilación y una bomba de vacío conectada a dichas cámaras para mantener una presión de vacío en ellas.

50

FR2583738A1 describe un destilador atmosférico que comprende una superficie caliente de evaporación en contacto con una solución salina, y una superficie fría de condensación sobre la que condensa el vapor de agua.

Sería interesante tener un sistema de desalinización que no esté necesariamente asociado a una central energética, que sea versátil respecto a su tamaño y a sus aplicaciones y que garantice un intercambio de calor de baja densidad sostenido entre los agentes caliente y frío.

55

La presente divulgación muestra maneras de obtener un sistema así, que, además, supere ciertos inconvenientes del estado de la técnica.

60

La presente invención es un procedimiento para desalinizar agua de mar según la reivindicación 1.

Un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento puede disponerse en cualquier sistema costero que requiera un flujo de calor de baja intensidad térmica entre un agente caliente y un agente frío. De este modo, el dispositivo garantiza dicho flujo de calor mediante generación de vapor y su ulterior transporte y condensación, gracias a la cual el agua condensada (desalinizada) es recogida como un valioso subproducto.

5

Cada cámara de evaporación opera a una temperatura prácticamente uniforme y la presión en la cámara es prácticamente igual a la presión de vapor del agua a dicha temperatura (la presión es ligeramente menor que la presión de vapor y la temperatura está por debajo del punto de ebullición, por lo que el proceso que se da en la cámara es evaporación, no ebullición). Una de las placas es apta para operar como superficie de evaporación y la otra placa es apta para actuar como superficie de condensación en dicha cámara de evaporación, dado que una está ligeramente más caliente que la otra. Cada cámara de evaporación está dotada de un espacio considerablemente despejado entre dichas placas que permite a las moléculas de vapor seguir el camino más corto desde la superficie de evaporación a la de condensación. Una molécula de vapor individual puede, por supuesto, seguir muchos caminos diferentes, pero puede viajar prácticamente sin impedimentos y en promedio lo hará de este modo y casi instantáneamente desde la superficie de evaporación a la de condensación.

La manera en la que preferiblemente se prevé que el dispositivo opere es que tenga las cámaras de evaporación a presión subatmosférica, prácticamente igual a la presión de vapor y que se forme un recubrimiento húmedo de agua de mar desaireada sobre la superficie de evaporación de cada cámara, de modo que la mayor parte de esta agua se evapore rápidamente (el recubrimiento húmedo se seca como una tela húmeda sobre un radiador caliente) y el vapor viaje a la superficie de condensación correspondiente, donde condensa y fluye hacia abajo para ser recogida como agua dulce.

En algunas realizaciones, la superficie de evaporación de al menos una, pero preferiblemente de cada una, cámara de evaporación puede estar provista de un revestimiento hidrófilo, el cual facilita la formación del recubrimiento húmedo y aumenta el tiempo de residencia de las moléculas a evaporar, incrementando pues la proporción de agua de mar evaporada. El trayecto de las moléculas de vapor a través de la cámara de evaporación (desde la superficie de evaporación a la de condensación) es facilitado por la ausencia de barreras dentro de la cámara.

En algunas realizaciones, la superficie de condensación de al menos una, pero preferiblemente de cada una, cámara de evaporación puede estar provista de un revestimiento hidrófobo, el cual facilita la condensación reduciendo el tiempo de residencia sobre la superficie de condensación de las gotas que ya han sido condensadas (y, por tanto, no permitiéndoles crecer sobre la misma), con el fin de que dichas gotas no impidan la condensación de otras nuevas.

Dado que el fenómeno real es evaporación en vez de ebullición y que el sistema trabaja en ausencia de gases incondensables (el agua de mar es previamente desaireada), las superficies de evaporación y condensación de cualquier cámara no necesitan estar separadas por una gran división intermedia, por lo que dichas superficies pueden estar muy cerca la una de la otra, lo cual permite al dispositivo ser muy compacto al reducir la anchura (y el volumen) de cada cámara, lo que además hace más fácil y barato poner las cámaras a presión subatmosférica. Además, el camino crítico que sigue el vapor es lo más corto posible. Ello implica que no hay cambios en el régimen de flujo del gas (ni se acelera ni se expande), por lo que no se necesita casi gradiente térmico a través de la cámara para que la transferencia de calor tenga lugar. La distancia entre las superficies de evaporación y condensación ha de ser simplemente mayor que el tamaño de las gotas que condensan, el cual es dado por las características del revestimiento hidrófobo de la superficie de condensación.

45

El número de placas puede ser mayor que cinco, quizás mayor que diez o incluso mayor que cuarenta o cincuenta, dependiendo de la diferencia de temperatura entre los agentes caliente y frío, con el fin de incrementar la producción de agua dulce. El gradiente de temperatura ha de ser suficientemente grande para que tenga lugar la conducción de calor a través de un bloque con un espesor equivalente a la suma del de todas las placas.

50

El gradiente térmico total disponible para todo el dispositivo es gastado mayoritariamente en superar la resistencia térmica de las paredes entre cámaras y una parte despreciable de él dentro de las propias cámaras. La temperatura de trabajo real dentro de cada cámara es determinada por la influencia de varios factores, a saber: las potencias disponibles de la fuente caliente y el sumidero de calor, las superficies de intercambio térmico disponibles, el espesor real de las placas metálicas y la conductividad térmica del material del que están hechas. Éstos son los parámetros que hacen que el sistema se autorregule.

En algunas realizaciones, cada cámara de evaporación contiene medios de conducción de calor, a modo de medida de seguridad pasiva, que conectan las dos placas que limitan la cámara. Esto es ventajoso en sistemas en los que se necesita garantizar un intercambio de calor de baja densidad térmica entre los agentes calefactor y refrigerador (p. ej. en vaporizadores de GNL o sistemas de refrigeración). Los medios conductores térmicos pueden componerse, por ejemplo, de unas varillas conductoras distribuidas entre dos placas consecutivas.

60

Cabe señalar que hay tres modos de transferencia de calor: radiación, conducción y convección; los medios anteriores de conducción de calor operan, pues, por conducción y por tanto garantizan un intercambio térmico entre placas consecutivas incluso cuando no se genera vapor en la correspondiente cámara de evaporación, manteniendo así el dispositivo en funcionamiento y haciéndolo a prueba de fallos. En caso de que sí se genere vapor, éste actuará como el agente preferente de transmisión de calor, ya que transmite calor de una forma mucho más rápida y eficiente de la que se puede transmitir por conducción, debido a su menor impedancia térmica. Las varillas conductoras de calor pueden estar hechas de metal, pero la transmisión de calor por transporte de vapor es una forma mucho mejor de intercambiar calor que por conducción en cualquier metal (sobre 5 MW/m<sup>2</sup> frente a 0.2 MW/m<sup>2</sup> en una disposición estándar).

5

El dispositivo está diseñado de modo que, en condiciones de normales de operación, es decir, con generación de vapor en todas las cámaras de evaporación, los extremos de las varillas entre dos placas consecutivas se cortocircuitan térmicamente por la ausencia de suficiente gradiente de temperatura entre dichas placas para vencer la resistencia térmica de las varillas. Ello es debido a la homogeneización de la temperatura dentro de cada cámara, la cual impide un flujo continuo de calor a lo largo de las varillas.

10

Los medios de conducción de calor garantizan, por tanto, un intercambio térmico entre los agentes caliente y frío en todos los casos, incluso en caso de que no haya suministro de agua de mar y por consiguiente no haya vapor que pueda actuar como agente intercambiador de calor. En este sentido, dichos medios ayudan al aparato a llevar a cabo dos funciones: un intercambio de calor seguro y continuo entre los agentes caliente y frío, así como una producción de agua dulce en las cámaras de evaporación en funcionamiento.

15

La presente divulgación también contempla que un aparato adecuado para desalinizar agua de mar comprenda un tal dispositivo desalinizador y también un medio para calentar la placa de uno de los extremos y un medio para enfriar la placa del otro extremo, incluyendo el agente calefactor y el agente de enfriamiento, respectivamente. Dichos medios de calentamiento y enfriamiento pueden ser cualesquiera fuente caliente y sumidero de calor apropiados; éstos pueden ser un flujo de agua de mar caliente y fría, respectivamente, pero existen otras posibilidades. En cualquier caso, el agente de calefacción y el de refrigeración son independientes el uno del otro y también lo son del agua desaireada que es alimentada a las cámaras de evaporación del dispositivo.

20

25

El dispositivo puede ser adaptado a un amplio rango de aparatos que comprendan cualesquiera agentes calefactor y de enfriamiento, siempre que hay agua de mar o salina al alcance.

30

El aparato, además, puede comprender una fuente de agua de mar desaireada que esté conectada a los medios de entrada. En algunas realizaciones, puede incluir un medio de desgasificación para desairear previamente el agua que hay que desalinizar en el dispositivo desalinizador.

35

La presente divulgación también contempla el uso de dicho aparato para desalinizar agua de mar, dicho método desalinizador comprendiendo a su vez el paso previo de desairear el agua de mar que hay que desalinizar en el dispositivo desalinizador.

40

Todas las cámaras de evaporación pueden ser alimentadas con dicha agua de mar desaireada, con las ventajas mencionadas más arriba. Casi toda el agua de mar desaireada puede ser entonces evaporada y no se pierde vapor extrayendo el aire fuera de las cámaras porque prácticamente no se introduce aire en ellas.

45

El agua de mar suministrada a una cámara de evaporación para ser desalinizada en ella podría, sin embargo, contener una pequeña cantidad de aire disuelto (por ejemplo, en caso de desaireación defectuosa), pero incluso en este caso no se acumularían gases incondensables dentro de la cámara, porque el agua condensada los disolvería por estar ligeramente más fría que el agua de mar suministrada (cuanto más fría está el agua mayor es la solubilidad de gases en ella). En consecuencia, el contenido de aire en las cámaras será en cualquier caso muy bajo y estable.

50

El agua de mar a desairear, que es la misma para todas las cámaras, puede ser extraída de capas superficiales del mar, de modo que se pueda bombear a buen precio.

En algunas realizaciones, como máximo uno de los medios de calentamiento o enfriamiento del aparato puede implicar un flujo de agua de mar, preferiblemente el medio calefactor. Dicho flujo de agua de mar puede ser externo al dispositivo desalinizador y dicha agua de mar puede, por tanto, ser diferente del agua de mar que hay que desalinizar, por lo que no es necesario desairearla.

55

El medio de enfriamiento puede usar un agente refrigerador diferente que, dependiendo de la configuración, pueda estar convenientemente disponible.

60

Una vez que el vapor ha sido creado en todas las cámaras evacuadas (las cuales están a presión subatmosférica), el dispositivo puede ser conectado térmicamente tanto al agente de calentamiento como al de enfriamiento, y entonces el sistema se autoajusta con el fin de establecer un flujo de calor adecuado entre dichos agentes. Cada cámara adquiere espontáneamente una cierta temperatura y (casi) su vapor de presión correspondiente, la cual disminuye en la dirección del agente calefactor hacia el enfriador.

En algunas realizaciones, una de las superficies de cualquier placa (p. ej. la superficie de condensación de la cámara anterior) está a una temperatura superior que la otra superficie de la misma placa (p. ej. la superficie de evaporación de la siguiente cámara), siendo la suma de todas estas diferencias de temperatura a través de las placas aproximadamente la diferencia de temperatura entre el agente de calentamiento y enfriamiento.

En algunas realizaciones, el calor puede ser conducido desde al menos una placa hasta la siguiente a través de los medios conductores cuando, por cualquier razón, la generación de vapor se detiene en la cámara correspondiente.

Un flujo continuo de agua de mar desaireada es mantenido preferiblemente en forma de película casi inmóvil sobre la superficie de evaporación de cada cámara (es como un revestimiento húmedo sobre la placa caliente de la cámara por el cual se filtra la humedad), con el fin de proporcionar una buena transferencia de calor entre la superficie de evaporación y el agua. En algunas realizaciones, no toda el agua de mar del revestimiento se evapora, con el fin evitar deposiciones sólidas y, por tanto, se puede extraer un pequeño flujo positivo de agua de mar (en realidad salmuera) por una salida de al menos una cámara de evaporación del dispositivo desalinizador.

Una realización particular de la presente invención será descrita a continuación, sólo a título de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un aparato desalinizador,
- la figura 2 es una vista en planta del dispositivo de la fig. 1,
- la figura 3 es un alzado del dispositivo de la fig. 1,
- la figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de algunos de los conductores de calor dispuestos entre dos placas con un detalle agrandado, y
- la figura 5 es un alzado de los conductores térmicos de la fig. 4.

Todas estas vistas presentan las paredes transparentes para poder ver dentro del aparato, sin que ello implique que hayan de ser así en la práctica, y las líneas internas son mostradas discontinuas.

La siguiente descripción está hecha con referencia a las figuras de la 1 a 3.

Un aparato para desalinizar agua de mar comprende una pluralidad de placas verticales paralelas. Las placas son conductoras térmicas y preferiblemente metálicas. Cada dos placas consecutivas forman una cámara cerrada a excepción de una entrada, una salida y un desagüe. La entrada está emplazada en la parte superior de la cámara y la salida y el desagüe en la parte inferior de la cámara; la salida está diseñada para evacuar la salmuera y el desagüe el agua dulce. Una pequeña separación separa la salida del desagüe en la parte inferior de la cámara para que no se mezclen la salmuera y el agua dulce. Todas las entradas están conectadas a una fuente común de agua de mar desaireada, por ejemplo al depósito localizado sobre las cámaras de evaporación. Las salidas están conectadas a un medio de procesado de la salmuera, por ejemplo a un depósito localizado bajo las cámaras de evaporación, y los desagües están conectados al medio de distribución del agua dulce, por ejemplo a un depósito localizado debajo de las cámaras de evaporación.

El depósito está provisto de una entrada conectada a una fuente común de agua desaireada. El depósito de salmuera está provisto con un desagüe y el depósito de agua dulce está provisto con un desagüe.

El conjunto de cámaras de evaporación forman un dispositivo desalinizador que forma parte del aparato. El dispositivo contiene dos placas finales. La placa final está en contacto térmico con la fuente caliente (agente calefactor), por ejemplo un flujo de agua de mar bruta relativamente caliente ("agua de mar bruta" hace referencia a agua de mar no desaireada), y la placa final está en contacto térmico con el sumidero de calor (agente de enfriamiento), por ejemplo un flujo de agua de mar bruta relativamente fría. Las placas finales son más gruesas que las internas porque tienen que soportar mayores diferencias de presión, ya que las cámaras de evaporación operan a presión subatmosférica.

En caso de que el agente calefactor sea un flujo de un fluido, el aparato contiene una cisterna provista con una entrada conectada a la fuente de dicho fluido y una salida conectada, por ejemplo, al depósito de salmuera, lo cual es especialmente interesante cuando el fluido es agua de mar porque esta última diluye la salmuera. En caso de que el agente de refrigeración sea un flujo de un fluido, el aparato contiene una cisterna provista de una entrada conectada a la fuente de dicho fluido y un desagüe conectado donde proceda.

Existe, pues, un cierto vacío en cada cámara de evaporación y, dado que el agua de entrada ha sido previamente desaireada, el agente intercambiador de calor en cada cámara es vapor de agua. En funcionamiento, las placas y las cámaras de evaporación están tanto más calientes cuanto más cerca están del agente caliente y más frías cuanto más cerca están del agente frío. En los dibujos, la placa izquierda de cada cámara de evaporación es la caliente y la derecha la fría.

En cada cámara de evaporación la placa caliente está provista por un revestimiento hidrófilo y la placa fría está provista de un revestimiento hidrófobo. Así pues, cada placa interna 20 está provista de un revestimiento hidrófobo en su lado izquierdo (superficie de condensación) y un revestimiento hidrófilo en su lado derecho (superficie de evaporación). La placa final 21 está provista de un revestimiento hidrófilo en su lado interno y la placa final 22 está provista de un revestimiento hidrófobo en su lado interno.

En cada cámara de evaporación la entrada 24 y la salida 25 están situadas cerca de la superficie de evaporación y el desagüe 26 está emplazado cerca de la superficie de condensación. La entrada 24 (o, en general, el medio de entrada 24) está adaptada para formar un recubrimiento húmedo de agua de mar sobre la superficie de evaporación y el revestimiento hidrófilo facilita además la formación de dicho recubrimiento. La cámara se encuentra a una presión subatmosférica tal que una cantidad importante de dicha agua de mar pueda evaporarse a temperatura ambiente. El agua evaporada toma el calor de la placa caliente y viaja en el ambiente subatmosférico y desaireado de la cámara hasta la placa fría; el agua de mar no evaporada se descarga a través de la salida 25 como salmuera.

El recubrimiento húmedo cubre uniformemente la superficie de evaporación y es tan delgado que no constituye una capa límite, tal como hace una película que fluye, la cual tiene una mayor impedancia térmica. Al mismo tiempo, dado que la mayor parte del agua del recubrimiento húmedo es evaporada, la mayor parte del agua de mar desaireada es aprovechada.

Sin embargo, es conveniente alimentar con un poco más de agua de la que se evapora a fin de evitar las deposiciones de sal, de tal manera que la concentración de sal aumente desde aproximadamente 3,5% hasta un máximo de 35% (correspondiente a la salmuera evacuada a través de la salida 25). El punto de saturación de sal en agua a temperatura ambiente es alrededor del 40%, por encima del límite previsto del 35%, por lo que se evitan precipitaciones.

Nótese que todas cámaras de evaporación operan de manera simultánea, puesto que todas están alimentadas a la vez desde una fuente común o, en general, con agua de mar desaireada a temperatura uniforme, y que la placa caliente de una cámara es la placa fría de la cámara anterior, de manera que el enfriamiento de una placa caliente (superficie de evaporación) por la evaporación contribuye a la función de condensación de la misma placa en su papel de placa fría (superficie de condensación) de la cámara de evaporación anterior.

En cada cámara de evaporación, el vapor de agua viaja desde la superficie de evaporación hasta la superficie de condensación, donde condensa. El recubrimiento hidrófobo de la superficie de condensación repele el agua condensada, la cual se recoge a través del desagüe 26 como agua dulce. El calentamiento de la placa fría por condensación contribuye a la función evaporadora de la misma placa en su papel de placa caliente de la siguiente cámara de evaporación.

Este proceso de desalinización sólo requiere dos condiciones para funcionar de forma espontánea: una diferencia de temperatura entre el agente calefactor y el agente de enfriamiento y la presencia ininterrumpida del agente de intercambio de calor en al menos una cámara de evaporación, p. ej. la presencia ininterrumpida de una capa de agua de mar desaireada sobre al menos una superficie de evaporación (se explica abajo, con referencia a las figuras 4 y 5, lo que pasa cuando la generación de vapor se detiene dentro de una cámara). En estas condiciones, el proceso se autorregula.

En función de las condiciones del aparato al cual el dispositivo 10 está conectado, dicho dispositivo debe transmitir una potencia térmica determinada que, a su vez, determina el caudal de agua de mar a alimentar a cada cámara de evaporación. Cuanto más cerca del agente frío esté la cámara, mayor debe ser dicho caudal, puesto que el agua de mar que se está evaporando debe eliminar toda la energía térmica transmitida desde las cámaras anteriores, dado que cada cámara debería poder transmitir a la siguiente (a través de la pared que comparten) la energía térmica del agua evaporada en dicha cámara más la del agua evaporada en las cámaras anteriores. De otra forma, si el caudal de agua introducido dentro de la cámara es insuficiente, la superficie de evaporación podría secarse.

El número, área y espesor de las placas 20 puede ser adaptado al uso previsto del dispositivo 10, esto es, a la diferencia de temperatura entre los agentes de calentamiento y enfriamiento, así como a la potencia térmica que se ha de transmitir.

La transferencia de calor dentro de cada cámara tiene tres mecanismos:

## ES 2 724 231 T3

- Evaporación: el agua absorbe calor de la placa caliente (superficie de evaporación)
- Convección: el vapor transporta dicha energía térmica hasta la superficie de condensación
- Condensación: la placa fría (superficie de condensación) absorbe calor del agua que condensa sobre ella.

Este proceso continuado se autorregula, tanto térmica (diferencia de temperatura entre dos cámaras consecutivas) como mecánicamente (diferencia de presión entre dos cámaras consecutivas). Tanto la temperatura como la presión en las cámaras decrecen en dirección desde el agente caliente hacia el frío.

Cuanto más delgadas son las placas 20, menor es su resistencia térmica, menor es el gradiente de temperatura a través del espesor de cada placa y menor es la diferencia de presión que cada una tiene que soportar, por lo que un mayor número de placas pueden ser instaladas para un gradiente de temperatura total dado.

Los cambios de fase son reversibles y no conllevan pérdida energética alguna. Con un buen aislamiento del dispositivo las pérdidas de calor son despreciables. El gradiente de temperatura en el interior de cada cámara es extremadamente bajo, prácticamente no existente.

Es importante usar sólo agua de mar desaireada, dado que las moléculas del aire (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc.) son mucho más pesadas que las moléculas de vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y entorpecerían el transporte de estas últimas en la cámara de evaporación.

La siguiente descripción está desarrollada en referencia a las figuras 4 y 5.

Una pluralidad de varillas 23 conectan térmicamente dos placas consecutivas cualquiera 28 y 29. Las varillas 23 son conductoras térmicas e intervienen en caso de que la generación de vapor sea interrumpida en la cámara de evaporación delimitada por las placas 28 y 29; en caso de que esto ocurriera, el intercambio de calor entre las placas 28 y 29 continuaría por conducción térmica a través de las varillas 23 (que no se muestran en las figuras 1-3).

Las varillas 23 constituyen, pues, un elemento de seguridad para mantener:

- El intercambio de calor entre los agentes caliente y frío cuando, por cualquier razón (tal como la interrupción del suministro de agua de mar desaireada), se deja de generar vapor en todas las cámaras de evaporación.
- El proceso de desalinización cuando la generación de vapor en algunas, pero no todas, cámaras de evaporación se detiene.

Las varillas 23 son preferiblemente metálicas.

Las placas podrían estar inclinadas, ser no paralelas o no metálicas.

40

45

50

55

60

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para desalinizar agua de mar por medio de un aparato que comprende al menos tres placas (20), al menos dos cámaras de evaporación, cada una de ellas delimitada por dos placas consecutivas (28, 29), y unos medios  
5 de entrada para alimentar las cámaras de evaporación con agua de mar que hay que desalinizar, siendo los medios de entrada adecuados para alimentar todas las cámaras de evaporación con agua de mar de una fuente común (30), siendo una de las placas de cada cámara de evaporación adecuada para operar como superficie de evaporación en dicha cámara, y siendo la otra placa adecuada para operar como superficie de condensación en dicha cámara, de modo que las moléculas de vapor de agua puedan seguir el camino más corto desde dicha superficie de evaporación  
10 hasta dicha superficie de condensación, caracterizado por comprender las etapas de:
- crear un vacío adecuado en las cámaras de evaporación antes de la operación de desalinización;
  - desairear previamente el agua de mar que hay que suministrar a las cámaras de evaporación;
  - introducir el agua de mar previamente desaireada en las cámaras de evaporación a una presión y temperatura adecuadamente controladas que son las mismas para todas las cámaras de evaporación;
  - 15 — dejar que el vacío en las cámaras de evaporación se auto-mantenga durante la operación de desalinización.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el hay una transferencia de calor dentro de cada cámara de evaporación que incluye evaporación, por la cual el agua absorbe calor de la superficie de evaporación y se evapora, convección,  
20 por la cual el vapor de agua transporta energía térmica a la superficie de condensación, y condensación, por la cual la superficie de condensación absorbe calor del agua que se condensa.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que cada cámara de evaporación comprende una pluralidad de varillas conductoras de calor (23) para conectar térmicamente las dos placas consecutivas (28, 29), que intervienen  
25 en caso de que la generación de vapor se vea interrumpida en la cámara de evaporación, en cuyo caso se mantendrá un intercambio de calor entre las dos placas (28, 29) por conducción térmica a lo largo de las varillas (23).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dos de las placas del aparato son placas finales (21, 22), y además el procedimiento comprende la etapa de calentar una de las placas finales y la etapa de enfriar la otra placa  
30 final.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la etapa de calentamiento involucra un flujo de agua de mar.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que dicho flujo de agua de mar es externo al dispositivo desalinizador  
35 y el agua de mar de dicho flujo no está desaireada.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de calentamiento involucra un agente de calentamiento y la etapa de enfriamiento involucra un agente de enfriamiento, siendo ambos agentes independientes entre sí y del agua desaireada que se suministra a las cámaras de evaporación.  
40

45

50

55

60

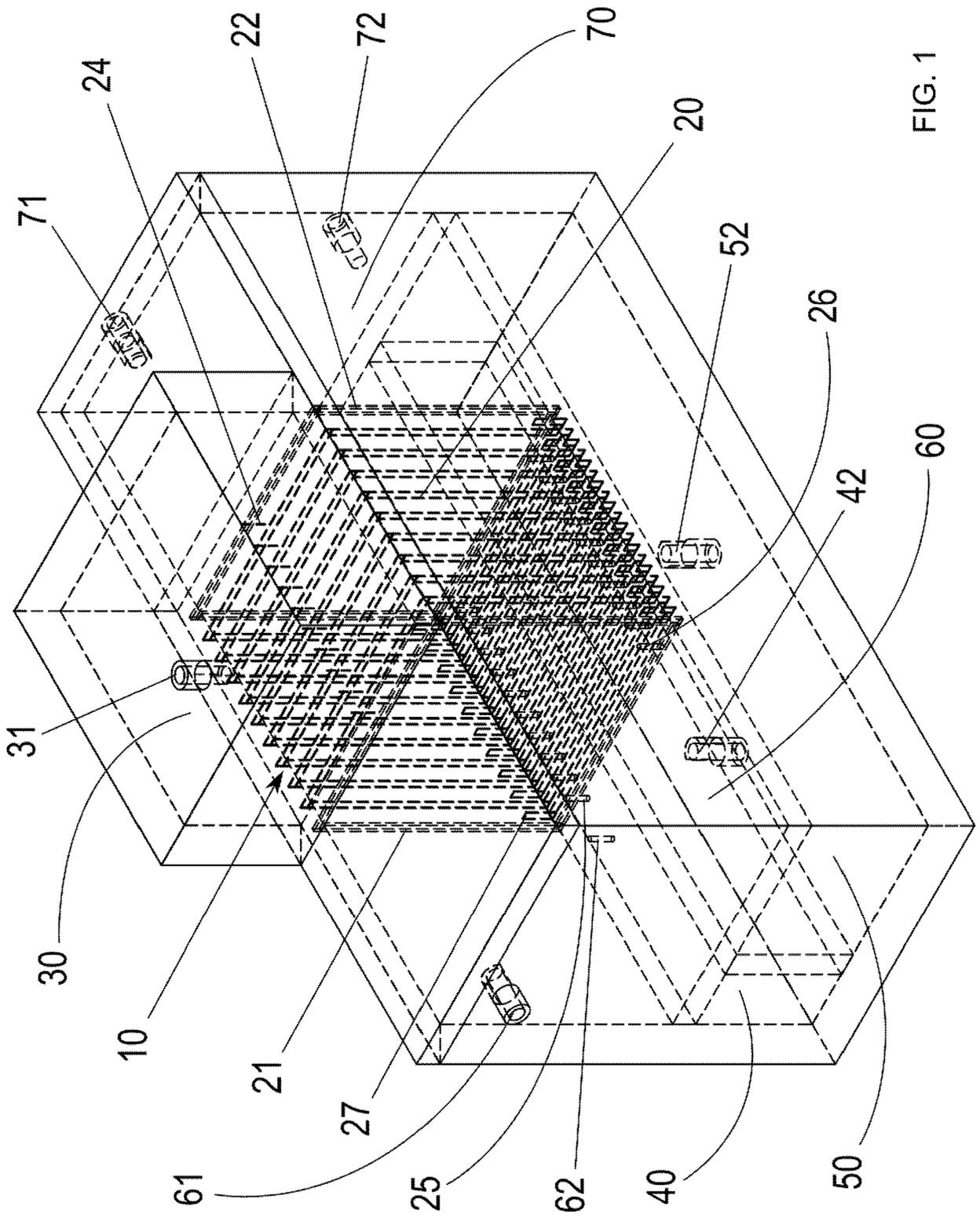


FIG. 1

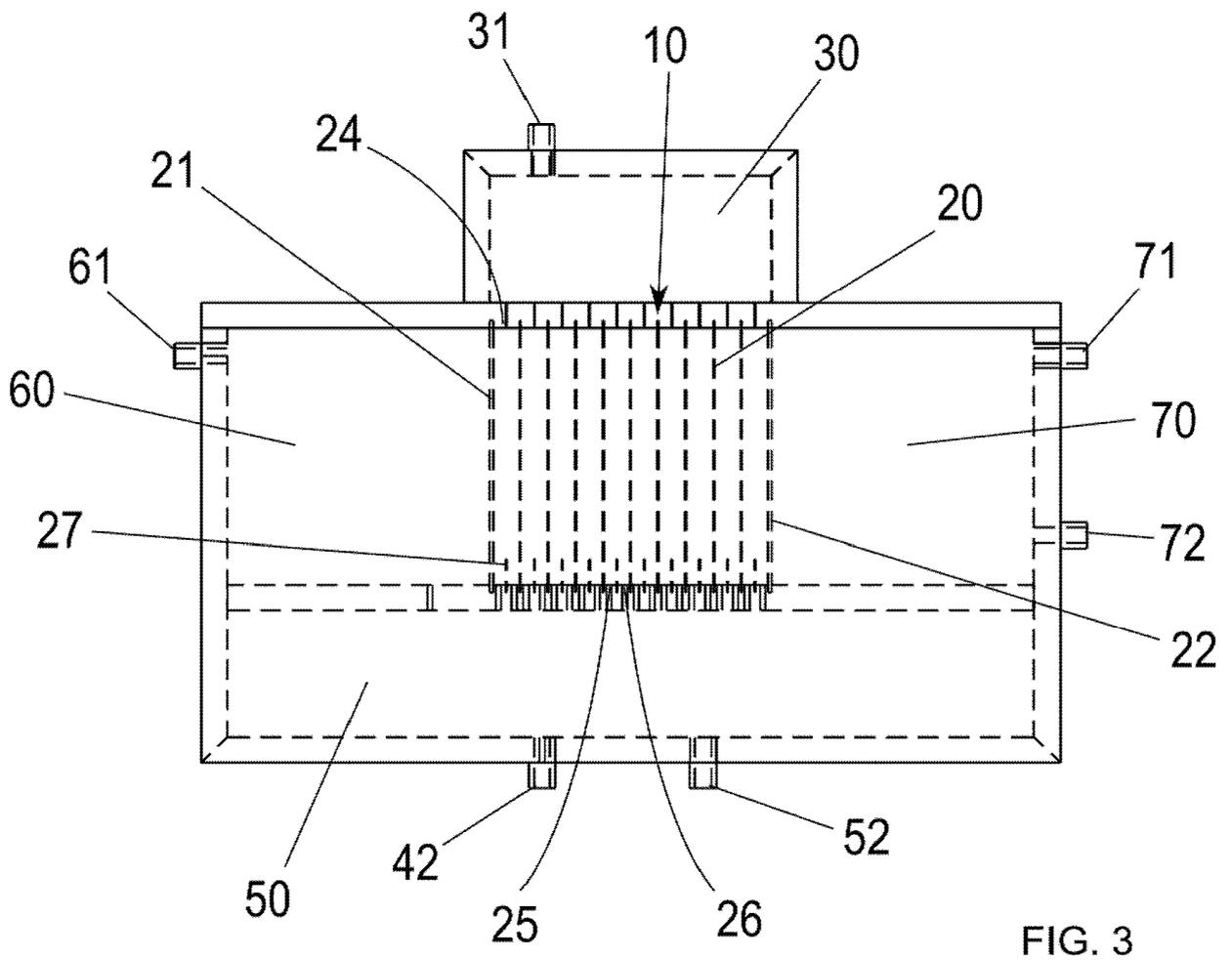
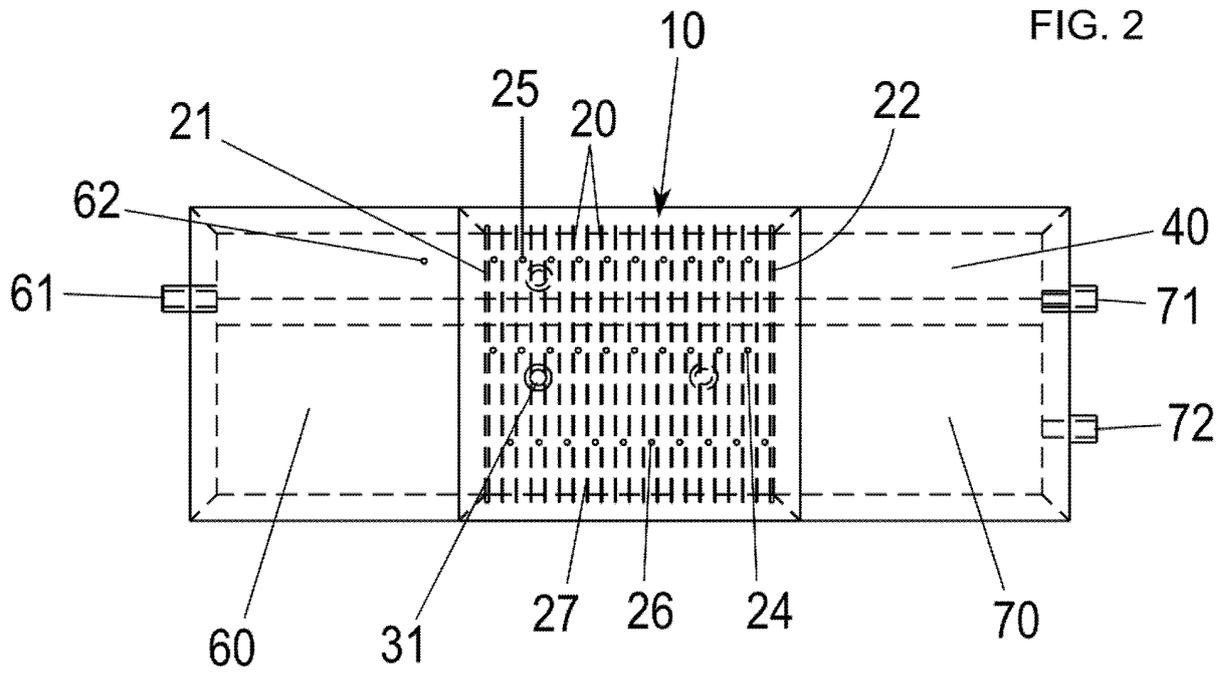


FIG. 4

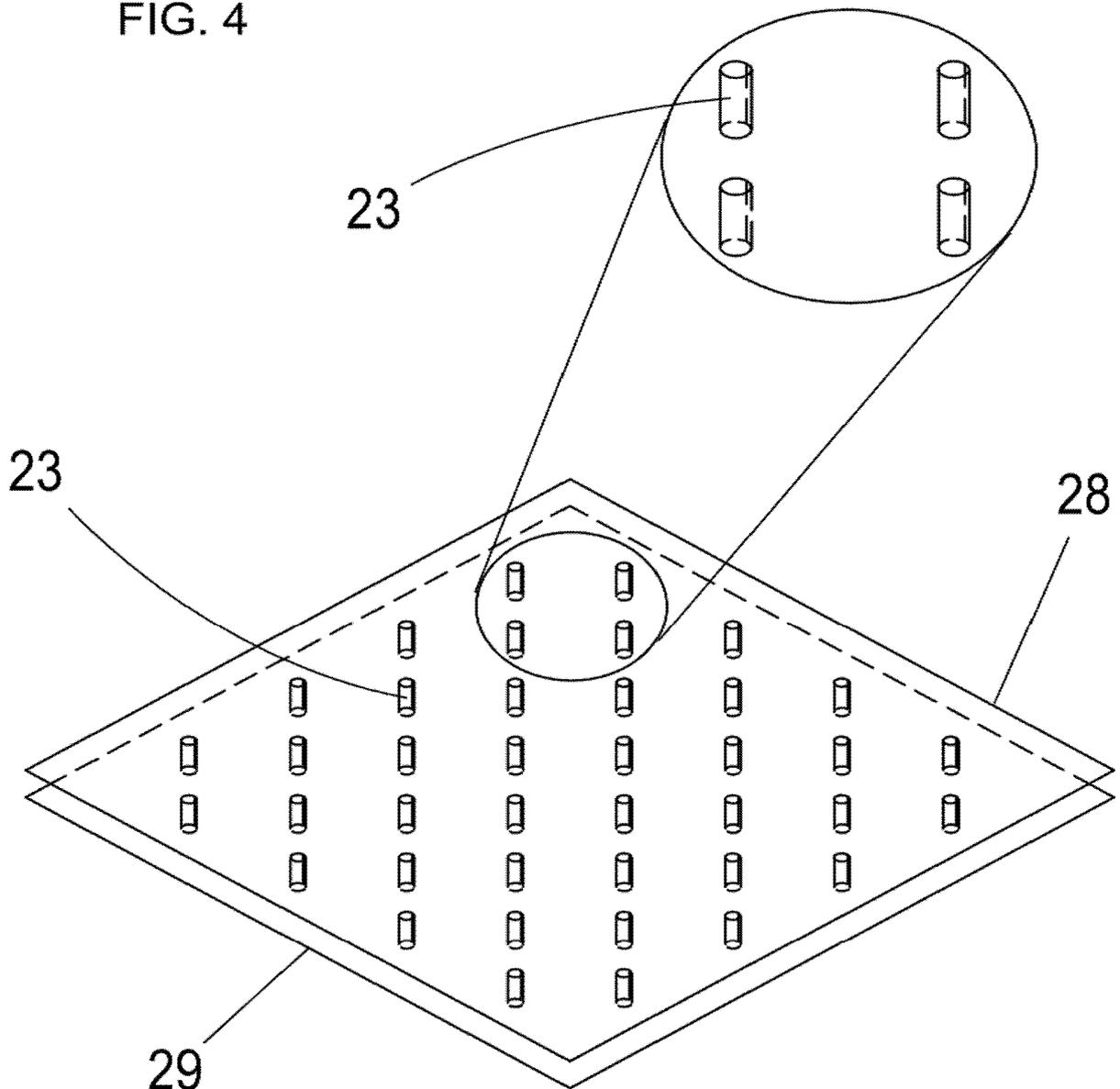


FIG. 5

