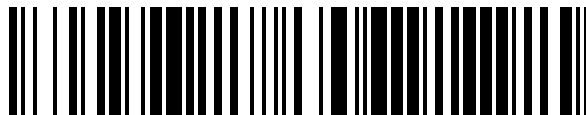


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 163 858**

21 Número de solicitud: 201630950

51 Int. Cl.:

C02F 103/08 (2006.01)

C02F 9/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

21.07.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.09.2016

71 Solicitantes:

AJONA MAEZTU, Jose Ignacio (75.0%)

Aravaca 30

28040 Madrid ES y

SEENSO RENOVAL S.L. (25.0%)

72 Inventor/es:

AJONA MAEZTU, Jose Ignacio

54 Título: **DISPOSITIVO DE DESALACION POR HUMIDIFICACIÓN Y DESHUMIDIFICACIÓN
UTILIZANDO LECHOS EMPAQUETADOS COMO EVAPORADORES, CONDENSADORES,
RECUPERADORES Y SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO**

ES 1 163 858 U

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO DE DESALACION POR HUMIDIFICACIÓN Y DESHUMIDIFICACIÓN UTILIZANDO LECHOS EMPAQUETADOS COMO EVAPORADORES, CONDENSADORES, RECUPERADORES Y SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO

SECTOR DE LA TÉCNICA

Desalación térmica y tratamiento de aguas. Acumulación de energía térmica. Destilación.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Para combatir la escasez de agua potable y de riego, y para mejorar la calidad de las aguas efluentes de los procesos industriales existen numerosos procesos para la desalinización del agua de mar, de salmueras y aguas salobres y para la regeneración y reutilización de aguas residuales. El reto que se plantea es el desarrollo de tecnologías sostenibles, energéticamente eficientes y con bajo impacto económico y medioambiental.

Los sistemas de desalación de aguas tanto marinas como salobres se han utilizado con gran profusión y en la actualidad existen un gran número de instalaciones. Hay que tener en cuenta que el 97,5% del agua de la tierra se encuentra en el mar y en los acuíferos salinos. Las tecnológicas principales para las de desalación utilizan energía térmica (por ejemplo sistemas de desalinización Multi-Effect Distillation- MED o Multi-Stage Flash Distillation-MSF) o eléctrica (por ejemplo los sistemas de ósmosis inversa- OI). La desalación mediante OI es actualmente la tecnología dominante, siendo su capacidad instalada unas 10 veces la capacidad instalada con tecnologías térmicas, debido a su gran eficiencia energética y a unos costes de inversión y de operación equilibrados, lo que lleva asociado unos costes del agua producida muy competitivos. Los sistemas térmicos se están utilizando principalmente acoplados a plantas de producción térmica de electricidad (por ejemplo, con extracciones de vapor del ciclo), a sistemas con excedentes de calor residual y a sistemas con una elevada concentración de salinidad.

La enorme demanda de agua de calidad a nivel mundial, ha impulsado el desarrollo

tecnológico tanto en los sistemas eléctricos como en los térmicos. La mayoría de los nuevos desarrollos térmicos que se han producido en los últimos 10 años, son variaciones sobre los sistemas HDH (humidificación-deshumidificación) en los que el calor al nivel térmico alto se utiliza para evaporar el aire (humidificación), el vapor producido se transporta hacia el condensador donde el aire húmedo cede (normalmente por condensación) parte de su vapor (deshumidificación), cediendo su calor de condensación al agua de alimentación al evaporador a través de un Recuperador. Los HDH se diferencian de los sistemas MED tradicionales en que mientras en los HDH se diferencia claramente las temperaturas a las que se produce la evaporación y la condensación, en los MED se utiliza una cascada de cámaras (efectos) conectadas en serie en las que en cada efecto se produce la evaporación y la condensación a prácticamente la misma temperatura y que, trabajando a temperaturas y presiones decrecientes en los distintos efectos, son capaces de aprovechar el calor de condensación en un efecto para calentar el agua que entra en el siguiente efecto lo suficiente para que se produzca la evaporación. Esta diferencia de funcionamiento explica que la eficiencia de los sistemas MED sea considerablemente más alta que en los HDH actuales, si bien los HDH tienen el potencial de producir agua aun coste menor. Para medir la eficiencia de los sistemas térmicos se suele utilizar el GOR (Gained Output Ratio) que se calcula como el cociente entre la energía térmica necesaria para evaporar la cantidad de agua dulce producida y la realmente utilizada. El GOR para sistemas MED o MSF suele variar entre 5 y 14, mientras que para los sistemas HDR iniciales suele ser de 1,5 a 4.

Para mejorar la eficiencia de los sistemas HDH se han propuesto diversas opciones ("Status of humidification dehumidification desalination technology", G. Prakash Narayan et al, 2011. Proceedings International Desalination Association World Congress 2011 IDAWC/PER11-266) entre las que destacan:

- humidificación por etapas, con calentamientos intermedios del aire húmedo para que sea capaz de aceptar más vapor de agua
- combinación del HDH con compresión de vapor para diferenciar las presiones de trabajo del evaporador y del condensador, permitiendo al aire alcanzar más fácilmente una humedad relativa más alta en el evaporador,
- el equilibrado termodinámico del HDH en el que se equilibran las temperaturas y/o las entalpías de los flujos de líquido y del vapor a lo largo del proceso, en los distintos puntos del evaporador y del condensador ("Solar thermal desalination using the Multiple Effect Humidification", Müller-Holst, H., 2007, (MEH) method

- in Solar Desalination for the 21st Century, Springer, Dordrecht. and “Thermodynamic analysis of humidification dehumidification desalination cycles”, Narayan, G.P., Sharqawy, M.H., Lienhard V, J.H. and Zubair, S.M., 2010. Desalination and Water Treatment, 16, pp. 339-353.). El equilibrado
- 5 termodinámico de los flujos de aire húmedo y de líquido busca que la temperatura del líquido y del aire sean muy próximas en el mismo punto del dispositivo y que la humedad del aire sea muy próxima a la humedad saturante a la temperatura del líquido. Hasta ahora este equilibrado se ha buscado realizando extracciones (una o varias) de líquido o de aire de determinados
- 10 puntos del evaporador o del condensador, para inyectarlos en el condensador o en el evaporador. En el dispositivo de la invención presentamos otra manera de alcanzar el equilibrado termodinámico.
- Acoplamiento del condensador y del evaporador, denominada “Dewvaporation”, (“Seawater desalination using Dewvaporation technique: theoretical
 - 15 development and design evolution”, 2006. Hamieh, B.M. and Beckman, J.R. Desalination, 195, pp 1-13.) en las que las cámaras de evaporación y condensación comparten una pared vertical sobre la que, en un lado, se produce la condensación y en el otro la evaporación del agua salina, que desciende por la pared, utilizando el calor cedido en la condensación al otro lado de la pared.
 - 20 El vapor producido en el evaporador es calentado por una fuente externa e introducido en el condensador, condensando en la pared común de las cámaras al estar enfriada por el agua salina introducida en el evaporador. En el dispositivo de la invención presentamos otra manera transferir el calor de condensación al evaporador.
 - 25 Otras opciones interesantes que se han propuesto para la desalación térmica eficiente son
 - la destilación por membrana (MD) que utiliza membranas porosas al vapor e impermeables al líquido. La membrana hidrófoba separa el agua de mar caliente del agua destilada fría, las corrientes líquidas permanecen separadas por la
 - 30 tensión superficial, mientras que una mayor presión de vapor en el lado caliente impulsa las moléculas de vapor a través de la membrana. (“Advances in Membrane Distillation for Water Desalination and Purification Applications”, 2015. Lucy Mar Camacho et al, Water 2013, 5, 94-196; doi:10.3390/w5010094)
 - la utilización de sistemas HDH acoplados a sistemas de acumulación térmica en
 - 35 materiales de cambio de fase (“Transient analysis and optimization of a PCM-

supported humidification-dehumidification solar desalination system”, 2011. Abdel Hakim Hassabou et al, Proceedings International Desalination Association World Congress 2011 IDAWC/PER11-266),

- 5 • la utilización de ciclos de adsorción-desorción (“A study of Silica Gel Adsorption Desalination System”, 2012. Jun Wei Wu, PhD Document. The University of Adelaide. Australia y “Adsorption Cycle and Its Hybrid with Multi-Effect Desalination”, 2015. Muhammad Wakil Shahzad, et al Chapter 7 "Desalination Updates", book edited by Robert Y. Ning, ISBN 978-953-51-2189-3).

10 La combinación de los sistemas térmicos de desalación con sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar como fuente de calor, es un objetivo que está presente en numerosas referencias (ver por ejemplo “Solar-Powered Desalination”, Emrah Deniz, 2015. Chapter 5 "Desalination Updates", book edited by Robert Y. Ning, ISBN 978-953-51-2189-3)

Entre los problemas pendientes de la desalación térmica podemos señalar

- 15 • Consumo energético elevado (con un GOR no suficientemente alto)
- Costes de inversión elevados
- Limitaciones en las temperaturas de trabajo para evitar incrustaciones sobre los elementos de transferencia de calor
- 20 • Limitaciones en las concentraciones salinas de trabajo para evitar incrustaciones sobre los elementos de transferencia de calor
- Acoplamiento con fuentes intermitentes de calor, como son las instalaciones solares térmicas

El problema pendiente más crítico es claramente el del GOR reducido. Hay que tener en cuenta que los HDH más eficientes no han superado todavía el valor de 5 y que su
25 limite termodinámico está en el entorno de los 120: Claramente hay espacio para la mejora.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

30 El dispositivo de la invención utiliza para su aplicación a la desalación HDH, en un nuevo dispositivo, los resultados teóricos y experimentales de la Tesis doctoral del autor del dispositivo de la invención “Estudio de los intercambios de calor entre un invernadero considerado como colector solar de aire húmedo y un lecho de rocas como sistema de control ambiental” (José Ignacio Ajona Maeztu, Facultad de Físicas- Universidad
35 Complutense de Madrid, 1990). En aquel estudio, sin tener relación con la desalación,

se modelizó y se comprobó experimentalmente una serie de resultados utilizables para entender cómo funciona el dispositivo de la invención. Cuando se introduce aire caliente y húmedo por la parte alta de un lecho empaquetado (en aquél caso cantos rodados) más frío, con un salto escalón en las condiciones de temperatura y humedad del aire de entrada, el aire cede su calor al relleno en forma de calor sensible y de cambio de fase, produciéndose la condensación de parte del agua contenida en el aire sobre el relleno y observándose:

- Incluso con caudales y velocidades del aire reducidas, la transferencia de calor entre el aire y el relleno es excelente y por tanto la temperatura del aire y del relleno son muy semejantes en los puntos del interior del lecho.
- Si la humedad relativa del aire de entrada es menor del 100% con una temperatura húmeda superior a la temperatura inicial del relleno, la evolución térmica del relleno experimentaba dos etapas claramente diferenciadas. En la primera etapa, el relleno alcanza una temperatura próxima a la temperatura húmeda del aire de entrada y se produce condensación de agua sobre el relleno y, posteriormente, drenaje o evaporación del agua depositada. Cuando el agua sobre el relleno se agota, bien por la evaporación o por el movimiento del agua líquida hacia el fondo por efecto de la gravedad, se inicia la segunda fase en la que el lecho evoluciona desde la temperatura próxima a la del aire húmedo del aire de entrada, hasta alcanzar la temperatura seca del aire de alimentación.
- En la primera etapa, la onda térmica se desplaza en el interior del lecho a una velocidad, en función de las condiciones de operación, significativamente más rápida que en la segunda y tanto más rápida cuanto mayor es la temperatura húmeda.
- El agua líquida depositada sobre el relleno y que desciende hasta el fondo del lecho, representaba una proporción muy significativa del agua líquida introducida.
- Durante la primera etapa, la evolución del aire húmedo, representada sobre el diagrama psicrométrico, recorre la curva de saturación hasta aproximarse a la temperatura húmeda del aire de entrada

En el dispositivo de la invención se utilizan tres lechos empaquetados para hacer las funciones de evaporador, condensador y recuperador del calor de condensación tal como muestra la Figura 1, donde los números se refieren a los distintos equipos:

1. Evaporador
2. Condensador

3. Recuperador del calor de condensación
4. Entrada del agua salada o del líquido a tratar
5. Tanque auxiliar
6. Entrada de la salmuera, o de la disolución, al recuperador (3)
- 5 7. Salida de la salmuera , o de la disolución, precalentada del recuperador (3)
8. Calentador de la salmuera, o de la disolución.
9. Entrada de la salmuera, o de la disolución, caliente al evaporador (1)
10. Salmuera, o disolución, concentrada en el evaporador (1) y enviada al tanque auxiliar (4) para reiniciar el ciclo atravesando el recuperador (3) y el calentador
- 10 (8)
11. Salmuera, o disolución, concentrada en el evaporador (1) y enviada al calentador (8) para recalentarse
12. Salmuera, o disolución, concentrada en el evaporador (1) y rechazada hacia el exterior
- 15 13. Salida del destilado del condensador (2)
14. Conducción del aire (o del gas) con bajo contenido de vapor y fresco, desde el condensador (2) hacia el evaporador (1)
15. Conducción del aire (o del gas) con alto contenido de vapor y caliente, desde el evaporador (1) hacia el condensador (2)
- 20 El agua salada, o líquido a tratar, y a baja temperatura que entra por (4) al tanque auxiliar (5), entra por (6) en el recuperador (2) donde se precalienta antes de entrar en el calentador (8) y ser introducido en la parte alta del evaporador (1) repartiéndose sobre el relleno, produciéndose vapor y haciendo que el aire (u otro gas) alcance un estado cuasi saturado a una temperatura próxima a la fijada en el calentador. El aire (u otro
- 25 gas) caliente y con alto contenido de vapor procedente del evaporador (1) perderá vapor y temperatura en contacto con el material del relleno del condensador (2) de la misma forma que en la descrita anteriormente en la Tesis citada y recorriendo una trayectoria, representada en el diagrama psicrométrico, (o en el diagrama de presión-temperatura correspondiente al vapor a condensar) sobre la curva de saturación entre una
- 30 temperatura próxima a la fijada en el calentador (8) y la de la salmuera, o líquido a tratar, introducida por (6). El líquido condensado sobre el relleno y que llega por gravedad al fondo del condensador (2) es extraída del sistema por (13). La salmuera (o disolución) enfriada y concentrada que sale del evaporador (1) se conducirá por (11), (12) o (13) según sea el modo de operación deseado para, respectivamente, recalentarse,
- 35 reconcentrase o expulsarse del sistema.

El que el recuperador (3) pueda hacer la función de precalentar la salmuera (o disolución) se debe a que condensador (2) y el recuperador (3) intercambian sus papeles cuando la evolución de temperatura en la parte baja del condensador es tal que sube por encima de la temperatura de la entrada de la salmuera (o disolución) por (6) la

5 cantidad establecida como criterio de operación. Este cambio se ejecuta mediante un juego de válvulas de 3 vías y de compuerta (o equivalente) por el que las conexiones (a), (b), (c), (d) y (e) del condensador (2) cambian su función con las (a'), (b'), (c'), (d') y (e') del recuperador (3). El movimiento del líquido se realiza, principalmente, mediante los grupos hidráulicos de bombas B1 de alimentación al tanque auxiliar (5), B2 de

10 alimentación al recuperador (3) y B3 de extracción del condensado, y por el soplate S, en el conducto (14) para circular el aire (u otro gas) con vapor entre el condensador (2) y el evaporador (1)

Al producirse el cambio, el nuevo recuperador se encuentra en las condiciones que estaba el condensador, con una temperatura en la parte alta próxima a la fijada en el calentador (8) y una temperatura en la parte baja próxima a la de entrada del líquido por

15 (6) por lo que podrá precalentar, cediendo su calor, al líquido entrante. De la misma manera el nuevo condensador se encuentra en las condiciones que estaba el recuperador, que se ha ido descargando térmicamente al haberse enfriado por el paso del líquido de alimentación al sistema, con una temperatura en su parte inferior próxima

20 a la de entrada del líquido por (6) por lo que podrá condensar eficientemente el vapor proveniente del evaporador (1). Este cambio de papeles es uno de elementos más destacables del dispositivo de la invención

La eficiencia del dispositivo de la invención va a depender principalmente de

- La temperatura fijada como consigna en el calentador (8) y la presión de trabajo: cuanto más alta, mayor eficiencia y, si se trabaja con salmueras, más depósitos salinos en el relleno del evaporador (1)
- lo próximas que se encuentren las temperaturas de la parte alta del condensador (2) y del recuperador (3) a la fijada en el calentador (8) y las temperaturas de la parte baja del condensador (2) y del recuperador (3) a la entrada de la salmuera por (6): Cuanto más próximas, mayor eficiencia.
- La temperatura y caudal del líquido a la salida del evaporador (1): Cuanto más bajos, mayor eficiencia
- La temperatura del destilado producido: Cuanto más baja, mayor eficiencia

El criterio de diseño de los lechos para un funcionamiento eficiente, teniendo en cuenta

35 los caudales de líquido a tratar y los correspondientes caudales de aire (o de otro gas),

es por tanto el

- dimensionar el evaporador (1) con la capacidad térmica suficiente para que la onda térmica ocasionada por el líquido caliente en la entrada, no alcance el final del evaporador (1) y la temperatura en la parte baja del evaporador (1) se mantenga baja con las variaciones esperadas de los caudales del líquido caliente que desciende y se va enfriando al ceder su calor al relleno y al aire (o a otro gas), al aumentar su temperatura y aumentar la cantidad de vapor que contiene.
- dimensionar el condensador (2) y el recuperador (3) con la capacidad térmica suficiente para que el cambio de papeles de condensador (2) a recuperador (3), y viceversa, (a realizar cuando la onda térmica provocada por la entrada del vapor caliente en la parte alta del condensador (2) empiece a llegar a la parte baja del condensador (2)), se tenga que realizar con una frecuencia razonable (p.e. cada 2-3 hr) y se garantice una recuperación de la casi totalidad del líquido condensado
- dimensionar los tres lechos para garantizar una transferencia de calor y masa adecuados, lo que depende, entre otras cosas, de las velocidades del aire (o del gas) y del líquido en el interior del lecho.

Si bien el dispositivo de la invención puede trabajar con numerosos materiales de relleno, es recomendable el utilizar materiales con un elevado valor del producto densidad y calor específico, fracción de huecos pequeña, bajo coste, disponibilidad local y resistencia a la temperatura y la corrosión salina o de otro tipo. Por lo tanto, la utilización de rocas (catos rodados, granito,...) disponibles localmente, es una excelente (no única) elección: Permite trabajar a temperaturas y presiones elevadas sin que las incrustaciones salinas (si se trabaja con salmueras) supongan un grave problema y dado que su coste es muy reducido se puede dimensionar con amplitud para poder trabajar con saltos térmicos importantes entre la parte superior e inferior de los rellenos del evaporador (1) del condensador (2) y del recuperador (3)

La utilización de lechos empaquetados como evaporadores/humidificadores es bastante común tanto en aplicaciones HDH como en otras aplicaciones (p.e. torres de refrigeración en centrales térmicas), utilizándose normalmente rellenos de materiales plásticos y con una gran fracción de huecos para minimizar la pérdida de carga del aire (o del gas) a través del lecho y reducir el peso. El dispositivo de la invención puede utilizar ese tipo de lechos rellenos en el evaporador (1), pero utilizando materiales con elevado valor del producto densidad por calor específico, fracciones de huecos en el lecho en el entorno del 33% y bajo coste, el lecho, además de como evaporador,

funciona como un sistema de acumulación eficiente y de bajo coste, lo cual es especialmente interesante si se quiere aportar con calor solar (en solitario o como contribuyente principal) la energía necesaria para el proceso (hay que tener en cuenta que siempre se podrá hibridar el sistema solar con otro sistema de producción de calor con renovables o con combustibles convencionales para mantener un régimen constante en la producción del proceso).

Como ya hemos señalado, para optimizar la eficiencia de cualquier sistema HDH, el criterio básico encontrado en la literatura es el equilibrado termodinámico de los flujos de aire (o de gas) con vapor y de líquido. En el dispositivo de la invención este equilibrado se consigue de una manera natural sin necesidad de realizar extracciones/inyecciones de vapor o de líquido entre el evaporador y el condensador, gracias al acoplamiento causado entre el comportamiento térmico del aire (o del gas) y del líquido, tanto en el evaporador (1) como en el condensador (2), por la gran estratificación térmica entre la parte alta del lecho y la parte baja del lecho incrementada si se utilizan materiales de relleno con una elevada inercia térmica y baja conductividad térmica.

Utilizando como materiales de relleno materiales con una tendencia reducida a las incrustaciones salinas, incluso a temperaturas elevadas, permite utilizar el dispositivo de la invención para trabajar a concentraciones salinas muy elevadas reduciendo el rechazo salino y pudiendo conectarse para tratar los rechazos salinos de otros sistemas de desalación, como la osmosis inversa.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

En la Figura 1 mostramos una vista esquemática del dispositivo de la invención con los principales elementos constituyentes.

En la Figura 2 mostramos una vista detallada, en planta, de una posible realización preferente del objeto de la invención con sus diversos componentes en los que se muestra el dispositivo de la invención incluyendo los dispositivos para el cambio de papeles entre el condensador (2) y el recuperador (3).

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

El dispositivo objeto de la invención se puede realizar de múltiples formas, con diferentes tamaños y materiales y en numerosas aplicaciones.

- 5 En la Figura 2 mostramos una posible realización preferente de la invención para desalación de agua de mar y con los mismos elementos de la Figura 1 y un trazado de las tuberías y conductos en el que se observan las bombas B1, B2 y B3, el soplante S, la compuerta C y las válvulas de 3 vías V1, V2, V3, la válvula de 4 vías V4 y las 2 compuertas C, utilizadas para la operación del dispositivo.
- 10 En funcionamiento normal,
- La bomba B1 se conecta para mantener el nivel deseado en el depósito auxiliar (5), mientras se quiera producir agua.
 - La bomba B2 funciona mientras se quiera producir agua.
 - La bomba B3 funciona mientras se quiera extraer el destilado producido.

15

 - El soplante S funciona mientras se quiera producir agua.
 - La posición de la compuerta C, dirige el aire hacia y desde el condensador.
 - Las válvulas V1, V2 y V3 dirigen el agua por las tuberías (6), (7) y (13).
 - El calentador (8) recibe el agua por la tubería (7) y la manda más caliente, a la temperatura designada, por la tubería (9) al evaporador (1) siempre que la B2

20

 - esté en marcha.
 - Dependiendo del modo de operación deseado la válvula V4 dirige la salida de salmuera concentrada del evaporador (1) a las tuberías (10), (11) o (12).
 - o Modo básico: la salmuera concentrada se recircula por la tubería (10) a través del depósito auxiliar (5), por el recuperador de calor (3), el

25

 - calentador (8) y el evaporador (1). Este modo de operación se mantendrá mientras la concentración salina de la salmuera no alcance el nivel máximo fijado y el nivel térmico del evaporador (1) sea suficiente.
 - o Modo preparación: La salmuera se recircula directamente por la tubería (11) y el calentador (8) hacia el evaporador (1). Este modo de operación

30

 - se utilizará en los arranques del sistema o cuando el nivel térmico del evaporador (1) no sea suficiente.
 - o Modo purgado: la salmuera concentrada se expulsa al exterior por la tubería (12). Este modo de operación se mantendrá mientras la concentración salina de la salmuera sea mayor al nivel máximo fijado

35
- Para el cambio de papeles entre el condensador (2) y el recuperador (3) a realizar

cuando la temperatura en la parte baja del condensador (2) suba la cantidad fijada por encima de la de alimentación al recuperador (3):

- Se paran la bomba B2 y el soplante S y se vacía el condensador (3) de agua.
- Se para la bomba B3 y se cambian de posición las válvulas V1, V2 y V3 y la
5 compuerta C.
 - o En el circuito de agua, al cambiar de posición las válvulas V1, V2 y V3 el condensador (2) se transforma en el nuevo recuperador (2→3') y el recuperador en el nuevo condensador (3→2') ya que el papel de las tuberías (6), (7) y (13) lo realizan, respectivamente, las tuberías (6'), (7')
10 y (13')
 - o En el circuito de aire, al cambiar de posición las compuertas (C→C'), situada una en el conducto (14) y la otra en el conducto (15), el recuperador (3) se transforma en el nuevo condensador (3→2') y el aire se mueve entre el nuevo condensador (2') y el evaporador (1)
- Se vacía por gravedad el recuperador (3) ya que la bomba B2 en parado permite que el agua descienda al depósito auxiliar (5), dimensionado adecuadamente.
- Cuando se ha vaciado el recuperador (3), se arrancan las bombas B2 y B3 y el soplante S y se entra en el nuevo modo de funcionamiento normal

Los lechos empaquetados de la realización preferente mostrada en la Figura 2, se
20 pueden construir con rocas de un tamaño homogéneo y con un diámetro unas 20 veces inferior al del diámetro equivalente del contenedor, el contenedor estará aislado térmicamente, se puede fabricar de un material plástico capaz de aguantar la presión (o estar contenido en otro contenedor que la soporte como puede ser el propio suelo si está enterrado), y la temperatura de trabajo (p.e. polipropileno), y además del relleno,
25 contará con un plenum/difusor inferior y otro superior para la adecuada distribución del líquido y/o del aire. El dimensionado de los lechos empaquetado dependerá de la demanda de agua que se quiera aportar y de los modos de operación que se deseen y puede variar desde unos pocos m³ hasta muchos miles de m³.

Los equipos para el movimiento y control de los fluidos se seleccionarán para aguantar
30 las condiciones de trabajo (p.e. temperatura, salinidad, presión, pérdida de carga, ..)

Es de destacar que, cambiando los fluidos de trabajo (aire por cualquier gas y agua salada por cualquier disolución de un sólido o un líquido en otro líquido menos volátil), y manteniendo el concepto general, el número de aplicaciones en las que se puede aplicar el dispositivo de la invención es enorme y se podrían mostrar un gran número de
35 realizaciones esencialmente idénticas a la realización preferente descrita en esta

sección.

Aplicación industrial

La aplicación industrial del dispositivo de la invención es inherente a naturaleza de la
5 invención y se deduce de la explicación de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la desalación de aguas saladas - o la concentración de disoluciones líquidas, efluentes salinos o contaminados - caracterizado porque utiliza un proceso de evaporación del líquido en aire, o en otro gas, y posterior condensación, con recuperación de calor, del vapor contenido en el aire, o en el gas, y caracterizado porque utiliza tres lechos rellenos con materiales sólidos, que actúan como evaporador (1) del líquido y enriquecedor en vapor del aire (o del gas), condensador (2) del vapor y recuperador (3) del calor de condensación.
2. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque el Condensador (2) y el Recuperador (3) intercambian sus papeles cuando el condensador se ha cargado térmicamente, mediante la utilización de un conjunto de válvulas y compuertas con actuaciones enclavadas entre ellas, con lo que calor capturado por el condensador podrá utilizarse para precalentar el líquido que alimenta al evaporador.
3. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque los materiales de relleno del lecho tendrán, preferentemente, unas propiedades físicas tales que el producto del valor de su calor específico, de su densidad y de la fracción del espacio ocupado por el sólido en el lecho sea mayor de 200 megajulios por grado centígrado y metro cúbico (MJ/C/m^3)
4. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque sirve como almacenamiento energético de fuentes de calor, intermitentes o no, como son las instalaciones solares térmicas y otras fuentes de calor renovable o de recuperación.
5. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado por un consumo energético por unidad de líquido tratado inferior a 500 kilojulios por kilogramo (kJ/kg), en la mayor parte de los casos.
6. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado por ser capaz de trabajar con concentraciones salinas superiores al 80% de la concentración de saturación de la sal en el líquido.

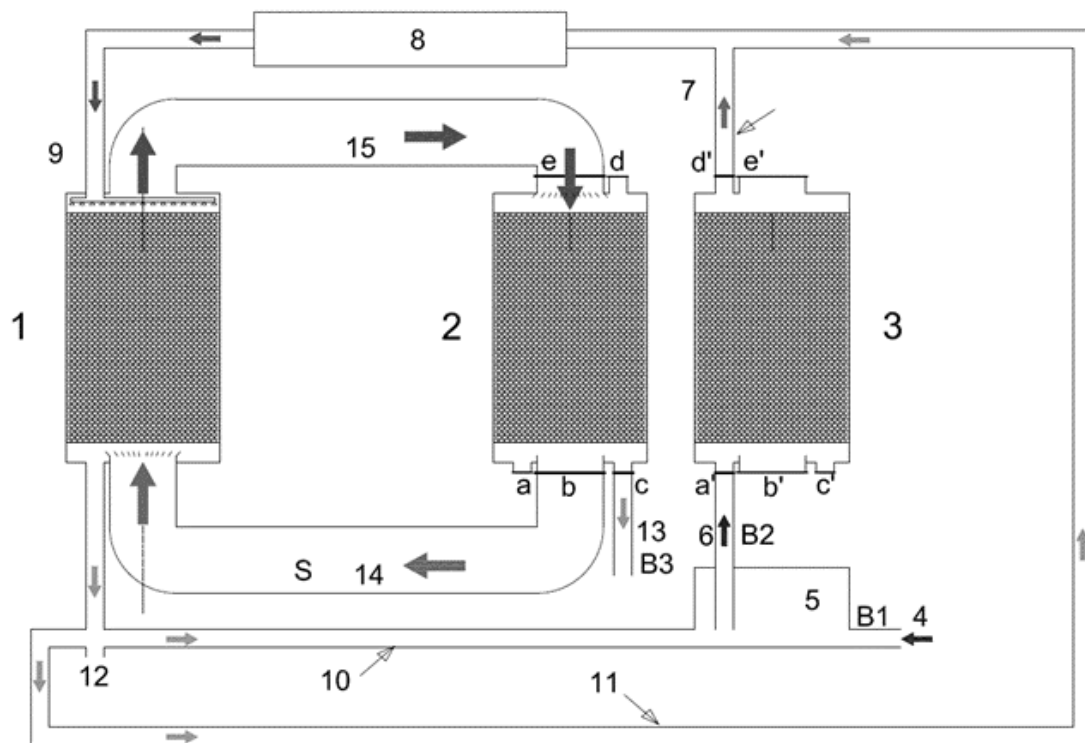


FIGURA 1

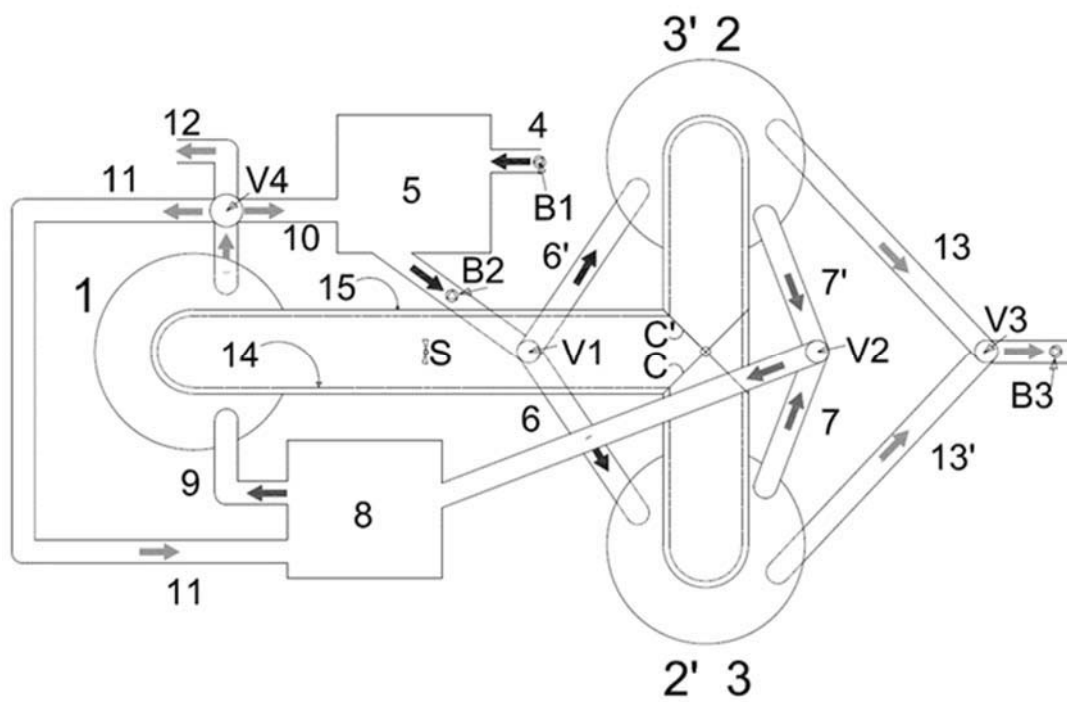


FIGURA 2