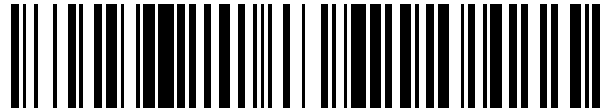


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 933 736**

51 Int. Cl.:

F24F 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2014 PCT/US2014/062262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15061739**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2014 E 14856159 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2022 EP 3060856**

54 Título: **Procedimientos para mejorar la deshumidificación de bombas de calor**

30 Prioridad:

25.10.2013 US 201361895809 P
20.06.2014 US 201462015155 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2023

73 Titular/es:

AIL RESEARCH INC. (100.0%)
50 Washington Road
Princeton Junction, NJ 08550, US

72 Inventor/es:

LOWENSTEIN, ANDREW

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 933 736 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

Procedimientos para mejorar la deshumidificación de bombas de calor

5 *Solicitudes relacionadas*

Esta patente se basa en la solicitud de patente provisional de EE. UU. n. ° 61/895,809, titulada LIQUID-DESICCANT DIRECT- EXPANSION AIR CONDITIONER, depositada el 25 de octubre de 2013, y la solicitud de patente provisional de EE. UU. n. ° 62/015,155, TITULADA LIQUID-DESICCANT VAPOR-COMPRESSION AIR CONDITIONER, depositada el 20 de junio de 2014.

Intereses del Gobierno

Esta invención se realizó con el apoyo del Gobierno en virtud de la Concesión No. SBIR FA8501-14-P-0005 concedida por el Departamento de Defensa. El Gobierno tiene ciertos derechos en esta invención.

Antecedentes

Las bombas de calor son dispositivos termodinámicos que pueden mover energía térmica desde una primera fuente de temperatura a un segundo disipador de temperatura más alta. Esta transferencia de energía térmica en una dirección opuesta a la dirección en que fluye pasivamente (es decir, fluye pasivamente de una temperatura más alta a una temperatura más baja) requiere el gasto de energía que se puede suministrar a la bomba de calor en varias formas, incluida la electricidad, la energía química, el trabajo mecánico o la energía térmica de alto grado.

Durante el tiempo cálido, las bombas de calor se utilizan comúnmente para mover la energía térmica desde el interior de un edificio hacia el ambiente, es decir, proporcionan acondicionador de aire de confort a los espacios ocupados dentro de los edificios. Este acondicionador de aire tiene dos componentes importantes: enfriamiento sensible, que reduce la temperatura dentro del edificio, y enfriamiento latente, que reduce la humedad. Las condiciones interiores cómodas y saludables se mantienen solo cuando se controlan tanto la temperatura como la humedad interior, por lo que el enfriamiento sensible y latente de una bomba de calor es importante.

Desafortunadamente, las bombas de calor no son dispositivos de enfriamiento latente eficiente. Dado que "bombean" energía térmica y no la humedad, las mismas deshumidifican solo cuando el aire del procedimiento se enfría por debajo de su temperatura de punto de rocío inicial. En muchas aplicaciones, el aire de procedimiento que se enfría a una temperatura baja para que el vapor de agua se condense debe recalentarse para que se mantenga una temperatura interior cómoda. Este procedimiento de sobreenfriamiento y recalentamiento desperdicia energía y aumenta el costo de mantener condiciones interiores cómodas.

Los acondicionadores de aire desecantes pueden ser un medio más eficiente para controlar la humedad interior. Los desecantes son materiales con una alta afinidad por el vapor de agua. Se pueden usar para absorber directamente el vapor de agua del aire sin enfriar primero el aire por debajo de su temperatura de punto de rocío. Después de que el desecante absorbe el vapor de agua, se calienta de modo que el vapor de agua absorbido se libera a un disipador apropiado (por ejemplo, el ambiente exterior). Esta liberación de vapor de agua regenera el desecante a un estado donde a continuación puede absorber nuevamente vapor de agua.

En un tipo de acondicionador de aire desecante, la energía térmica para regenerar el desecante es suministrada por el condensador de refrigerante de una bomba de calor por compresión de vapor. Las siguientes cinco patentes y solicitudes de patente describen diferentes formas de implementar un acondicionador de aire desecante líquido que regenera el desecante con energía térmica recuperada de un condensador de refrigerante:

Peterson, y col., Patente de EE. UU. n. ° 4.941.324

La patente de Peterson describe un acondicionador de aire por compresión de vapor en el que las superficies externas tanto del evaporador como del condensador del acondicionador de aire se humedecen con un desecante líquido. Tanto el vapor de agua como el calor se absorben del aire de procedimiento que fluye sobre las superficies humedecidas con desecante del evaporador. El desecante rechaza el agua a una corriente de aire de enfriamiento que fluye sobre las superficies humedecidas con desecante del condensador. En condiciones de funcionamiento estacionario, la concentración del desecante busca naturalmente un valor en el que la velocidad en que el agua es absorbida por el desecante en el evaporador es igual a la velocidad en que el agua es expulsada por el desecante en el condensador.

Forkosh, y col., Patente de EE.UU. n. ° 6.546.746; Griffiths, Patente de EE.UU. n. ° 4.259.849

Tanto la patente de Forkosh como la patente de Griffiths describen un acondicionador de aire por compresión de vapor en el que un desecante líquido se enfría en un evaporador de refrigerante y se calienta en un condensador de refrigerante. El desecante enfriado se suministra y se extiende sobre un primer lecho de medio de contacto poroso. El aire de procedimiento que fluye a través de este primer lecho poroso se enfría y seca. El desecante calentado se
 5 suministra y se extiende sobre un segundo lecho de medio de contacto poroso, el aire de enfriamiento que fluye a través de este segundo lecho poroso gana energía térmica y vapor de agua del desecante líquido caliente. Al igual que con la patente de Petersen, en condiciones de funcionamiento estacionario, la concentración del desecante busca naturalmente un valor en el que la velocidad en que el agua es absorbida por el desecante en el lado del evaporador de la bomba de calor es igual a la velocidad en que el agua es expulsada por el desecante en el lado del condensador.

10

Vandermeulen, y col., solicitud de patente de EE. UU. US 2012/0125020

La solicitud de patente de Vandermeulen describe un acondicionador de aire por compresión de vapor en el que un primer fluido de transferencia de calor se enfría en un evaporador de refrigerante y un segundo fluido de transferencia
 15 de calor se calienta en un condensador de refrigerante. El primer fluido de transferencia de calor enfría un primer conjunto de placas cubiertas por membrana que tienen un desecante líquido que fluye en la superficie de cada placa debajo de la membrana. El aire de procedimiento se enfría y se seca a medida que fluye en los espacios entre el primer conjunto de placas en contacto con las membranas. El segundo fluido de transferencia de calor calentado calienta un segundo conjunto de placas cubiertas con membrana que tienen un desecante líquido que fluye en la
 20 superficie de cada placa debajo de la membrana. El aire de enfriamiento gana energía térmica y vapor de agua del desecante a medida que fluye en los espacios entre el segundo conjunto de placas en contacto con las membranas. Al igual que con la patente de Petersen, en condiciones de funcionamiento estacionario, la concentración del desecante busca naturalmente un valor en el que la velocidad en que el agua es absorbida por el desecante en el lado del evaporador de la bomba de calor es igual a la velocidad en que el agua es expulsada por el desecante en el lado
 25 del condensador.

Dinnage, y col., Patente de EE. UU. n.º 7.047.751

La patente de Dinnage describe un acondicionador de aire por compresión de vapor en el que el aire de procedimiento
 30 frío y saturado que sale del evaporador de refrigerante del acondicionador de aire fluye a través del primero de dos sectores de una rueda desecante, y el aire de enfriamiento caliente e insaturado que sale del condensador de refrigerante del acondicionador de aire fluye a través del segundo sector. El vapor de agua es absorbido del aire de procedimiento por el desecante en el primer sector y expulsado al aire de enfriamiento por el desecante en el segundo sector. La rueda desecante gira entre las dos corrientes de aire para que los procedimientos de absorción y desorción
 35 se produzcan de forma simultánea y continua.

Una quinta patente de Lowenstein, y col., (Patente de EE. UU. n.º 7.269.966) describe una tecnología para implementar un acondicionador de aire de desecante líquido funcionalmente similar al descrito en la patente de Peterson cuando el desecante líquido es una solución de sal de haluro corrosiva.

40

Las bombas de calor que aumentan su enfriamiento latente utilizando la tecnología descrita en las patentes de Griffiths, Forkosh, Vandermeulen o Dinnage tendrán limitaciones de rendimiento fundamentales. Debido a que las patentes de Griffiths y Forkosh utilizan lechos de medio de contacto poroso que son adiabáticos (es decir, no hay una fuente interna
 45 integrada de enfriamiento o calentamiento dentro de los lechos), las velocidades de inundación de desecante deben ser altas en comparación con el flujo de aire a través de los lechos. Estas altas velocidades de inundación son necesarias para que la temperatura del desecante no aumente significativamente (en el lecho donde se libera calor a medida que el desecante absorbe agua) ni disminuya significativamente (en el lecho donde el calor se absorbe a medida que el desecante expulsa agua). Estas altas velocidades de inundación requieren grandes bombas con altas extracciones de energía. También producen grandes caídas de presión del lado del aire en los lechos inundados que
 50 aumentan la potencia del ventilador de la bomba de calor.

Una bomba de calor que utiliza la tecnología de Vandermeulen debe bombear un fluido de transferencia de calor de enfriamiento entre su disipador térmico (por ejemplo, un evaporador de refrigerante para una bomba de calor que utiliza tecnología de compresión de vapor) y el absorbente de desecante líquido y debe bombear un fluido de
 55 transferencia de calor de calentamiento entre su fuente térmica (por ejemplo, un condensador de refrigerante para una bomba de calor que utiliza tecnología de compresión de vapor) y el desorbente de desecante líquido. Estos dos bucles de transferencia de calor aumentan el uso de energía de la bomba de calor y degradan el rendimiento al introducir caídas de temperatura que obligan al disipador térmico de la bomba de calor a funcionar a una temperatura más baja y a su fuente térmica a funcionar a una temperatura más alta.

60

La fuente de las limitaciones inherentes a una bomba de calor que utiliza la tecnología Dinnage es el rotor de desecante sólido. En particular:

- (a) No hay una forma sencilla de preenfriar el sector de regeneración caliente (es decir, desorción de agua) de la rueda desecante a medida que gira en la corriente de aire que se va a deshumidificar. Por lo tanto, el calor almacenado en la masa de la rueda se transfiere a esta corriente de aire, reduciendo así el efecto de enfriamiento proporcionado por el acondicionador de aire. De manera similar, una fracción significativa de la energía térmica en el aire caliente que regenera el desecante sólido realiza la tarea de calentar la masa de la rueda a medida que el sector de procedimiento frío (es decir, absorción de agua) de la rueda de desecante sólido gira en la corriente de aire caliente. Esta tarea de calentamiento reduce la cantidad de energía térmica en el aire caliente que expulsa activamente el agua del desecante.
- (b) El sector de regeneración y el sector de procedimiento de la rueda desecante deben estar uno al lado del otro. Esta restricción geométrica requiere que el aire de suministro y el aire de regeneración fluyan el uno contra el otro muy cerca.
- (c) Las formas circulares del sector de regeneración y del sector de procedimiento difieren de la forma rectangular que es común para los intercambiadores de calor de tubos con aletas que sirven como evaporador de refrigerante y condensador de refrigerante del acondicionador de aire. Mientras que las restricciones de diseño sobre la altura o el ancho de un acondicionador de aire se pueden acomodar ajustando la relación de aspecto de un intercambiador de calor rectangular, la rueda desecante debe crecer (o encogerse) en la misma proporción tanto en su altura como en su ancho.
- Una bomba de calor que aplica la tecnología de la patente de Lowenstein también tiene limitaciones importantes, aunque las limitaciones no son fundamentales, sino que se centran en las preocupaciones prácticas de la inversión en equipos importantes necesarios para fabricar un nuevo diseño de bomba de calor. En particular, cuando se implementa como un acondicionador de aire por compresión de vapor, la tecnología de la patente de Lowenstein requeriría que el fabricante usara procedimientos de ensamblaje radicalmente diferentes para el evaporador y el condensador del acondicionador de aire que los que ahora se usan para los intercambiadores de calor de tubo con aletas convencionales. El documento JP411044439A describe un acondicionador de aire que comprende un circuito absorbente (20) para regular la humedad mediante el uso de un absorbente de líquido y un circuito de fuente de calor (30) para regular la temperatura mediante la circulación de un refrigerante. El circuito absorbente (20) comprende un intercambiador de calor interior (21) que suministra y recibe un vapor a través de una película permeable a la humedad entre el aire interior y un absorbente de líquido, y el intercambiador de calor exterior (22) que suministra y recibe un vapor a través de una película permeable a la humedad entre el aire exterior y un absorbente de líquido.

Resumen de la invención

- Según un primer aspecto de la presente invención, se propone un dispositivo de refrigeración y deshumidificación tal como se define en la reivindicación 1.
- En al menos una realización, el regenerador es un desorbente en el que una segunda corriente de aire que se ha calentado hasta una tercera temperatura en un segundo intercambiador de calor fluye a través de un lecho de medio de contacto poroso que está humedecido con desecante líquido que libera humedad a la segunda corriente de aire y un segundo depósito de recogida que recibe el desecante líquido que fluye del lecho de medio poroso en el desorbente.
- En al menos una realización, el primer intercambiador de calor y el segundo intercambiador de calor son un disipador térmico y una fuente térmica de una bomba de calor.
- En al menos una realización, el primer intercambiador de calor es un evaporador y el segundo intercambiador de calor es un condensador de una primera bomba de calor por compresión de vapor.
- En al menos una realización, el desecante líquido que fluye desde el absorbente hacia el regenerador y el desecante líquido que fluye desde el regenerador hacia el absorbente intercambian energía térmica en un intercambiador de calor.
- En al menos una realización, uno o más conductos conectan de forma fluida el primer depósito de recogida y el segundo depósito de recogida.
- En al menos una realización, el primer depósito de recogida y el segundo depósito de recogida tienen al menos una pared en común y al menos una abertura en la al menos una pared que permite que el desecante líquido fluya entre los dos depósitos.
- En al menos una realización, el primer depósito de recogida y el segundo depósito de recogida se combinan en un único depósito de recogida común.

Según la presente invención, la relación de la velocidad de flujo másico del primer flujo de desecante líquido y la primera corriente de aire es menor que 0,147 en una condición en la que ambos flujos másicos se miden en las mismas unidades dimensionales y la superficie del medio de contacto absorbe el desecante líquido.

5 En al menos una realización, el medio de contacto que absorbe el desecante líquido comprende láminas corrugadas de fibra de vidrio.

En al menos una realización, el dispositivo comprende además al menos dos conductos que conectan fluidamente el primer depósito de recogida y el segundo depósito de recogida, donde una bomba ayuda al flujo de desecante en al
10 menos un conducto.

En al menos una realización, la bomba se adapta para modularse para variar el intercambio de desecante entre el primer y el segundo depósitos de recogida.

15 En al menos una realización, una válvula divide el flujo que sale de una bomba en dos flujos, uno de los cuales se suministra al absorbente y/o al primer depósito de recogida, y el otro se suministra al desorbente y/o al segundo depósito de recogida.

En al menos una realización, la válvula que divide el flujo en dos flujos se puede modular de modo que se pueda
20 controlar la magnitud relativa de los dos flujos.

En al menos una realización, el lecho de medio de contacto poroso en el absorbente no tiene una fuente interna integrada de enfriamiento y el lecho de medio de contacto poroso en el desorbente no tiene una fuente interna integrada de calentamiento.

25 En al menos una realización, el lecho de medio de contacto poroso en el absorbente tiene una fuente interna de enfriamiento integrada, siendo esa fuente de enfriamiento el evaporador de una segunda bomba de calor por compresión de vapor, y el lecho de medio de contacto poroso en el desorbente tiene una fuente interna de calentamiento integrada, siendo esa fuente de calentamiento el condensador de una segunda bomba de calor por
30 compresión de vapor.

En al menos una realización, la primera y la segunda bomba de calor por compresión de vapor comparten un compresor común.

35 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se propone un procedimiento según se define en la reivindicación 11.

En al menos una realización, el regenerador es un desorbente, y el procedimiento comprende además las etapas de:
40 calentar una segunda corriente de aire a una tercera temperatura en un segundo intercambiador de calor; hacer fluir la segunda corriente de aire

a través de un lecho de medio de contacto poroso que se humedece con desecante líquido para que la humedad se libere a la segunda corriente de aire; y recibir por un segundo depósito de recogida el desecante líquido que fluye del lecho de medio poroso en el desorbente.

45 En al menos una realización, el primer intercambiador de calor y el segundo intercambiador de calor son un disipador térmico y una fuente térmica de una bomba de calor.

Según el segundo aspecto de la invención, la relación de la velocidad de flujo másico del primer flujo de desecante
50 líquido y la primera corriente de aire es menor que 0,147 en una condición en la que ambos flujos másicos se miden en las mismas unidades dimensionales y la superficie del medio de contacto absorbe el desecante líquido.

Descripción de las figuras

55 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor de desecante sólido como se describe en la patente de EE. UU. n.º 7.047.751;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según una realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

60 La Figura 3 es un gráfico psicrométrico que muestra los puntos de estado tanto para el aire de procedimiento como para el aire de enfriamiento que fluyen a través de una realización ejemplar de la invención durante el funcionamiento típico;

La Figura 4 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

5 La Figura 5 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

La Figura 6 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

10 La Figura 7 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

La Figura 8 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

15 La Figura 9 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire;

20 La Figura 10 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire; y

La Figura 11 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor según otra realización ejemplar de la presente invención con un absorbente y desorbente de desecante líquido que aumenta el enfriamiento latente del acondicionador de aire.

25

Descripción detallada

La invención reivindicada en la presente y los beneficios que proporciona se pueden apreciar comparando su funcionamiento con el de la tecnología descrita en la patente de Dinnage. La Figura 1 es un diagrama de bloques de un acondicionador de aire por compresión de vapor como se describe en la patente de Dinnage. La misma muestra un acondicionador de aire por compresión de vapor en el que se enfría una corriente de aire de suministro en un evaporador de refrigerante (52) y se calienta una corriente de aire de regeneración en un condensador de refrigerante (58). El aire de suministro frío y saturado que sale del evaporador de refrigerante (52) se seca a medida que pasa a través del sector de procedimiento (54) de una rueda desecante giratoria (55). El agua absorbida por el desecante se rechaza al aire de regeneración a medida que la rueda gira y lo que era el "sector de procedimiento" se convierte en el "sector de regeneración" (60) donde el desecante se calienta mediante el aire de regeneración.

Aunque se ilustra como se aplica a un acondicionador de aire por compresión de vapor, la tecnología descrita en la patente de Dinnage puede aumentar el enfriamiento latente de otros tipos de bombas de calor. Su eficacia depende de una propiedad fundamental de todos los desecantes: la cantidad de agua absorbida por el desecante en condiciones de equilibrio depende de la humedad relativa de su entorno. Para las bombas de calor que enfrían edificios, el aire que sale del disipador térmico de temperatura más baja (por ejemplo, el evaporador de refrigerante de un acondicionador de aire por compresión de vapor) tiene una humedad relativa mucho mayor que el aire que sale de la fuente térmica de temperatura más alta (por ejemplo, el condensador de refrigerante del acondicionador de aire por compresión de vapor). Un desecante que se expone alternativamente a estas dos corrientes de aire moverá la humedad de la corriente con mayor humedad relativa a la corriente con menor humedad. El efecto neto de esta transferencia de humedad será aumentar el enfriamiento latente proporcionado por la bomba de calor.

En realizaciones ejemplares, la presente invención elimina las dos limitaciones geométricas para la tecnología en la patente de Dinnage (la segunda y tercera de las limitaciones citadas anteriormente) mediante el reemplazo del sector de procedimiento de la rueda desecante con un absorbente desecante líquido y el sector de regeneración con un desorbente desecante líquido. Para la realización de la invención que se muestra en la Figura 2, esta sustitución de tecnología de desecante líquido por tecnología de desecante sólido requiere al menos dos bombas (44s, 44w) para mover el desecante líquido (46s, 46w) entre el absorbente (53) y el desorbente (51). Tanto el absorbente como el desorbente tienen lechos internos de medio de contacto poroso (59) con superficies que se humedecen con desecante líquido suministrado desde un distribuidor de desecante líquido (49). Después de fluir hacia abajo a través de las capas separadas de medio de contacto poroso (59), el desecante líquido drena en depósitos de recogida separados (45s, 45w) que suministran desecante líquido a la entrada de las bombas (44s, 44w).

60 La realización de la invención que se muestra en la Figura 2 enfría y deshumidifica una corriente de aire de procedimiento (66) que, en las aplicaciones de HVAC, comúnmente se extrae del exterior, del interior o de una combinación de las dos ubicaciones. La corriente de aire de procedimiento (66) se enfría primero en el evaporador de

refrigerante (52). Este enfriamiento disminuye la temperatura y aumenta la humedad relativa de la corriente de aire de procedimiento (63) que sale del evaporador de refrigerante (52) de modo que su humedad relativa es típicamente mayor que 90 %. La corriente de aire de procedimiento (63) con alta humedad relativa fluye a través del lecho humedecido por desecante de medio de contacto poroso (59) en el absorbente (53). Dado que el aire de procedimiento (63) tiene una humedad relativa muy alta, el desecante líquido absorbe el vapor de agua del aire de procedimiento (63), esta absorción tiene tres efectos: (a) la humedad absoluta del aire de procedimiento disminuye, (b) la concentración del desecante líquido disminuye y (c) la temperatura del aire de procedimiento aumenta (este último efecto es causado por el calor liberado en el procedimiento de absorción). Por lo tanto, en comparación con el aire de procedimiento (63) que sale del evaporador (52), el aire de procedimiento (64) sale del absorbente (53) a una humedad absoluta más baja y una temperatura más alta. La corriente de aire fresco y seco (64) se puede liberar a continuación en el edificio.

El desecante líquido que se suministra a la parte superior del absorbente (53) es más fuerte (es decir, más concentrado) que el desecante líquido que sale en la parte inferior del absorbente (53). El desecante líquido más débil (46w) se bombea desde el sumidero (45w) debajo del absorbente (53) al distribuidor (49) que suministra desecante líquido al desorbente (51). En el desorbente (51), el agua absorbida por el desecante líquido es rechazada al aire de enfriamiento caliente, de baja humedad relativa (61) que sale del condensador de refrigerante (58) y fluye a través del lecho humedecido con desecante de medio de contacto poroso (59) en el desorbente (51). Después de ganar agua en el desorbente (51), el aire de enfriamiento más húmedo (62) se descarga al ambiente (por ejemplo, se rechaza nuevamente al exterior). Después de haber rechazado el agua al aire de enfriamiento (62), el desecante líquido sale del fondo del desorbente (51) más fuerte que cuando entró en el desorbente. Este desecante más fuerte (46s) se bombea al distribuidor (49) que suministra desecante líquido a la parte superior del absorbente (53).

(En la Figura 2, el aire que gana agua a medida que fluye a través del desorbente se ha llamado "aire de enfriamiento" ya que inicialmente enfrió el condensador de la bomba de calor por compresión de vapor. En las discusiones de la tecnología desecante, este aire también se denomina "aire de regeneración" y "aire de depuración". El aire de refrigeración (61) puede ser aspirado desde el exterior del edificio).

La Figura 2 muestra una realización de la invención donde la bomba de calor es un acondicionador de aire por compresión de vapor. Además de su evaporador (52) y condensador (58), este acondicionador de aire tiene un compresor (41) que hace circular un refrigerante (43) y una válvula de expansión (42) que reduce la presión del refrigerante (43) de una presión alta cercana a la presión de descarga del compresor (41) a una presión baja cercana a la presión de succión del compresor. El acondicionador de aire por compresión de vapor también tiene ventiladores para mover el aire de enfriamiento (61) sobre el condensador y el aire de procedimiento (63) sobre el evaporador. (Los ventiladores no se muestran en la Figura 2).

El enfriamiento latente mejorado proporcionado por la invención que se muestra en la Figura 2 se puede apreciar al ver el procedimiento en el gráfico psicrométrico en la Figura 3. Para el procedimiento mostrado en la Figura 3, el aire ambiente (punto de estado A) a 30 °C (86 °F) (temperatura del bulbo seco) y 0,01889 kg/kg (lb/lb) (relación de humedad absoluta) se procesa en el evaporador de la bomba de calor y se utiliza para enfriamiento en el condensador de la bomba de calor. La velocidad de flujo volumétrico del aire utilizado para enfriamiento es cuatro veces mayor que el que se procesa.

Como se muestra en la Figura 3, el aire ambiente (punto de estado A) a procesar primero se enfría en el evaporador hacia la saturación (punto de estado B), y luego se enfría adicionalmente en el evaporador hacia el punto de estado C. En el punto de estado C, el aire de procedimiento tiene una humedad relativa cercana al 100 %. El aire de procedimiento casi saturado luego fluye a través del lecho de medio de contacto poroso humedecido con desecante en el absorbente y se seca hasta el punto de estado D. Como se explicó anteriormente, el calor se libera cuando el desecante absorbe agua y el calor liberado aumenta la temperatura del aire de procedimiento. Los efectos combinados del aumento de la temperatura y la disminución de la humedad absoluta reducen la humedad relativa del aire de procedimiento a un valor final del 49 %.

El aire ambiente (punto de estado A) que enfría el condensador de la bomba de calor sale del condensador en el punto de estado E, su temperatura ha aumentado de 30 °C a 44,44 °C (85 °F a 112 °F). La humedad relativa del aire de enfriamiento en el punto de estado E es del 35 %, que cuando se dirige al desorbente es lo suficientemente baja como para devolver el desecante líquido débil que fluye hacia el desorbente a la concentración fuerte requerida por el absorbente de desecante líquido.

La realización de la invención que se muestra en la Figura 2 de una bomba de calor que utiliza un desecante líquido para aumentar su enfriamiento latente es termodinámicamente equivalente a la implementación de desecante sólido que se muestra en la Figura 1. Tanto para las implementaciones de desecante líquido como de desecante sólido, el enfriamiento latente aumentado proporcionado por el componente desecante se puede interrumpir ya sea deteniendo

la rotación del rotor de desecante sólido o deteniendo las bombas de desecante líquido. Con el componente desecante inactivo, el acondicionador de aire funcionaría de manera similar a un acondicionador de aire de bomba de calor convencional con un rendimiento ligeramente degradado debido a las caídas de presión del lado del aire a través de los componentes desecantes inactivos. El ciclo de activación/desactivación del componente desecante podría usarse para modular la relación de enfriamiento sensible y latente proporcionada por el acondicionador de aire.

El rendimiento de las implementaciones de desecante sólido y desecante líquido se degrada por la energía térmica que se intercambia entre el lado de absorción y el lado de desorción a medida que el desecante se mueve entre estos lados (es decir, la primera limitación enumerada anteriormente para la patente de Dinnage). La implementación de desecante líquido de una bomba de calor con enfriamiento latente aumentado tiene una ventaja importante sobre su contraparte de desecante sólido en que su eficiencia se puede mejorar mediante la adición de un intercambiador de calor de líquido a líquido para preenfriar el desecante caliente que fluye del desorbente al absorbente mientras se precalienta el desecante frío que fluye del absorbente al desorbente. Esta configuración de una bomba de calor de desecante líquido utilizada para el acondicionador de aire con un intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69) se muestra en la Figura 4. Como se muestra en esta figura, el desecante fuerte y caliente (46s) del desorbente (51) intercambia energía térmica con el desecante débil y frío (46w) del absorbente, estas dos corrientes de desecante fluyen en lados opuestos de un intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69). Este intercambio de energía térmica tiene dos efectos importantes. En primer lugar, reduce la energía térmica transferida del desecante líquido al aire de procedimiento (63) en el absorbente (53), lo que aumenta la cantidad de enfriamiento proporcionada por la bomba de calor. El intercambio de energía térmica en el intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69) también calienta el desecante débil suministrado al desorbente, lo que aumenta el rechazo de agua en el desorbente.

Como se muestra en la Figura 4, los flujos de desecante fuerte (46s) y desecante débil (46w) son co-corrientes a través del intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69). Como se practica comúnmente en el diseño de intercambiadores de calor, el intercambio de energía térmica en el intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69) podría aumentarse dirigiendo los dos flujos contracorriente a través del intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69).

Las realizaciones de la invención mostradas en las Figuras 2 y 4 tienen circuitos de desecante "de una vez a través": todo el desecante que sale del desorbente (51) se bombea al absorbente (53) y todo el desecante que sale del absorbente (53) se bombea al desorbente (51). Los medios para controlar la cantidad relativa de enfriamiento latente y sensible se pueden incorporar en la invención mediante la modificación del circuito desecante de manera que las velocidades de flujo de desecante al absorbente y desorbente se controlen de manera independiente.

La Figura 5 muestra una realización de la invención en la que las velocidades de flujo del desecante hacia el absorbente y el desorbente se pueden controlar independientemente. En esta realización, el desecante fuerte (46s) del primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) se bombea a la parte superior del desorbente (51) y el desecante débil (46w) del segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53) se bombea a la parte superior del absorbente (53).

Dado que los circuitos desecantes bombeados ya no proporcionan la comunicación fluida entre el desorbente y el absorbente necesaria para transferir agua en el desecante desde el absorbente al desorbente, se debe proporcionar un medio alternativo de comunicación fluida.

En la realización mostrada en la Figura 5, el medio alternativo de comunicación fluida es un par de tubos de transferencia (40s, 40w) que conectan el segundo depósito de recogida (45w) del absorbente (53) con el primer depósito de recogida (45s) del desorbente (51) a dos elevaciones diferentes dentro del primer y segundo depósitos de recogida.

La altura y la densidad del desecante dentro de cada sumidero determina la distribución vertical de la presión hidrostática dentro de los depósitos de recogida. Cuando la altura del desecante en los dos depósitos de recogida es la misma, la presión hidrostática en el depósito de recogida con el desecante más denso (es decir, el desecante fuerte y más concentrado) siempre será mayor que la del otro sumidero a la misma elevación en los sumideros (suponiendo que ambos sumideros se encuentran en el mismo plano horizontal). Además, esta diferencia en la presión hidrostática será mayor a menores elevaciones dentro de los sumideros.

Durante el funcionamiento de la realización mostrada en la Figura 5, la absorción de agua por el desecante en el absorbente elevará el nivel de desecante en el segundo depósito de recogida (45w). De manera similar, la desorción de agua por el desecante en el desorbente reducirá el nivel de desecante en el primer depósito de recogida (45s). Se alcanzará una condición de funcionamiento en estado estacionario cuando la altura y la concentración de desecante en los dos sumideros establezcan un flujo de desecante débil desde el segundo depósito de recogida (45w) debajo

del absorbente (53) a través de la línea de transferencia superior (40w) hasta el primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) y un flujo de desecante fuerte desde el primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) a través de la línea de transferencia inferior (40s) hasta el segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53), y estos dos flujos cumplan con las condiciones de que el flujo neto de agua desde el absorbente hasta el desorbente sea igual a la velocidad a la que el agua se absorbe del aire de procedimiento y el flujo neto del componente no acuoso del desecante (por ejemplo, cloruro de litio cuando el desecante líquido es una solución acuosa de cloruro de litio) es cero.

En la realización mostrada en la Figura 5, el medio de comunicación fluida entre el desorbente y el absorbente afectará la diferencia de concentración entre el desecante más débil (46w) que se suministra al absorbente (53) y el desecante más fuerte (46s) que se suministra al desorbente (51). Un medio de comunicación fluida que promueva el intercambio de desecante entre el absorbente y el desorbente disminuirá la diferencia en la concentración de desecante, y uno que inhiba el intercambio aumentará la diferencia. Además, la cantidad de enfriamiento latente (es decir, deshumidificación) proporcionada por el absorbente disminuirá a medida que la diferencia en la concentración de desecante aumente ya que este aumento en la diferencia en la concentración de desecante refleja un desecante más débil suministrado al absorbente y un desecante más fuerte suministrado al desorbente. Al proporcionar un medio de comunicación fluida entre el desorbente y el absorbente que pueda controlar el intercambio de desecante, la fracción de enfriamiento total proporcionada por la bomba de calor que está latente puede ajustarse activamente para satisfacer la necesidad de enfriamiento latente y sensible de un edificio.

Cuando el medio de comunicación fluida consiste en dos tubos de transferencia, como se muestra en la Figura 5, el diámetro, la longitud y la elevación de la ubicación donde los tubos de transferencia (40s, 40w) se conectan a los sumideros afectarán las velocidades de intercambio de desecante fuerte y débil entre el primer y el segundo depósito de recogida (45s, 45w). En general, tubos de diámetro más largo y más pequeño restringirán el intercambio de desecante y producirán mayores diferencias en la concentración de desecante entre los dos sumideros. La reducción de la diferencia en la elevación de las ubicaciones donde los dos tubos de transferencia se conectan a los sumideros también tenderá a restringir el intercambio de desecante.

Aunque sería muy restrictivo para el intercambio de desecante, es factible reemplazar los dos tubos de transferencia (40s, 40w) mostrados en la Figura 5 con un solo tubo de transferencia. En esta realización, los dos flujos intercambiados de desecante débil y fuerte estarán ambos en el único tubo de transferencia, el desecante débil fluyendo en una dirección en la mitad superior del tubo y el desecante fuerte fluyendo en la dirección opuesta en la mitad inferior. La longitud de este único tubo de transferencia podría acortarse para reducir la restricción que impone. Además, en una realización en la que los dos sumideros comparten una pared lateral común, el tubo de transferencia podría reemplazarse con un orificio simple en la pared lateral.

Las Figuras 6, 7 y 8 muestran diferentes medios para controlar el intercambio de desecante débil y fuerte entre los dos sumideros de la invención. En la realización de la invención que se muestra en la Figura 6, una bomba de transferencia (44t) mueve un desecante débil desde el segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53) al primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) y un desecante fuerte se mueve en la dirección opuesta a través de un tubo de transferencia (40) que se conecta al primer y segundo depósito de recogida (45s, 45w) debajo de las ubicaciones donde se conectan la entrada y la salida de la bomba.

En la realización de la invención que se muestra en la Figura 7, una válvula divisora (68) situada corriente abajo de la bomba (44w) para el desecante débil desvía una parte del desecante débil (46w) al desorbente (51). El desecante fuerte regresa al segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53) a través del tubo de transferencia (40). Para las realizaciones en las que se puede controlar la válvula divisora, se puede modular el intercambio de desecante débil y fuerte entre los dos sumideros. Los beneficios de la válvula divisora (68) se pueden capturar en configuraciones en las que la válvula divisora está corriente abajo de la bomba (44s) para el desecante fuerte y configuraciones en las que la válvula divisora dirige una porción del flujo de desecante al sumidero de desecante fuerte o débil en lugar del distribuidor de desecante correspondiente.

En la realización de la invención mostrada en la Figura 8, el intercambio de desecante débil y fuerte entre el segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53) y el primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) es inducido por diferencias en la presión hidrostática, similar al intercambio en la realización mostrada en la Figura 5. Sin embargo, el intercambio en la realización mostrada en la Figura 8 es controlado por una válvula de flujo moduladora (169) que puede variar la resistencia en la línea de transferencia (40).

Las realizaciones de la invención mostradas en las Figuras 6, 7 y 8, al controlar el intercambio de desecante débil y fuerte entre los dos sumideros, proporcionan un medio para variar la concentración del desecante suministrado al absorbente y al desorbente. Como se señaló anteriormente, este control de la concentración de desecante se utilizará para controlar la fracción de enfriamiento total proporcionada por la bomba de calor que es enfriamiento latente.

La Figura 5 ilustra una realización de la invención en la que los tubos de transferencia son el único medio de comunicación fluida entre el absorbente y el desorbente. Los medios alternativos de comunicación fluida entre el absorbente y el desorbente que se muestran en las Figuras 5, 6 y 8 también podrían aplicarse a las realizaciones de la invención que se muestran en las Figuras 2 y 4 donde las bombas desecantes (44s, 44w) ya proporcionan comunicación fluida entre el absorbente y el desorbente. Cuando se aplican los medios alternativos de comunicación fluida, la bomba para el desecante débil y la bomba para el desecante fuerte se pueden controlar de forma independiente. El requisito "de una vez a través" de que todo el desecante que drena en el segundo depósito de recogida (45w) debajo del absorbente (53) se bombee al desorbente (51) y todo el desecante que drena en el primer depósito de recogida (45s) debajo del desorbente (51) ya no se aplica al absorbente (53).

El valor comercial de la invención dependerá tanto de su rendimiento como de su coste de capital. Realizaciones de la invención que simplifican su diseño, reduciendo así sus costos de fabricación, pueden producir un producto más viable comercialmente si la degradación asociada en el rendimiento no es demasiado grande.

La realización de la invención que se muestra en la Figura 9 es una simplificación en la que el desecante que sale del absorbente (53) y el desecante que sale del desorbente (51) fluyen hacia un depósito de recogida común (45c). Esta realización evita los costos de sumideros separados y los medios de intercambio de desecante entre el primer y el segundo depósito de recogida (45s, 45w). Sin embargo, con un depósito de recogida común (45c), la concentración del desecante suministrado al absorbente (53) y al desorbente (51) será la misma y, por lo tanto, esta realización simplificada no proporciona control del enfriamiento latente suministrado por la bomba de calor. Además, dado que el desecante suministrado al absorbente y el desorbente proviene de un depósito de recogida común (45c); no se puede capturar la mejora en el rendimiento proporcionada por el intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69) que se muestra en la Figura 4.

Como se explicó anteriormente, un intercambiador de calor por intercambio (69) mejora el rendimiento de una bomba de calor que utiliza un absorbente y desorbente de desecante líquido para aumentar su enfriamiento latente a través de dos efectos: (a) reduce la energía térmica transferida del desecante líquido al aire de procedimiento (63) en el absorbente (53), y (b) calienta el desecante débil suministrado al desorbente, lo que aumenta el rechazo de agua en el desorbente. En realizaciones de la invención que no utilizan un intercambiador de calor por intercambio, será importante minimizar los flujos de desecante líquido tanto al absorbente como al desorbente para que se minimicen los intercambios de energía térmica perjudicial que acompañan a estos flujos.

Tanto el absorbente (53) como el desorbente (51) de desecante líquido utilizados en las realizaciones de la invención mostradas en las Figuras 2 a 9 son adiabáticos, es decir, no tienen una fuente interna de calentamiento o enfriamiento dentro de sus lechos de medio de contacto poroso (59). Aunque los absorbentes y desorbentes de desecante líquido que forman parte de las invenciones en las patentes de EE. UU. 4.259.849 y 6.546.746 no tienen intercambio de calor interno, las condiciones bajo las cuales operan requieren que sean suministrados por flujos relativamente altos de desecante líquido. En particular, los absorbentes en ambas patentes están diseñados para enfriar y secar una corriente de aire que inicialmente está caliente y húmeda. Para realizar esta función, el desecante líquido que se suministra al absorbente debe enfriarse a una temperatura inferior a la temperatura final del aire que se está procesando. Además, como ya se ha explicado, se requieren altas tasas de inundación para que la temperatura del desecante no aumente significativamente durante la absorción exotérmica de agua por el desecante líquido.

En contraste con el funcionamiento de los absorbentes tanto en la patente de EE. UU. 4.259.849 como en la 6.546.746, el absorbente en realizaciones de la invención procesa aire que inicialmente es húmedo, pero frío (por ejemplo, aire que ha sido enfriado por el evaporador de un acondicionador de aire por compresión de vapor u otro intercambiador de calor de enfriamiento de aire). La temperatura del aire (63) a procesar será inferior a la temperatura del desecante (46w) que se suministra al absorbente. El calor se libera de nuevo a medida que el desecante líquido absorbe la humedad del aire de procedimiento, pero el aire de procedimiento a baja temperatura ahora enfría el desecante líquido y limita su aumento de temperatura. En las condiciones de funcionamiento de las realizaciones de la invención, no es necesario que el desecante fluya a una velocidad alta como un medio para limitar el aumento en la temperatura del desecante.

A modo de ejemplo, la presente invención puede tener un absorbente que funciona con un flujo de aire horizontal y un flujo de desecante vertical, y tiene las siguientes características:

60	Medio de contacto poroso: Área de superficie volumétrica del medio: Dimensiones del medio: Tasa de inundación de desecante: horizontal del medio)	láminas corrugadas de fibra de vidrio 420 m ² /m ³ (basado en el área de superficie mojada) 1,0 x 0,1 x 1,0 m (ancho x profundidad x altura) 25 l/min-m ² (basado en la superficie superior
----	---	---

ES 2 933 736 T3

Velocidad de entrada del aire:

1,3 m/s

Con estas características, el flujo total de aire y el flujo de desecante a través del medio poroso es de 1,3 m³/s y 2,5 l/min, respectivamente. A valores típicos de densidad para aire (1,2 kg/m³) y de desecante (1,25 kg/l), la relación másica del desecante líquido con respecto al aire gaseoso (L/G) es 0,033. Si el aire de procedimiento que entra en el absorbente es 12,22 °C (54 °F) y 99 % hr (0,008788 kg/kg (lb/lb) de humedad absoluta), y el desecante líquido suministrado al absorbente es 27,5 % de cloruro de litio a 29,78 °C (85, 6 °F), el aire de procedimiento que sale del absorbente será 18,83 °C (65,9 °F) y 57,5 % hr (0,007764 kg/kg (lb/lb) de humedad absoluta).

10 Será ventajoso operar el absorbente de realizaciones de la invención a velocidades de flujo bajas de desecante líquido porque (1) las velocidades de flujo bajas reducen el tamaño y la potencia de las bombas requeridas para hacer circular el desecante líquido, (2) la potencia del ventilador requerida para mover el aire a través del absorbente será menor cuando las velocidades de flujo de desecante son bajas, (3) es menos probable que las gotas de desecante líquido sean arrastradas por el aire cuando las velocidades de flujo de líquido son bajas, y (4) la penalización descrita anteriormente que acompaña a la energía térmica en el flujo de desecante líquido será menor,

Griffths describe el medio de contacto poroso para el absorbente en la patente de EE. UU. 4.259.849 como compuesto de "material de lámina corrugada impregnado con una resina termoendurecible". El medio de contacto poroso más comúnmente utilizados en los absorbentes de sistemas de desecante líquido disponibles en el mercado que utilizan 20 soluciones de sal de haluro son medios corrugados celulósicos similares a los fabricados y vendidos como CELdek © por Munters Corporation, de Aquisgrán, Alemania.

El manual de aplicación de ingeniería para CELdek © especifica que "para obtener una humectación suficiente y un rendimiento óptimo" cuando se opera con agua, la tasa de inundación para una almohadilla CELdek © 5090-15 (que 25 tiene aproximadamente la misma área de superficie volumétrica que los medios corrugados en el ejemplo anterior de la invención) no debe ser inferior a 90 l/min por metro cuadrado de superficie superior horizontal. Además, la velocidad de entrada más alta del aire que fluye horizontalmente que no conduce al arrastre de gotas líquidas de una almohadilla CELdek © 5090-15 es de 3,0 m/s. Por lo tanto, a la velocidad de inundación más baja y la velocidad del aire más alta, una almohadilla CELdek © 5090-15 convencional tendrá una relación másica de líquido a gas (L/G) igual a 0,042.

30 Es importante tener en cuenta que la tasa de inundación mínima anterior para CELdek ©-90 l/min-m²- es necesaria para obtener una buena cobertura de las superficies del medio por agua. Cuando CELdek © y el medio corrugado celulósico similar a CELdek © se utilizan con desecantes líquidos tales como soluciones de cloruro de litio, la mayor tensión superficial del desecante líquido inhibe la humectación del medio. En consecuencia, se deben utilizar tasas de inundación más altas para asegurar una buena humectación y cobertura del medio cuando el líquido es un desecante 35 líquido. Los deshumidificadores de desecante líquido fabricados y vendidos por Kathabar tendrán tasas de inundación del medio corrugado celulósico que típicamente son 240 l/min-m² (6 gpm/ft²). Dado que la densidad del desecante líquido típicamente es 1,3 veces mayor que la del agua, un absorbente en un deshumidificador de desecante líquido convencional funcionará a una relación másica de líquido a gas (L/G) más cercana a 0,147, un valor que es más de 40 cuatro veces mayor que la relación L/G para un absorbente en el ejemplo anterior de la invención.

Para capturar eficazmente los beneficios de la invención, el absorbente de desecante líquido utilizado en todas las realizaciones debe tener una buena humectación del lecho poroso de medio de contacto cuando se suministra desecante líquido al absorbente a velocidades del orden de 25 l/min por metro cuadrado de superficie superior, 45 horizontal o inferior. Como se señaló anteriormente, esta velocidad será demasiado baja para asegurar una buena humectación de las superficies de un medio corrugado celulósico.

Se ha logrado una buena humectación del medio de contacto en un absorbente a velocidades de flujo de desecante líquido de 25 l/min- m² con una solución de cloruro de litio a una concentración de sal de entre 25 % y 35 % cuando el 50 medio de contacto poroso está hecho de un sustrato que absorbe el desecante líquido. Un ejemplo de un medio de contacto poroso que absorbe el desecante líquido es el medio corrugado de fibra de vidrio fabricado y comercializado por Munters Corporation bajo el nombre comercial GLASdek ©.

Las ventajas derivadas del funcionamiento del absorbente a velocidades de flujo bajas del desecante líquido también 55 se aplicarán al funcionamiento del desorbente. Además, en las realizaciones de la invención que se muestran en la Figura 2 a la Figura 9, las propiedades del desecante líquido que se suministra al absorbente serán muy similares a las del desecante líquido que se suministra al desorbente. Debido a esta similitud en las propiedades, el diseño y el funcionamiento del desorbente serán muy similares al diseño y el funcionamiento del absorbente. De manera similar al absorbente, el rendimiento del desorbente se beneficiará de su funcionamiento a una relación másica baja de líquido 60 a gas que fluye a través del desorbente y un medio de contacto poroso con superficies de absorción de modo que sus superficies se puedan humedecer uniformemente mediante un flujo bajo de desecante líquido.

- Las Figuras 2 a la Figura 9 muestran realizaciones de la invención que aumentan el enfriamiento latente proporcionado por una bomba de calor. En estas realizaciones, un absorbente de desecante líquido recibe una corriente de aire que primero pasa a través del disipador de calor de una bomba de calor (por ejemplo, el evaporador de una bomba de calor por compresión de vapor) y el desorbente de desecante líquido recibe una corriente de aire que primero pasa a través de la fuente de calor de una bomba de calor (por ejemplo, el condensador de una bomba de calor por compresión de vapor). Además, el absorbente y el desorbente están acoplados de manera fluida de modo que una porción del desecante líquido fuerte que sale del desorbente se puede suministrar al absorbente y una porción del desecante líquido débil que sale del absorbente se puede suministrar al desorbente.
- 10 La invención también puede aumentar el enfriamiento latente proporcionado por un intercambiador de calor que enfría el aire mediante el secado del aire que sale del intercambiador de calor en un absorbente que recibe desecante líquido fuerte de una fuente externa. La Figura 10 muestra una realización de la invención en la que la radiación solar (79) que incide sobre un colector solar (83) produce agua caliente (81) que se bombea a un calentador de aire (85). El aire calentado (88) que sale del calentador de aire (85) se suministra a un desorbente de desecante líquido (51) donde el
- 15 aire calentado, que tiene una humedad relativa baja, obtiene agua del desecante líquido. El desecante líquido concentrado (46s) producido en el desorbente se bombea al absorbente de desecante líquido (53). Un intercambiador de calor de enfriamiento por aire (72) reduce la temperatura de una corriente de procedimiento de aire (66). El intercambiador de calor de enfriamiento por aire (72) que se muestra en la Figura 10 se suministra como un líquido de refrigeración (80), que puede ser un refrigerante de evaporación o fluido de transferencia de calor enfriado. El
- 20 intercambiador de calor de enfriamiento por aire (72) también podría ser el disipador de calor de una bomba de calor que no hace circular un líquido de refrigeración o refrigerante, tal como las bombas de calor denominadas (1) dispositivos termoelectrónicos, (2) enfriadores Stirling, (3) dispositivos termoelásticos, (4) dispositivos magnetoacústicos, (5) dispositivos magnetocalóricos y (6) dispositivos termoacústicos. La corriente de procedimiento enfriada de aire (63) que sale del intercambiador de calor de enfriamiento de aire (72), que ahora tiene una alta humedad relativa, entra en
- 25 el absorbente de desecante líquido (53). El vapor de agua en el aire de procedimiento enfriado es absorbido por el desecante líquido en el absorbente. El aire de procedimiento seco (64) sale del absorbente y se suministra para un uso final que requiere aire frío y seco. El desecante líquido débil (46w) que sale del absorbente se bombea al desorbente donde se regenera a una concentración fuerte.
- 30 Las características esenciales de la invención que se incorporan en el sistema que se muestra en la Figura 10 son 1) el aire de procedimiento enfriado con una humedad relativa alta se seca en un absorbente de desecante líquido que se suministra al desecante líquido cuya temperatura es superior a la del aire de procedimiento de entrada, y (2) el flujo másico del desecante líquido suministrado al absorbente es bajo en comparación con el flujo másico del aire de procedimiento, la relación másica de líquido a gas (L/G) de los dos flujos es inferior a 0,147.
- 35 En la Figura 10, el regenerador de desecante líquido que produce desecante líquido fuerte es un desorbente que recibe aire caliente de un intercambiador de calor calentado por agua caliente proporcionada por un colector solar. Muchos otros tipos de regeneradores y fuentes de calor para el regenerador podrían reemplazar el regenerador mostrado en la Figura 10 sin afectar las características esenciales de la invención mostradas en esta figura. En particular, el regenerador podría ser un dispositivo descrito comúnmente como un regenerador de aire de depuración o podría ser una caldera para desecantes líquidos. Además, la fuente de energía térmica para accionar el regenerador podría ser calor recuperado de un sistema de cogeneración o agua caliente proporcionada por un calentador de agua a gas.
- 40 La realización mostrada en la Figura 10 utiliza un circuito desecante "de una vez a través" descrito anteriormente con un intercambiador de calor por intercambio (69) que transfiere energía térmica entre el desecante líquido fuerte (46s) y el desecante líquido débil (46w). Si bien un intercambiador de calor por intercambio mejorará significativamente el rendimiento cuando el desecante líquido fuerte (46s) que sale del desorbente (51) esté caliente (como puede ser cuando el regenerador es accionado por energía térmica a alta temperatura), el circuito desecante particular que se muestra en la Figura 10 podría reemplazarse con los circuitos desecantes líquidos que se muestran en las Figuras 2,
- 50 5, 6, 7, 8 y 9.
- Las realizaciones de la invención mostradas en las Figuras 2 a 10 utilizan todos absorbentes y desorbentes adiabáticos. Se reconoce que el objetivo de aumentar el enfriamiento latente proporcionado por un intercambiador de calor de enfriamiento por aire podría lograrse mediante el procesamiento adicional del aire frío, de alta humedad relativa que sale del intercambiador de calor de enfriamiento por aire en un absorbente de desecante líquido que se enfrió internamente. Además, se reconoce que la mejora en el rendimiento de un desorbente de desecante líquido que rechaza el agua a una corriente de aire que se ha precalentado al pasar primero a través de la fuente de calor de una bomba de calor también se produciría cuando el desorbente se calentó internamente. La Figura 11 muestra una
- 60 realización de la invención similar a la que se muestra en la Figura 2, pero con una fuente interna de enfriamiento (90) en el absorbente de desecante líquido (53i) y una fuente interna de calentamiento (92) en el desorbente de desecante líquido (51i).

El absorbente enfriado internamente (53i) y el desorbente calentado internamente (51i) que se muestran en la Figura 11 podrían ser el evaporador y el condensador, respectivamente, de una bomba de calor por compresión de vapor, tanto el evaporador como el condensador que tienen superficies humedecidas con desecante. Además, el evaporador 5 y el condensador con superficies humedecidas con desecante podrían implementarse cada uno con la tecnología descrita en la patente de Lowenstein, y col., (patente de EE. UU. n.º 7.269.966).

Realizaciones de la invención con un absorbente enfriado internamente pueden suministrar aire con un punto de rocío cercano o inferior a 0 °C (32 °F) sin que se acumule hielo o escarcha en el absorbente, ya que el vapor de agua que 10 se elimina del aire de procedimiento se absorbe mediante un desecante líquido que siempre tiene una temperatura de congelación inferior a la del agua. Mientras que una bomba de calor por compresión de vapor convencional que suministra aire con un punto de rocío cercano o inferior a 0 °C (32 °F) requeriría ciclos de descongelación ineficientes en los que la temperatura del evaporador se incrementó por encima de 0 °C (32 °F) de modo que cualquier hielo y escarcha acumulados se funden y drenan del evaporador como agua, la realización de la invención aplicada a una 15 bomba de calor por compresión de vapor con un absorbente enfriado internamente podría suministrar aire al mismo punto de rocío bajo mientras funciona ininterrumpidamente por ciclos de descongelación.

Para las realizaciones de la invención que se derivan de la configuración mostrada en la Figura 11 en la que el enfriamiento inicial del aire de procedimiento (66) y el calentamiento del aire de regeneración (61) se produce en el 20 evaporador y condensador de una bomba de calor por compresión de vapor y el absorbente enfriado internamente (53i) y el desorbente calentado internamente también son el evaporador y condensador de una bomba de calor por compresión de vapor, los circuitos de refrigeración para las dos bombas de calor de compresión de vapor pueden ser independientes entre sí o pueden compartir componentes. Para realizaciones de la invención con circuitos de refrigeración que comparten componentes, los componentes que se pueden compartir incluyen el compresor, válvula 25 de expansión, receptor de refrigerante, acumulador de refrigerante, filtro de refrigerante o alguna combinación de estos componentes.

Se pueden utilizar muchos desecantes líquidos diferentes en las realizaciones de la invención descritas en esta solicitud. En aplicaciones donde la invención proporciona acondicionamiento de confort a espacios ocupados, será 30 deseable utilizar un desecante líquido cuyos componentes no acuosos tengan presiones de vapor extremadamente bajas. Como ejemplo se pueden utilizar soluciones de sales iónicas tales como cloruro de litio, cloruro de calcio, bromuro de litio, bromuro de calcio, acetato de potasio, formiato de potasio, nitrato de zinc, nitrato de amonio, nitrato de potasio como desecante líquido. Además, los líquidos iónicos y algunos polímeros líquidos funcionan como desecantes líquidos con presiones de vapor extremadamente bajas del componente no acuoso del desecante líquido. 35 En una aplicación de la invención donde se puedan tolerar trazas del desecante líquido en el aire suministrado al uso final, el desecante líquido podría ser un glicol.

Si bien se han ilustrado y descrito realizaciones particulares de la invención, sería obvio para los expertos en la materia que se pueden realizar varios otros cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define 40 por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para enfriar y deshumidificar una primera corriente de aire, que comprende:
- 5 un primer intercambiador de calor (52) que está configurado para enfriar la primera corriente de aire de una primera temperatura a una segunda temperatura más baja;
Un absorbente (53) que comprende:
- 10 un lecho poroso de medio de contacto (59) cuyas superficies están configuradas para la absorción y adaptadas para ser humedecidas por un primer flujo de desecante líquido que se suministra al absorbente (53) y a través del cual fluye la primera corriente de aire después de que se haya enfriado en el primer intercambiador de calor (52), donde una relación de una velocidad de flujo másico del primer flujo de desecante líquido dividida por una velocidad de flujo másico de la primera corriente de aire es menor que 0,147 en una condición en la que ambos flujos másicos se miden en las mismas unidades dimensionales; y
- 15 un primer depósito de recogida (45s) que está configurado para recibir el desecante líquido que fluye del lecho poroso del medio de contacto (59);
- 20 un regenerador (1) que está configurado para recibir al menos una porción del desecante líquido que fluye en el primer depósito de recogida (45s) y que está configurado para eliminar agua del desecante líquido recibido; y una o más bombas (44s, 44w) y conductos que están configurados para realizar al menos una de las acciones siguientes: intercambiar desecante líquido entre el absorbente (53) y el regenerador (1), recircular desecante líquido dentro del absorbente (53), o recircular desecante líquido dentro del regenerador (1); y
- 25 donde el dispositivo está configurado para funcionar en condiciones donde el desecante líquido elimina la humedad de la primera corriente de aire en el absorbente (53) y la segunda temperatura de la primera corriente de aire que sale del primer intercambiador de calor (52) es inferior a la temperatura del desecante líquido suministrado al absorbente (53).
2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además un segundo intercambiador de calor (58),
- 30 donde el regenerador es un desorbente (1) en el que una segunda corriente de aire que se ha calentado hasta una tercera temperatura en el segundo intercambiador de calor (58) fluye a través de un lecho de medio de contacto poroso (59) que se humedece con desecante líquido que libera humedad a la segunda corriente de aire y un segundo depósito de recogida (45w) configurado para recibir el desecante líquido que fluye desde el lecho de medio poroso (59) en el desorbente (1).
- 35 3. El dispositivo de la reivindicación 2, donde el primer intercambiador de calor (52) y el segundo intercambiador de calor (58) son un disipador térmico y una fuente térmica de una bomba de calor, donde preferentemente el primer intercambiador de calor (52) es un evaporador (52) y el segundo intercambiador de calor (58) es un condensador (58) de una primera bomba de calor por compresión de vapor.
- 40 4. El dispositivo de la reivindicación 1, donde el desecante líquido que fluye desde el absorbente (53) hacia el regenerador (1) y el desecante líquido que fluye desde el regenerador (1) hacia el absorbente (53) intercambian energía térmica en un intercambiador de calor por intercambio de líquido a líquido (69).
- 45 5. El dispositivo de la reivindicación 2, donde uno o más conductos están configurados para conectar de forma fluida el primer depósito de recogida (45s) y el segundo depósito de recogida (45w) o donde el primer depósito de recogida (45s) y el segundo depósito de recogida (45w) tienen al menos una pared en común y al menos una abertura en la al menos una pared que permite que el desecante líquido fluya entre los dos depósitos o donde el primer depósito de recogida (45s) y el segundo depósito de recogida (45w) se combinan en un único depósito de recogida
- 50 común (45c).
6. El dispositivo de la reivindicación 1, donde el medio de contacto (59) que está configurado para absorber el desecante líquido comprende láminas corrugadas de fibra de vidrio.
- 55 7. El dispositivo de la reivindicación 5, que comprende además al menos dos conductos que están configurados para conectar de forma fluida el primer depósito de recogida (45s) y el segundo depósito de recogida (45w), donde una bomba está configurada para asistir el flujo de desecante en al menos un conducto, donde preferentemente la bomba está adaptada para modularse para variar el intercambio de desecante entre el primer y el segundo depósitos de recogida (45s, 45w).
- 60 8. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además una válvula divisora (68) que está configurada para dividir el flujo que sale de una bomba en dos flujos, uno de los cuales se suministra al absorbente

(53) y/o primer depósito de recogida (45s), y el otro de los cuales se suministra al desorbente (1) y/o el segundo depósito de recogida (45w), donde preferentemente la válvula divisora (68) está adaptada para modularse de modo que se pueda controlar la magnitud relativa de los dos flujos.

5 9. El dispositivo de la reivindicación 3, donde el lecho de medio de contacto poroso (59) en el absorbente (53) no tiene una fuente interna integrada de enfriamiento y el lecho de medio de contacto poroso (59) en el desorbente (1) no tiene una fuente interna integrada de calentamiento o donde el lecho de medio de contacto poroso (59) en el absorbente tiene una fuente interna integrada de enfriamiento (90), esa fuente de enfriamiento (90) es el evaporador (52) de una segunda bomba de calor por compresión de vapor, y el lecho de medio de contacto poroso (59) en el
10 desorbente (1) tiene una fuente interna integrada de calentamiento (92), esa fuente de calentamiento (92) es el condensador (58) de una segunda bomba de calor por compresión de vapor.

10. El dispositivo de la reivindicación 9, donde la primera y la segunda bombas de calor por compresión de vapor comparten un compresor común (41).
15

11. Un procedimiento para enfriar y deshumidificar una primera corriente de aire, que comprende:

enfriar la primera corriente de aire mediante un primer intercambiador de calor (52) de una primera temperatura a una segunda temperatura más baja; humedecer las superficies de un absorbente (53) que comprende un lecho poroso de medio de contacto (59) con al primer flujo de desecante líquido que se suministra al absorbente (53) a una velocidad que produce una relación de una velocidad de flujo másico del primer flujo de desecante líquido dividida por una velocidad de flujo másico de la primera corriente de aire que es menor que 0,147 en condiciones en las que ambos flujos másicos se miden en las mismas unidades dimensionales y la superficie del medio de contacto absorbe el desecante líquido;
20

25 eliminar la humedad de la primera corriente de aire mediante el desecante líquido en el absorbente (53), donde la segunda temperatura de la primera corriente de aire que sale del primer intercambiador de calor (52) es inferior a la temperatura del desecante líquido suministrado al absorbente (53);

30 recibir por un primer depósito de recogida el desecante líquido que fluye del lecho poroso del medio de contacto (59); recibir por un regenerador (1) al menos una parte del desecante líquido que fluye hacia el primer depósito de recogida (45s) de modo que el agua se elimine del desecante líquido recibido; y al menos una de las acciones siguientes:

35 intercambiar desecante líquido entre el absorbente (53) y el regenerador (1),
recircular desecante líquido dentro del absorbente (53), o
recircular desecante líquido dentro del regenerador (1).

12. El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende al menos la etapa de intercambio de desecante líquido entre el absorbente (53) y el regenerador (1), donde el regenerador es un desorbente (51), y el procedimiento comprende además las etapas de:

40 calentar una segunda corriente de aire a una tercera temperatura en un segundo intercambiador de calor (58); hacer fluir la segunda corriente de aire a través de un lecho de medio de contacto poroso (59) que se humedece con desecante líquido
de modo que la humedad se libere a la segunda corriente de aire; y

45 recibir por un segundo depósito de recogida (45w) el desecante líquido que fluye desde el lecho de medio poroso (59) en el desorbente (51).

13. El procedimiento de la reivindicación 11, donde el primer intercambiador de calor (52) y el segundo intercambiador de calor (58) son un disipador térmico y una fuente térmica de una bomba de calor.
50

14. El procedimiento de la reivindicación 12, donde el primer depósito de recogida (45s) y el segundo depósito de recogida (45w) se combinan en un único depósito de recogida común (45c) y/o donde el lecho de medio de contacto poroso (59) en el absorbente (53) tiene una fuente interna integrada de enfriamiento (90) y el lecho de medio de contacto poroso (59) en el desorbente (1) tiene una fuente interna integrada de calentamiento (92).
55

15. El procedimiento de la reivindicación 11, donde el punto de rocío de la primera corriente de aire después de que se haya eliminado la humedad en el absorbente (53) es inferior a 0 °C (32 °F).

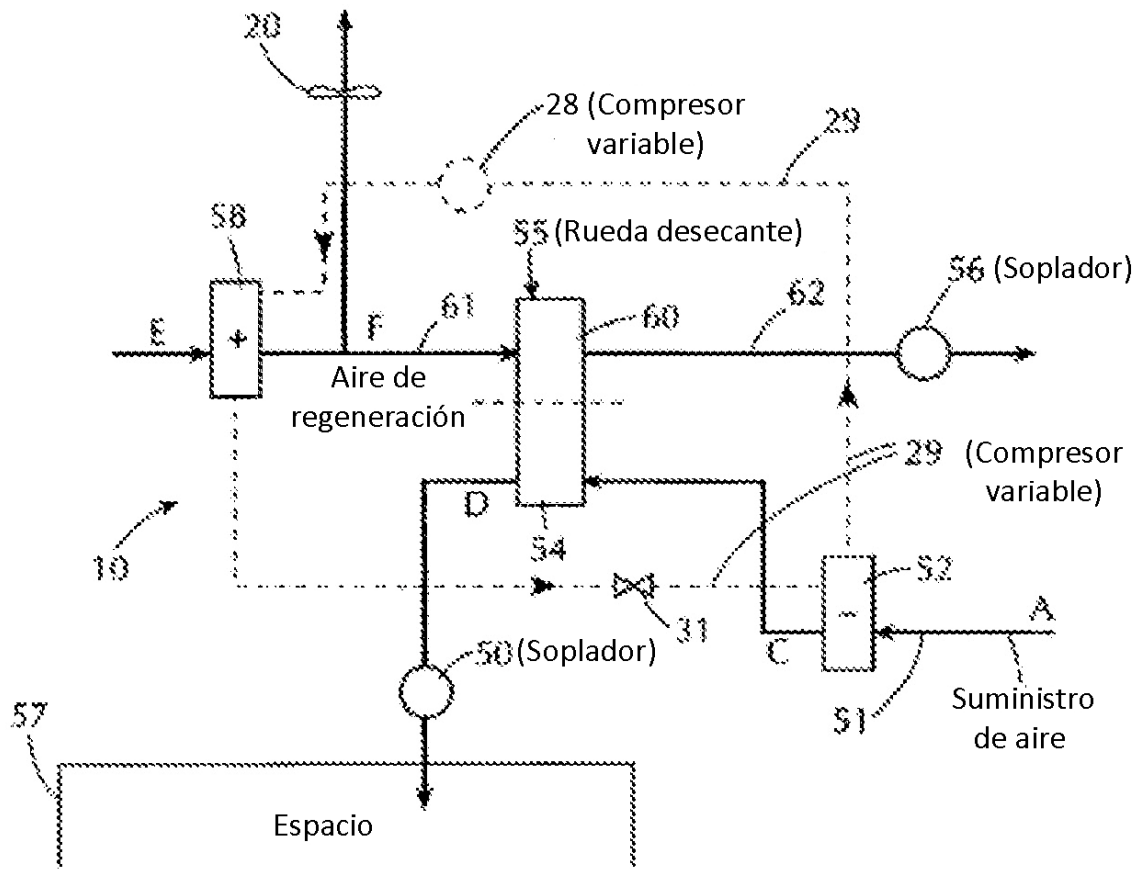


Figura 1 – Un acondicionador de aire por compresión de vapor con desecante sólido

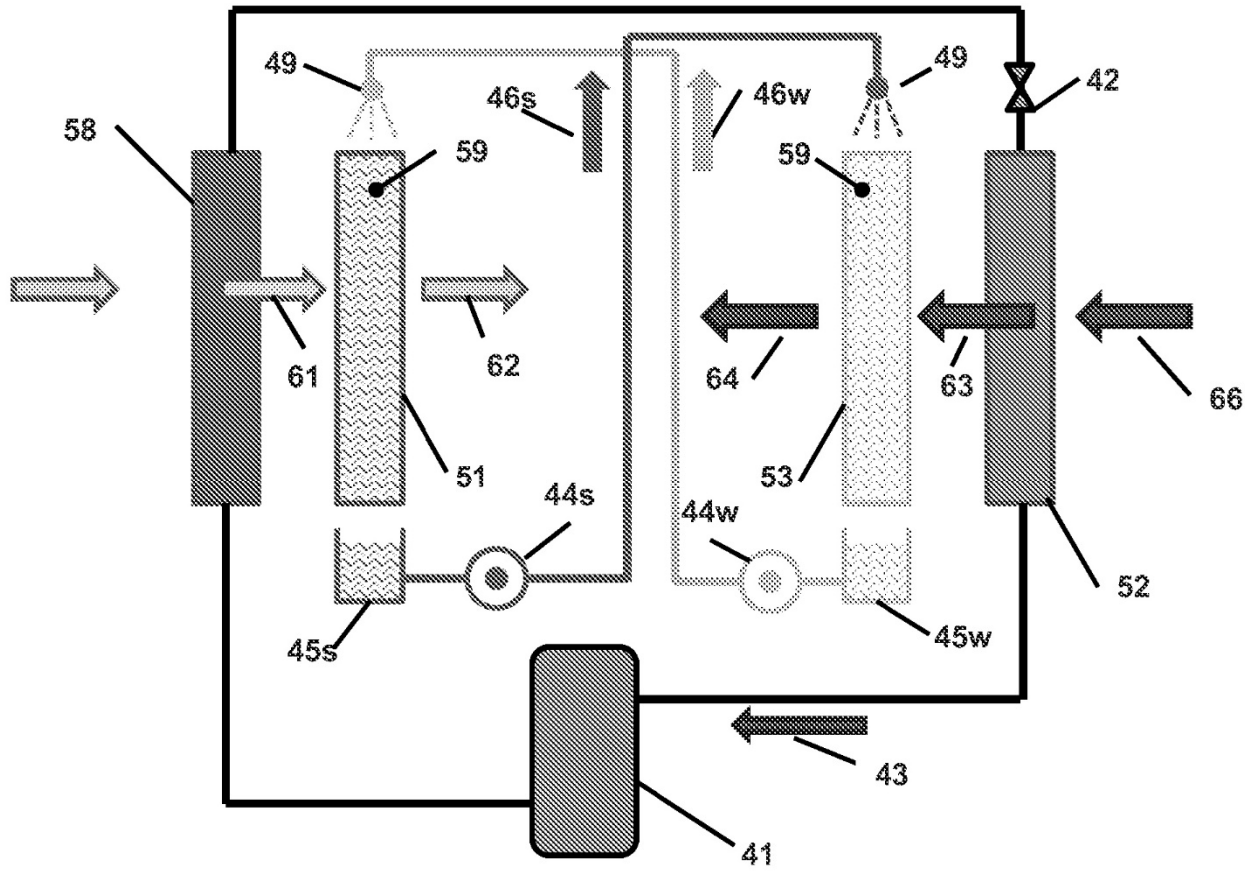


Figura 2 - Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático

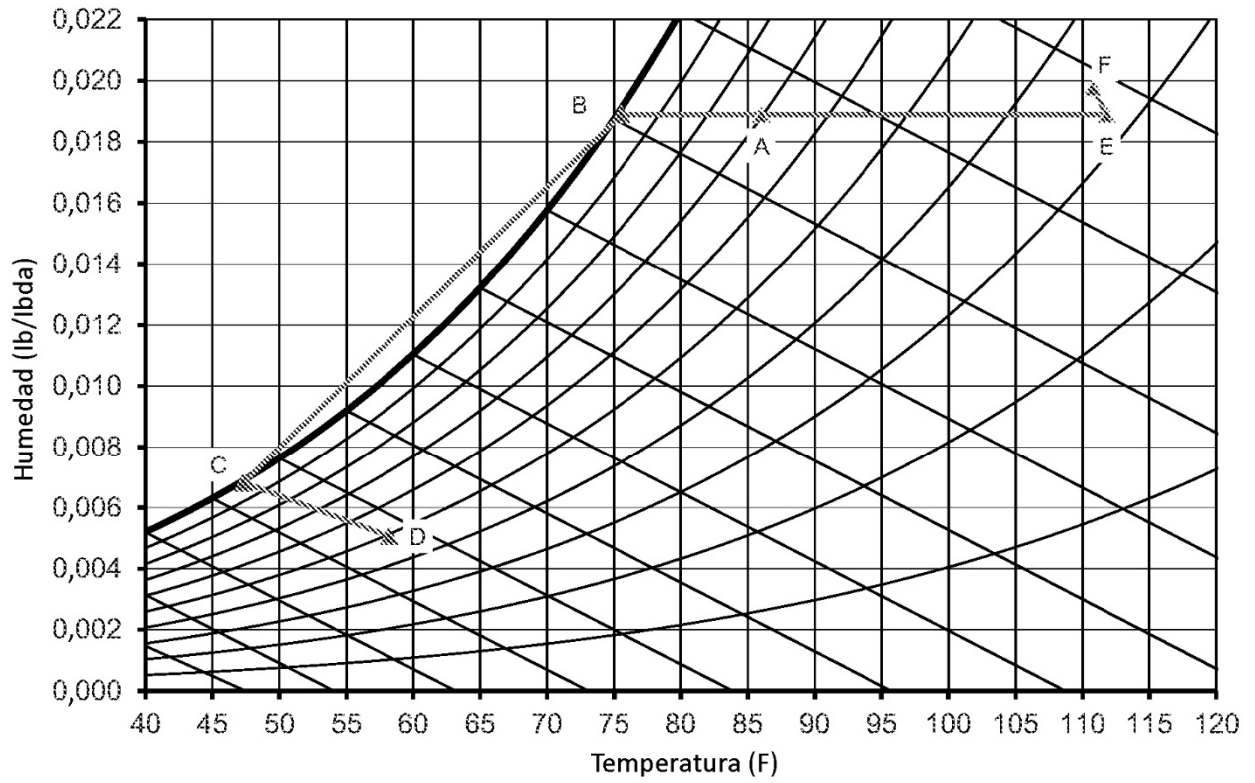


Figura 3 – Un gráfico psicrométrico que muestra los puntos de estado del aire de una bomba de calor que utiliza un absorbente y desorbente de desecante líquido para mejorar su enfriamiento latente

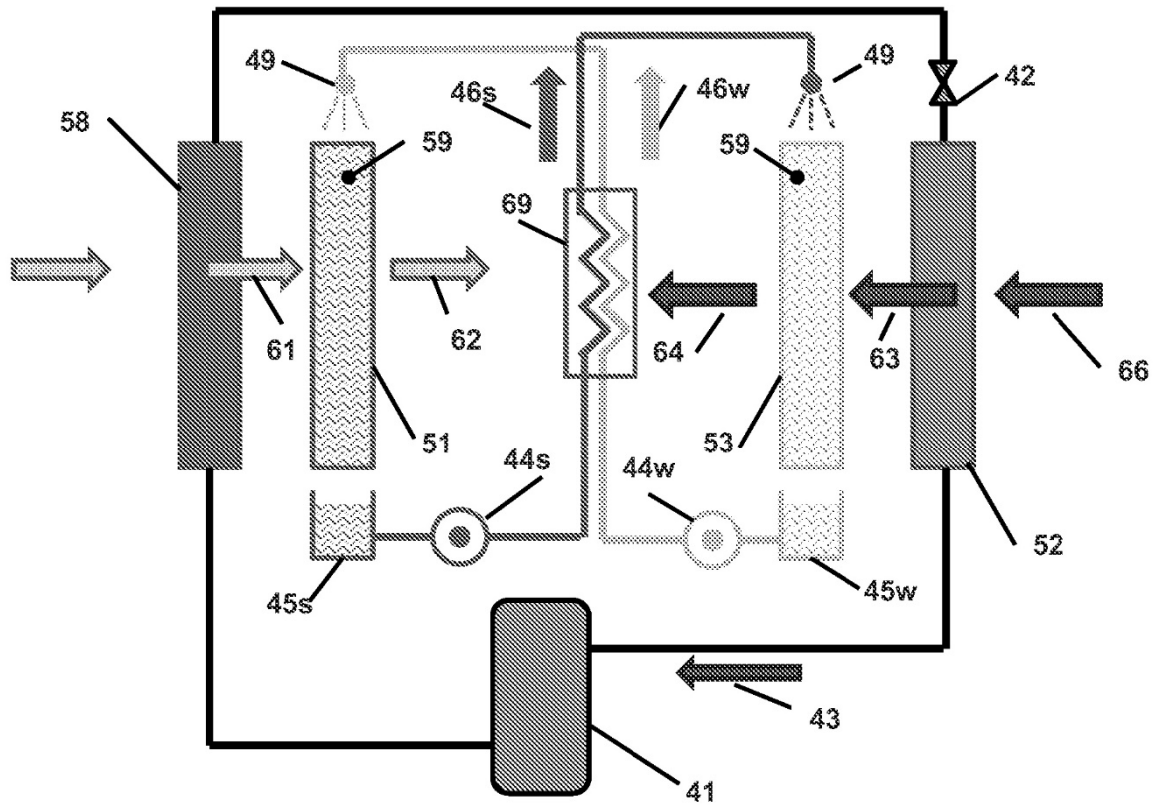


Figura 4 – Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático y con intercambiador de calor por intercambio (IHX)

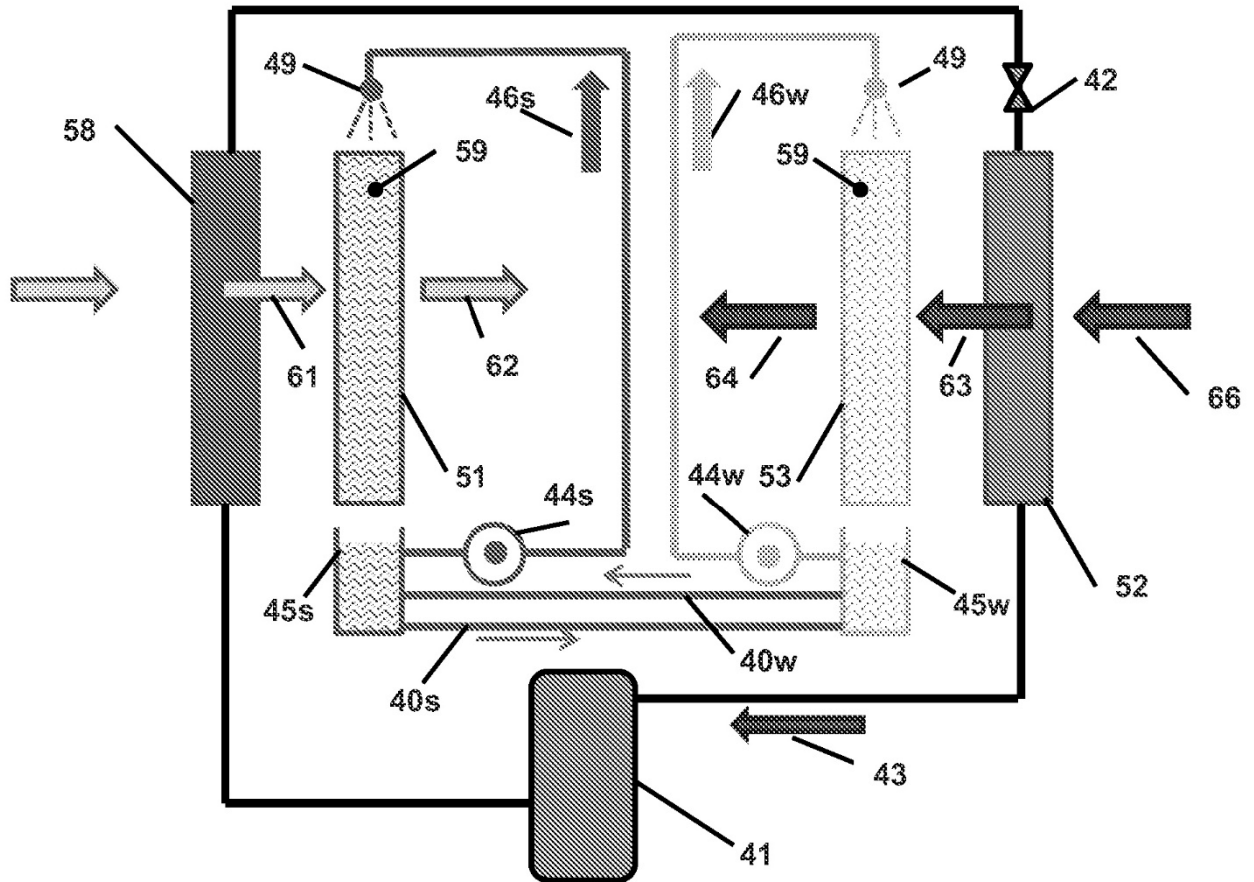


Figura 5 – Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático con intercambio pasivo de desecante líquido entre el sumidero absorbente y el sumidero desorbente

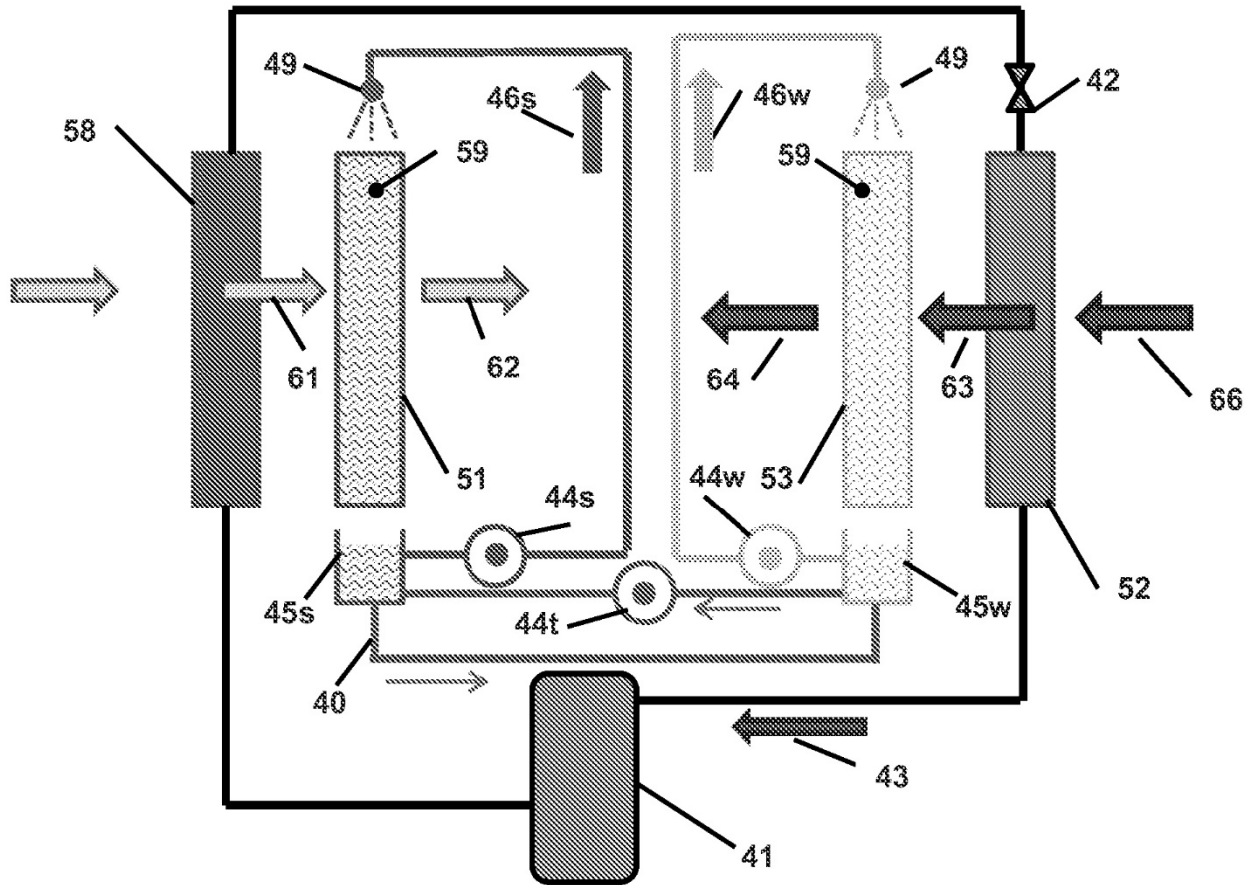


Figura 6 - Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático con intercambio bombeado de desecante líquido entre el sumidero absorbente y el sumidero desorbente

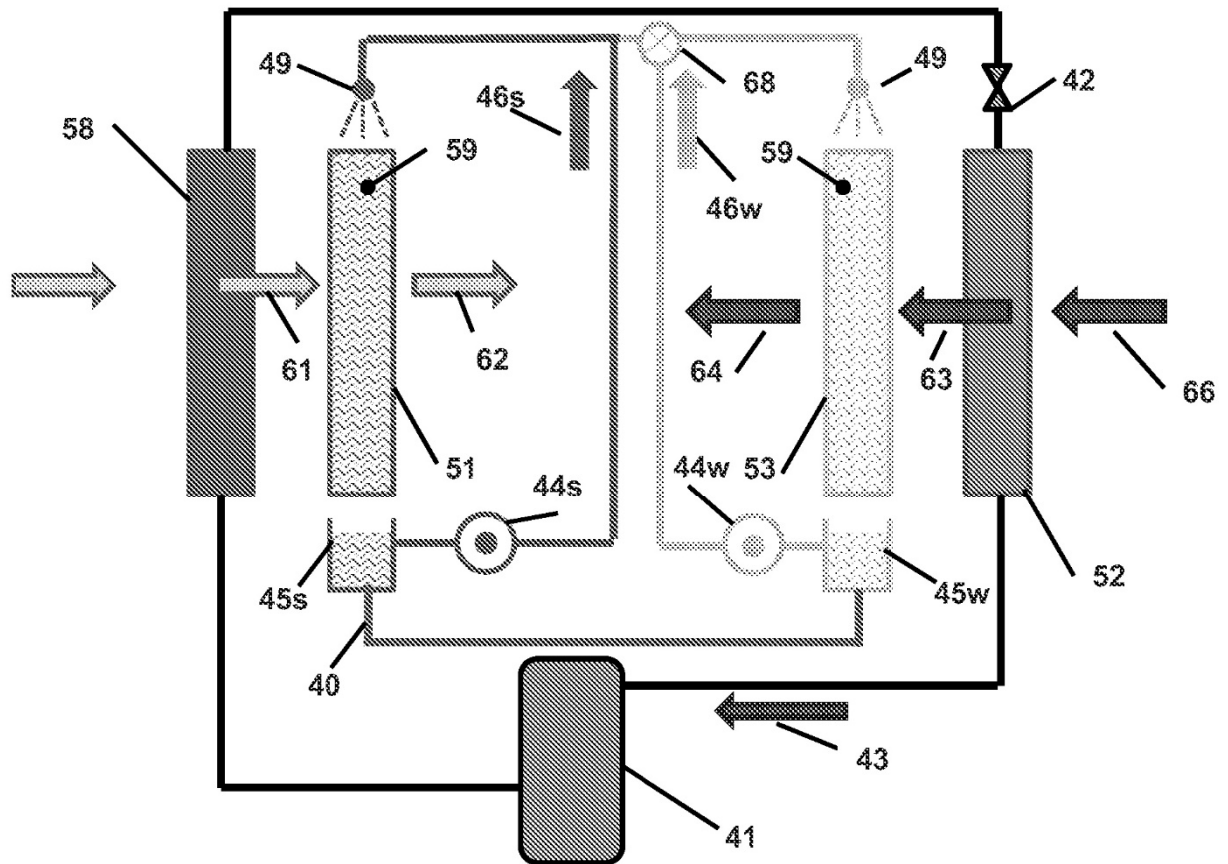


Figura 7 - Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático y el intercambio de desecante entre sumideros implementado con una válvula divisora

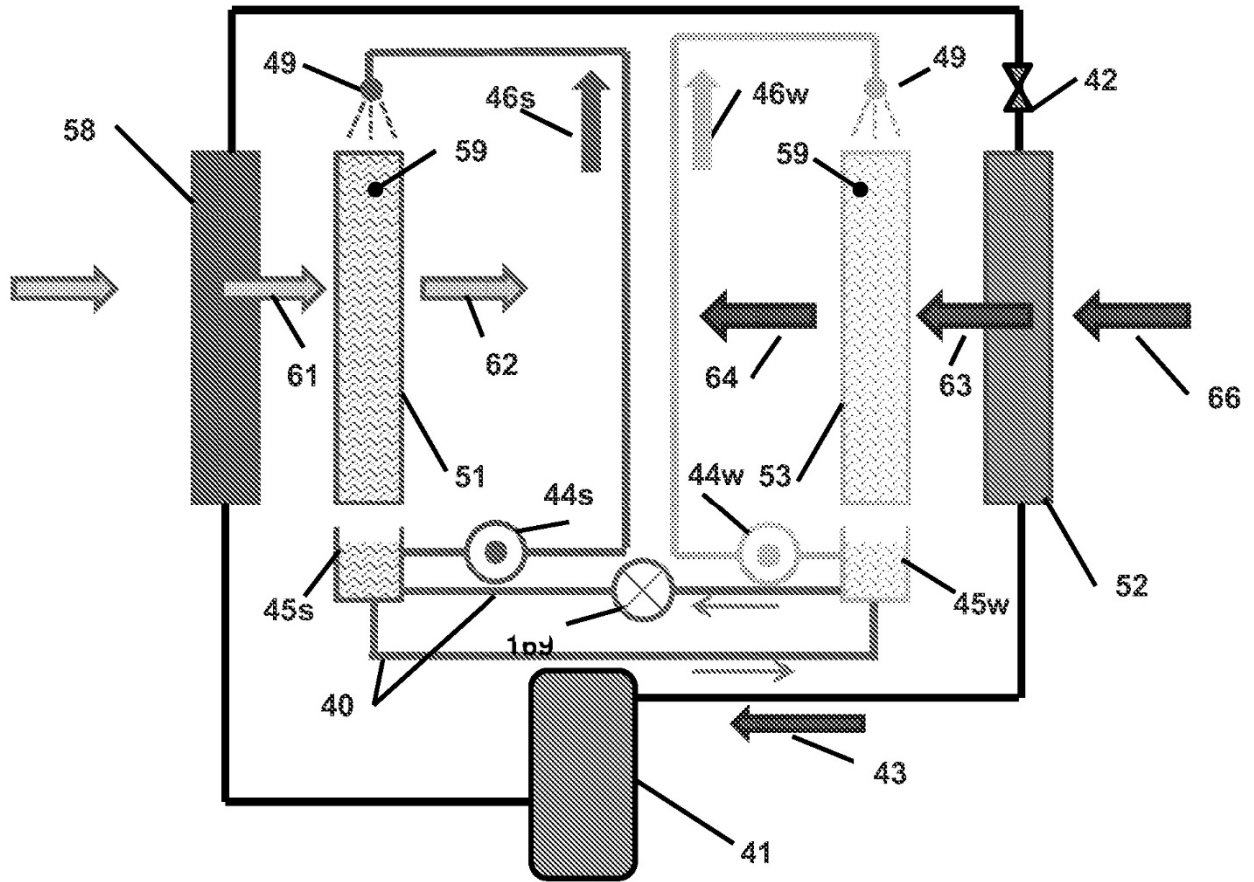


Figura 8 - Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático y con Intercambio de desecante líquido entre el sumidero absorbente y el sumidero desorbente controlado por una válvula de flujo Modulatinf.

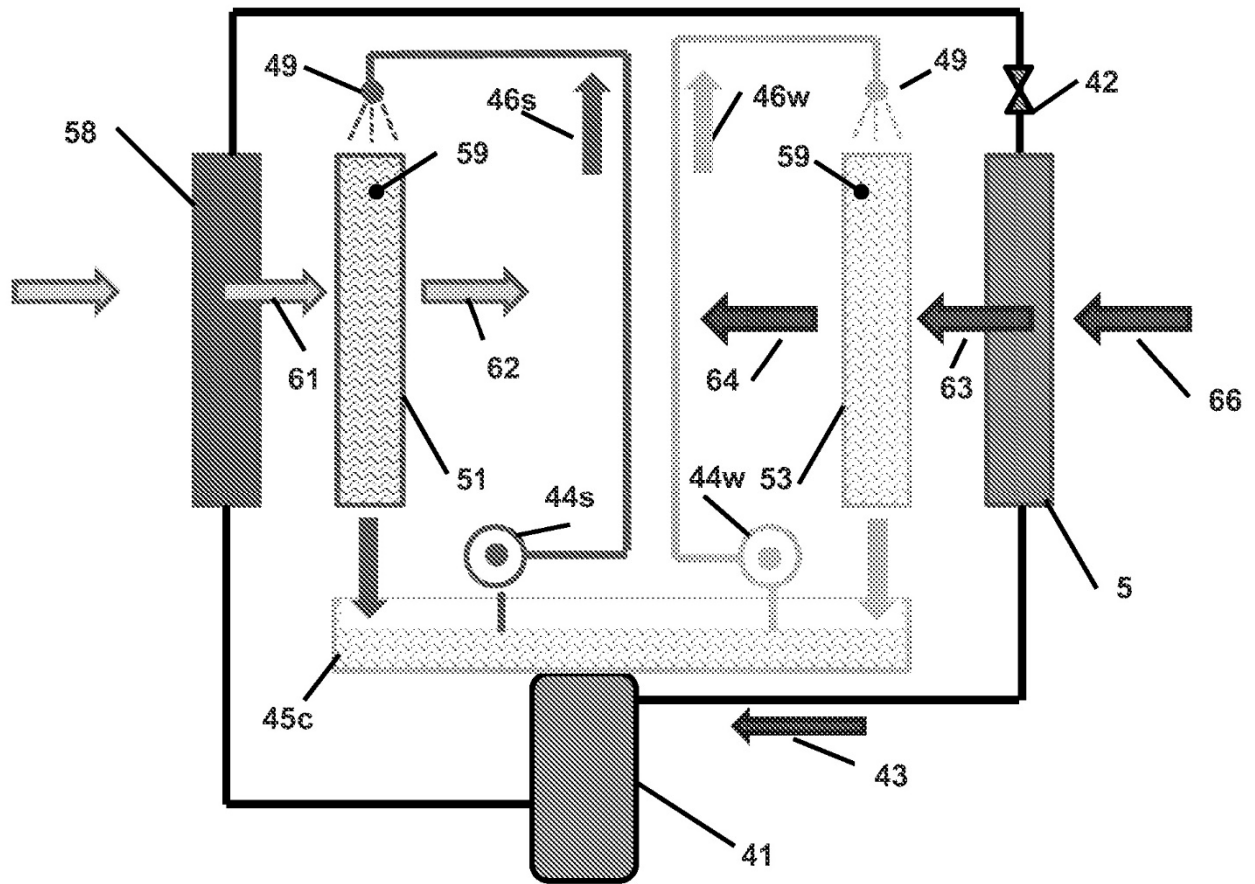


Figura 9 - Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido adiabático y un sumidero común para el absorbente y desorbente.

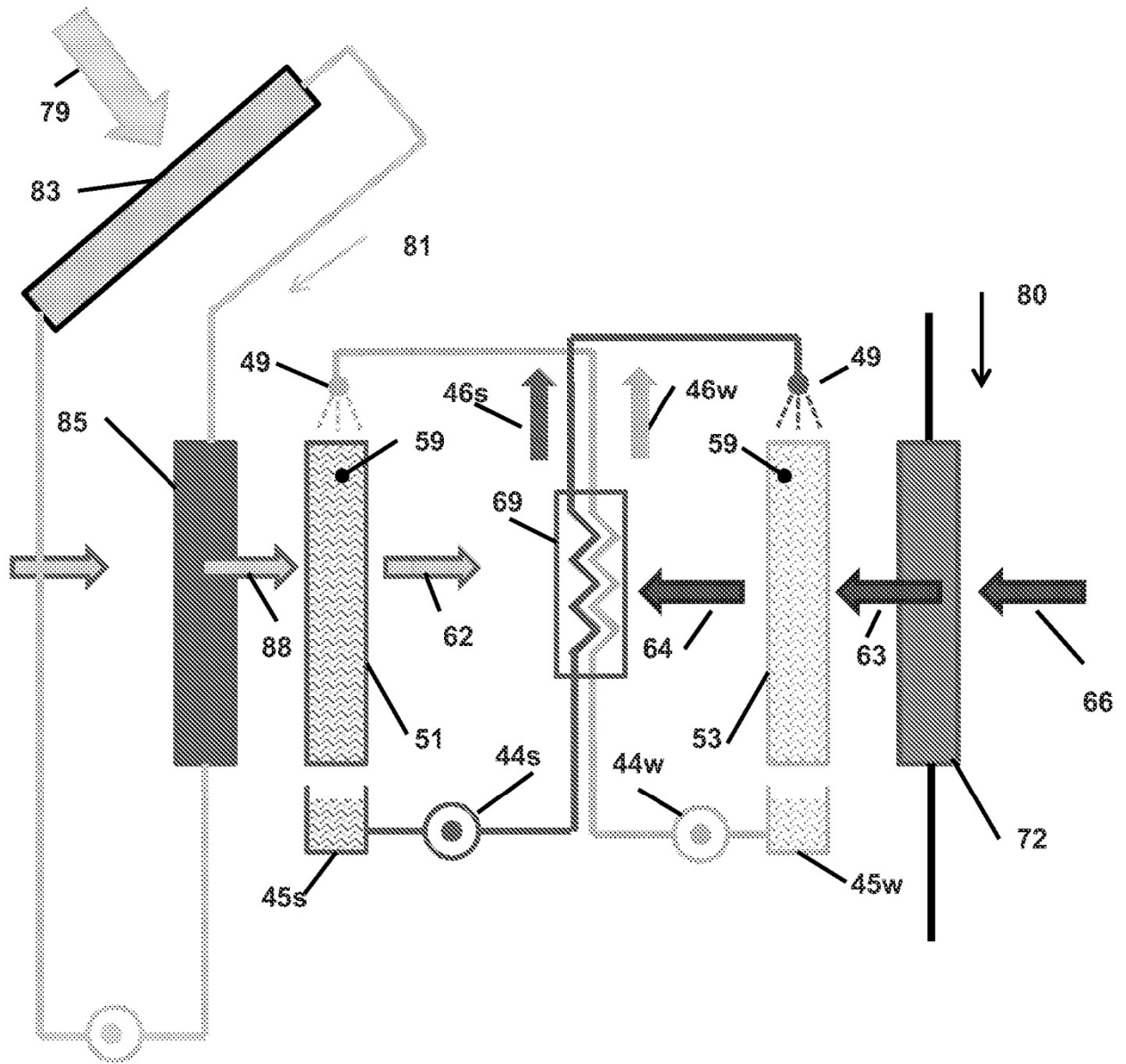


Figura 10 – Un absorbente de desecante líquido adiabático que recibe desecante líquido fuerte de un regenerador solar y que aumenta el enfriamiento latente proporcionado por un intercambiador de aire y calor

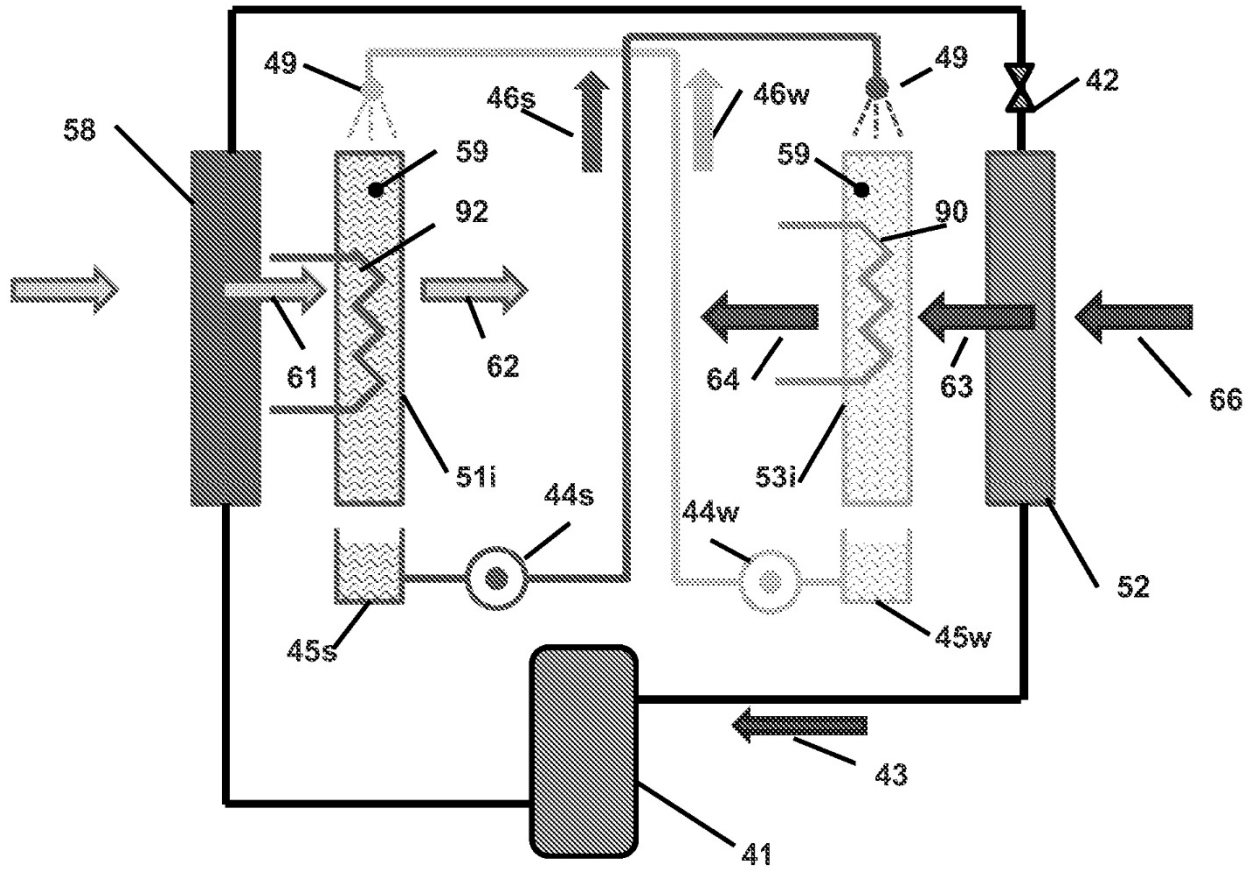


Figura 11 – Un acondicionador de aire por compresión de vapor con absorbente y desorbente de desecante líquido que tiene intercambio de calor interno