

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 307**

51 Int. Cl.:

**F25B 9/00** (2006.01)

**F25B 30/00** (2006.01)

**F22B 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08707546 .1**

96 Fecha de presentación: **04.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2115365**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.11.2009**

54 Título: **Bomba de calor, pequeña central eléctrica y procedimiento para el bombeo de calor**

30 Prioridad:  
**06.02.2007 DE 102007005930**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.08.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.08.2012**

73 Titular/es:  
**EFFICIENT ENERGY GMBH  
MÜHLWEG 2B  
82054 SAUERLACH, DE**

72 Inventor/es:  
**SEDLAK, Holger y  
KNIFFLER, Oliver**

74 Agente/Representante:  
**Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 386 307 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

Bomba de calor, pequeña central eléctrica y procedimiento para el bombeo de calor.

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una bomba de calor, y en particular a una bomba de calor con característica de generación de corriente.

10 **[0002]** La Fig. 8 muestra una bomba de calor conocida, tal y como está descrita en "Technische Thermodynamik", Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen, 14. edición revisada, Hanser Verlag, 2005, páginas 278–279. La bomba de calor comprende un circuito cerrado en el que circula una sustancia activa, como por ejemplo R 134a. A través de un primer intercambiador de calor 80 y el evaporador se extrae del suelo y del agua subterránea tanto calor que la sustancia activa se evapora. La sustancia activa, de alta energía ahora, es aspirada a través de la tubería de aspiración retirándola del compresor. En el compresor 81 se comprime, gracias a lo cual se incrementa la presión y la temperatura. Esta compresión se realiza a través de un compresor de émbolo. 15 La sustancia activa comprimida y que está a una elevada temperatura va a parar ahora al segundo intercambiador de calor 82, el licuador. En el licuador se extrae a la sustancia activa del circuito de agua de calefacción o de agua de servicio tanto calor que el medio de refrigeración se licua bajo una elevada presión y una elevada temperatura. En el órgano de estrangulación o de expansión 83 se expande la sustancia activa, es decir, la sustancia activa se relaja. En este caso se reducen la presión y la temperatura hasta que la sustancia activa vuelve a ser capaz de absorber energía del suelo o del agua subterránea. El circuito está ahora cerrado y comienza de nuevo. 20

25 **[0003]** Tal y como se puede ver a partir de esto, la sustancia activa sirve como transportador de energía para tomar calor del suelo o del agua subterránea, y entregar esta en el licuador al circuito de calefacción. En esta realización del proceso se cumple la segunda ley de la termodinámica, en la que se dice que el calor o la energía "por ella misma" sólo se puede transmitir desde el nivel más elevado de temperatura al nivel más reducido de temperatura y que esto sólo puede suceder a la inversa por medio de un suministro de energía exterior, en este caso el trabajo de accionamiento del compresor.

30 **[0004]** La Fig. 7 muestra un diagrama típico  $h, \log p$  ( $h$  es la entalpía,  $p$  es la presión de una sustancia). Entre el punto 4 y el punto 1 en el diagrama de la Fig. 7 tiene lugar la vaporización isobárica de la sustancia activa con valores más reducidos para la presión y la temperatura ( $p_1, T_1$ ). En este caso se suministra el calor  $Q_{81}$ .

35 **[0005]** Entre el punto 1 y el punto 2 tiene lugar idealmente una compresión reversible de la sustancia activa en un compresor adiabático a la presión  $p_2$ . En este caso, la temperatura sube a  $T_2$ . En este caso se ha de suministrar un trabajo de compresión.

40 **[0006]** A continuación, con una presión  $p_2$  se realiza en primer lugar una refrigeración isobárica del vapor de la sustancia activa de 2 a 2'. Se reduce el sobrecalentamiento. A continuación tiene lugar una licuación de la sustancia activa. En su conjunto, se puede retirar el calor  $Q_{25}$ .

45 **[0007]** En el dispositivo de estrangulación 83 tiene lugar entonces el estrangulamiento adiabático de la sustancia activa desde la presión elevada  $p_2$  a la presión reducida  $p_1$ . En este caso, se evapora una parte de la sustancia activa líquida, y la temperatura se reduce a la temperatura de evaporación  $T_1$ . En el diagrama  $h, \log p$  se pueden calcular y visualizar las energías y los números característicos de este proceso por medio de entalpías, tal y como se muestra en la Fig. 7.

50 **[0008]** El líquido de trabajo de la bomba de calor toma, con ello, en el evaporador, calor del entorno, por ejemplo aire, agua, aguas residuales o suelo. El licuador sirve como medio transmisor térmico para el calentamiento de un medio de calentamiento. La temperatura  $T_1$  está algo por debajo de la temperatura del entorno, la temperatura  $T_2$  considerablemente, la temperatura  $T_2'$  algo por encima de la temperatura de calefacción requerida. Cuanto mayor es la diferencia de temperatura requerida, más trabajo ha de aplicar el compresor. Por ello se tiende a mantener el incremento de temperatura lo más pequeño posible.

55 **[0009]** Haciendo referencia a la Fig. 7, con ello, en el caso ideal se realiza una compresión de los vapores de la sustancia activa a lo largo de la curva para la entropía  $s = \text{constante}$  hasta el punto 2. Desde aquí hasta el punto 3 se licua la sustancia activa. La longitud del recorrido 2-3 representa el calor útil  $Q$ . Desde el punto 3 al punto 4 se realiza la relajación, y desde el punto 4 al punto 1 la evaporación de la sustancia activa, reproduciendo el recorrido 4-1 el calor retirado a la fuente de calor. En lugar del diagrama  $T, s$ , en el diagrama  $h, \log p$  se pueden tomar los valores del calor y del trabajo como recorridos. Las pérdidas de presión en las válvulas, en las tuberías de presión y de aspiración, del compresor, etc., conforman el curso ideal del proceso cíclico en el diagrama  $h, \log p$ , y reducen la efectividad del proceso en su conjunto. 60

65 **[0010]** En el caso de los compresores de émbolo, el valor de la sustancia activa aspirada tiene en primer lugar una temperatura menor que la pared del cilindro del compresor, y extrae calor de él. A medida que avanza la compresión se incrementa finalmente la temperatura del vapor de la sustancia activa a lo largo de la pared de cilindro, de manera que el vapor de la sustancia activa entrega calor a la pared del cilindro. A continuación, cuando

el émbolo aspira y comprime de nuevo, se vuelve a pasar por debajo de la temperatura de la pared del émbolo por primera vez, y a continuación se supera, lo que lleva a pérdidas duraderas. Además será necesario y requerido un sobrecalentamiento del vapor de la sustancia activa aspirada, para que el compresor no aspire ninguna sustancia activa líquida. También representa una desventaja, en particular, el intercambio de calor con el circuito de aceite del compresor del émbolo, que es imprescindible para el engrase.

**[0011]** Las irreversibilidades que se producen, como las pérdidas de calor en la compresión, las pérdidas de presión en las válvulas y las pérdidas de corriente en la tubería de presión al licuador y en el licuador elevan la entropía, es decir, el calor que ya no se puede volver a recuperar. Además, también la temperatura  $T_2$  está por encima de la temperatura de licuación. Una “entalpía de sobrecalentamiento” de este tipo es indeseada, en particular, ya que las elevadas temperaturas que se producen con ella aceleran el envejecimiento del compresor, y en particular del aceite lubricante en un compresor de émbolo. También se reduce la efectividad del proceso.

**[0012]** La sustancia activa licuada a baja temperatura en la salida del licuador se debería relajar en el marco de un proceso cíclico ideal a través de una máquina motriz, por ejemplo una turbina, para aprovechar el exceso de energía que se ha originado respecto al estado con la temperatura y la presión antes de la compresión. Por razones del elevado coste requerido para esto no sucede esta medida, y la presión de la sustancia activa es reducida por medio del dispositivo de estrangulación 83 de modo brusco a la presión menor y a la temperatura menor. La entalpía de la sustancia activa permanece en este caso aproximadamente igual. Por medio de la brusca reducción de la presión, la sustancia activa se ha de evaporar parcialmente para reducir su temperatura. El calor de evaporación requerido procede de la sustancia activa que se encuentra con exceso de temperatura, es decir, no se extrae de la fuente de calor. La totalidad de las pérdidas ocasionadas por medio de la relajación en el dispositivo de estrangulación 83 (Fig. 8) se designa como pérdidas por relajación. En este caso se trata de pérdidas de exergía, ya que el calor de la temperatura  $T$  se convierte en calor de la temperatura  $T_0$ . Estas pérdidas se pueden reducir cuando la sustancia activa líquida puede entregar su calor a un medio de una temperatura menor que  $T$ . Esta entalpía de refrigeración se puede aprovechar por medio de un intercambio de calor interno, que sin embargo requiere nuevamente, e igual que antes, un coste adicional de un aparato. Además, principalmente, el intercambio de calor principal está sometido a un límite, ya que en la compresión de los vapores se incrementa la temperatura de sobrecalentamiento  $T_2$ , gracias a lo cual se pueden volver a compensar parcialmente las ganancias conseguidas, y también se pueden cargar térmicamente la máquina y el aceite lubricante de modo reforzado. Finalmente, por medio del sobrecalentamiento se incrementa el volumen del vapor, gracias a lo cual se reduce la potencia calorífica volumétrica. Se usa este calor ahora para el precalentamiento de los vapores que fluyen al licuador de la sustancia activa en lo que sea necesario, para que todas las gotitas contenidas en el vapor de la sustancia activa sean convertidas con seguridad en vapor.

**[0013]** Por lo general se puede decir que la relación de la diferencia de entalpía entre el punto 1 y el punto 4 respecto a la diferencia de entalpía entre el punto 2 y el punto 1 del diagrama  $h, \log p$  es una medida para rentabilizar del proceso de las bombas térmicas.

**[0014]** Una sustancia activa popular en la actualidad es R134a, que tiene como fórmula química  $CF_3-CH_2F$ . En este caso se trata de una sustancia activa que ciertamente ya no daña el ozono, pero que, sin embargo, por lo que se refiere al efecto invernadero, tiene un efecto 1000 veces más potente que el dióxido de carbono. La sustancia activa R134a, sin embargo, se usa ampliamente, ya que tiene una diferencia de entalpía relativamente grande de aproximadamente 150 kJ/kg.

**[0015]** Aunque esta sustancia activa ya no es un “destructor de ozono”, existen sin embargo requerimientos considerables relativos al cierre del circuito de la bomba de calor, de tal manera que no salga de este circuito cerrado ninguna molécula de sustancia activa, ya que esta ocasionaría daños muy considerables debido al efecto invernadero. Este encapsulado origina costes adicionales considerables en la construcción de una bomba de calor.

**[0016]** Además, se ha de partir del hecho de que hasta la puesta en marcha de la siguiente etapa del protocolo de Kyoto, debido al efecto invernadero también se prohíbe el R134a hasta el año 2015, lo que ya ha sucedido anteriormente con medios considerablemente menos dañinos.

**[0017]** Debido a ello, también representa una desventaja en las bombas térmicas existentes, además del hecho de la sustancia activa dañina, el hecho de que como consecuencia de las muchas pérdidas en el circuito de la bomba de calor el rendimiento de la bomba de calor típicamente no esté por encima de un factor 3. En otras palabras, se puede retirar aproximadamente el doble de la energía que se ha empleado para el compresor de la fuente de calor, como por ejemplo el agua subterránea o el suelo. Cuando se consideran ahora bombas térmicas en las que el compresor está accionado con corriente eléctrica, y cuando se considera al mismo tiempo que el rendimiento en la generación de corriente posiblemente es igual al 40 %, entonces resulta que —por lo que se refiere al balance energético en su conjunto— presenta dudas el uso de una bomba de calor. Referido al portador de energía primario, se proporciona un  $120\% = 3 \cdot 40\%$  de energía calorífica. Una instalación de calefacción convencional con un quemador llega después de todo a rendimientos del 90 – 95 %, es decir, con un elevado coste técnico, y con ello financiero, se consigue únicamente una mejora del 25 – 30 %.

**[0018]** Los sistemas mejores usan para el accionamiento del compresor energía primaria. Así pues, se quema gas o aceite, para crear la potencia de compresión con la energía que se libera por medio de la compresión. Representa una ventaja en esta solución el hecho de que el balance energético es realmente positivo. Esto se debe a que como energía de accionamiento se puede obtener únicamente aproximadamente sólo un 30 % del portador de energía primario, pero para ello se ha de recurrir a un el calor de escape de, entonces, aproximadamente un 70 % con la calefacción. La energía calorífica proporcionada tiene un valor entonces del  $160 \% = 3 \cdot 30 \% + 70 \%$  del portador de energía primario. Sin embargo, representa una desventaja en esta solución el hecho de que un hogar, aunque ya no tiene una calefacción clásica, necesite sin embargo un motor de combustión y un depósito de combustible. El coste para el motor y el depósito de combustible se añaden al coste para la bomba de calor, que es ya un circuito altamente cerrado como consecuencia del refrigerante dañino para el medio ambiente.

**[0019]** Todas estas cosas han llevado a que las bombas de calor sólo se hayan podido acreditar de modo condicionado en competencia con otros modos de calefacción.

**[0020]** Una bomba de calor se caracteriza, así pues, por el hecho de que la energía mecánica se introduce en un sistema, y la energía térmica se extrae de un nivel de temperatura más elevado. El balance de la bomba de calor es positivo cuando la energía extraída en el nivel de temperatura elevado es al menos mayor que la energía eléctrica usada para la compresión. En este caso se ha de considerar, naturalmente, que cuando se parte del consumo de energía primaria, la energía eléctrica también ha sido generada sólo con un rendimiento limitado, por ejemplo, por medio de un proceso de combustión.

**[0021]** Por otro lado, en las instalaciones frigoríficas se extrae en un circuito cerrado de la fuente de calor energía térmica por medio del medio de refrigeración que se evapora, por medio de un compresor empleando energía mecánica se bombea y finalmente se vuelve a condensar, para así entregar la energía térmica adicionalmente a la energía mecánica al sumidero de calor. Típicamente se trabaja aquí con una sobrepresión referida a la presión atmosférica.

**[0022]** También en instalaciones a escala industrial, como por ejemplo centrales nucleares, se evapora agua, haciendo que la energía primaria se convierta en calor, que lleva a que el agua se evapore, gracias a lo cual se accionan turbinas de vapor, que a su vez accionan un generador. El vapor del agua se condensa en torres de refrigeración enormes, para volver a conseguir el agua. En este caso se origina energía eléctrica o mecánica y calor de escape. Una desventaja fundamental de una central de este tipo, a parte de los problemas políticos, son también los inmensos costes de fabricación, y la centralización que va unida con ello.

**[0023]** El documento DE OS 2745127 da a conocer un procedimiento para el accionamiento de una bomba de calor o una máquina frigorífica, en el que un flujo de sustancias se calienta en un transmisor de calor, y se suministra como líquido o como vapor saturado a una máquina de expansión. La máquina de expansión acciona una máquina de compresión, que comprime un vapor aspirado por un vaporizador. El vapor comprimido es suministrado a un condensador. La máquina de expansión y la máquina de compresión están acopladas mecánicamente.

**[0024]** El documento US2004/0088992 A1 da a conocer una bomba de calor según el preámbulo de la reivindicación 1.

**[0025]** El objetivo de la presente invención reside en crear una bomba de calor que se pueda emplear de modo eficiente y flexible.

**[0026]** Este objetivo se consigue por medio de una bomba de calor según la reivindicación 1, o por medio de un procedimiento para el bombeo de calor según la reivindicación 9.

**[0027]** La presente invención se basa en el conocimiento de que una bomba de calor con una primera sección a través de la cual se consigue energía térmica por medio de la compresión de vapor bajo el empleo de energía mecánica a un nivel de temperatura elevado, se puede combinar de modo óptimo con una segunda sección, en la que se comprime un líquido de trabajo líquido, y el líquido de trabajo líquido que se encuentra bajo una presión elevada se evapora usando una fuente de energía externa. El valor que está bajo presión elevada se relaja a través de una turbina, gracias a lo cual se genera energía eléctrica, suministrándose a continuación el vapor que sale de la turbina, que está a una presión reducida y a una temperatura comparativamente reducida, al mismo licuador, que también actúa en la primera sección de la bomba de calor como licuador. La bomba de calor conforme a la invención comprende, con ello, tres zonas de presión diferentes. La primera zona de presión es la zona con la presión más baja, en la que el líquido de trabajo, con una presión reducida, y con ello también con una temperatura reducida, se evapora. En un ejemplo de realización preferido de la invención, la presión de esta zona de presión reducida está en valores por debajo de 20 hPa.

**[0028]** La compresión del vapor lleva a un vapor de agua comprimido, que está a una segunda presión elevada. Como consecuencia de la compresión del vapor sube la temperatura del vapor al nivel de temperatura más elevado, pudiéndose extraer calor del vapor por medio de licuado del vapor comprimido, y pudiéndose emplear, por ejemplo, para la calefacción de edificios. La segunda presión se encuentra al menos 5 hPa por encima de la primera presión, y tiene un valor, típicamente, que es incluso aproximadamente el doble de la primera presión.

5 **[0029]** En la segunda sección de la bomba de calor, al contrario que en la primera sección, no se comprime vapor, sino un líquido de trabajo líquido, en el que para ello, en contraposición a la compresión de vapor, son suficientes dispositivos relativamente baratos, en concreto típicamente bombas de agua, que tienen un consumo de potencia de pocos vatios. La tercera presión que tiene el agua puesta a presión va de 0,5 a 3 MPa, lo que se corresponde con temperaturas de evaporación, si pensamos en agua, que van aproximadamente de 120 a 235 grados Celsius.

10 **[0030]** Suministrando energía externa se evapora el agua que está bajo presión, siendo esta energía externa un flujo de gas de escape de un quemador o una disipación del calor de un colector solar. El vapor caliente que está bajo una presión muy elevada, y que es especialmente elevada, en particular, en comparación con la zona con presión reducida, en la que está el licuador, en concreto, es mayor, por ejemplo, en un factor 500, se relaja a través de una turbina en la región con baja temperatura, en la que también reina una temperatura baja, como por ejemplo una temperatura en el orden de magnitud de 30 a 40 grados, que se puede usar sin más directamente para alimentar la calefacción del suelo.

20 **[0031]** Según la presente invención se usa, con ello, en la segunda sección de la bomba de calor la energía proporcionada de modo externo para, por un lado, generar corriente eléctrica, que o bien se puede alimentar en la red, y puede accionar el compresor de la primera sección de la bomba de calor, o que puede accionar el compresor de la primera sección de la bomba de calor, o que se alimenta al menos parcialmente en la red y parcialmente puede accionar el compresor, y adicionalmente se obtiene energía térmica en el licuador, que se puede emplear sin más para la calefacción del edificio. Es especialmente ventajoso el hecho de que en la salida de la turbina haya un vapor de líquido de trabajo que es relativamente similar en sus características de temperatura y de presión al vapor de líquido de trabajo que se genera desde la región de presión con la primera región baja mediante la compresión.

25 **[0032]** Según la invención, así pues, se retira a una fuente de calor energía por medio de evaporación, pudiendo ser esta una bomba de calor un colector solar, un horno de leña, un horno de bolas u otro quemador. Esta energía se convierte parcialmente en energía mecánica, suministrándose el resto en la condensación a un sumidero de calor. El sumidero de calor es idéntico a un sumidero de calor típico de una bomba de calor que se basa en una compresión de vapor, tal y como es adecuada, por ejemplo, para la calefacción de edificios.

30 **[0033]** Preferentemente, como líquido de trabajo o medio de refrigeración se usa agua, existiendo ya, como consecuencia de la primera sección de la bomba de calor, una región de baja presión por medio de la que se garantiza que se obtenga una elevada diferencia de presión, en concreto una diferencia entre la presión elevada que tiene el vapor generado a partir del suministro externo de energía y la presión reducida que existe en el licuador. Por medio de esta región de baja presión se hace posible que el proceso empleado se pueda hacer útil a pequeña escala, en concreto para el calentamiento de edificios, y que con ello se pueda emplear de modo descentralizado con todas las ventajas.

35 **[0034]** Además se prefiere conectar la primera sección de la bomba de calor y triplicar la energía calorífica que se puede conseguir de este modo que se encuentra en un portador de energía primaria. Esto se consigue gracias al hecho de que la energía liberada por medio de la combustión no se emplee directamente para el calentamiento de agua, sino que se emplee para evaporar el agua que se encuentra a alta presión, gracias a lo cual, como consecuencia de la relajación en la región con la segunda presión se genere corriente eléctrica, que se emplee entonces, al menos parcialmente, para la compresión del vapor que se genera en la primera sección de la bomba de calor.

40 **[0035]** En los ejemplos de realización preferidos se usa en la primera y en la segunda sección agua. En comparación con la sustancia activa usada hoy en día de modo habitual R134a, el agua tiene además una relación de las diferencias de entalpía considerablemente mayor. La diferencia de entalpía, que es decisiva para el grado de la efectividad del proceso de las bombas de agua, tiene un valor en el caso del agua de aproximadamente 2500 kJ/kg, lo que es aproximadamente 16 veces la diferencia de entalpía útil del R134a. La entalpía del compresor que se ha de usar, por el contrario, sólo es 4 – 6 veces mayor, dependiendo del punto de trabajo.

45 **[0036]** Además, el agua no daña el medio ambiente, ni como destructora de ozono ni haciendo más severo el efecto invernadero. Esto hace posible que las bombas de calor se puedan construir de un modo considerablemente más fácil, ya que los requerimientos referidos al cierre del circuito no son altos. En su lugar, incluso se prefiere apartarse completamente del proceso cerrado, y en su lugar hacer un proceso abierto en el que el agua subterránea o el agua que representa la fuente de calor exterior se evapore directamente.

50 **[0037]** Preferentemente el evaporador está conformado de tal manera que presenta un espacio de evaporación en el que la presión de evaporación es menor de 20 hPa (hectopascal), de manera que el agua se evapora a temperaturas por debajo de 18°C, y preferentemente por debajo de 15°C. El agua subterránea típica tiene en el hemisferio norte temperaturas entre 8 y 12°C, lo que requiere presiones de por debajo de 20 hPa, para que el agua subterránea se evapore, para a través de la evaporación del agua subterránea conseguir una reducción de la temperatura del agua subterránea, y con ello una extracción de calor, por medio de la cual se puede operar una calefacción de un edificio, por ejemplo una calefacción de suelo.

5 **[0038]** El agua representa además la ventaja de que el vapor de agua adopta un volumen muy grande, y que, con ello, para la compresión del vapor de agua ya no se ha de hacer uso de una máquina de desplazamiento, como una bomba de émbolo o algo similar, sino que se puede emplear un compresor de alta potencia en forma de un compresor del tipo dinámico, como un compresor radial, que se puede manejar bien en la técnica, y que es barato en relación a su fabricación, ya que existe en un gran número de piezas, y se emplea hasta el momento, por ejemplo, como turbina pequeña o como compresor turbo en automóviles.

10 **[0039]** Un representante prominente de la clase del compresor del tipo dinámico, en comparación con las máquinas de desplazamiento, es el compresor radial, por ejemplo, en forma de un compresor turbo con rodete radial.

15 **[0040]** El compresor radial o bien el compresor del tipo dinámico ha de alcanzar al menos una compresión de modo que la presión de salida del compresor radial sea mayor en 5 hPa que la presión de entrada en el compresor radial. Preferentemente, sin embargo, una compresión estará en una relación mayor que 1:2, e incluso mayor que 1:3.

20 **[0041]** Los compresores del tipo dinámico tienen, además, en comparación con los compresores de émbolo usados típicamente en circuitos cerrados, la ventaja de que las pérdidas del compresor como consecuencia del gradiente de temperatura existente en el compresor del tipo dinámico, en comparación con una máquina de desplazamiento (compresor de émbolo) en el que no existe un gradiente de temperatura de este tipo, están fuertemente reducidas. Es especialmente ventajoso que se prescindan totalmente de un circuito de aceite.

25 **[0042]** Además, se prefieren especialmente compresores del tipo dinámico de varias etapas, para alcanzar la compresión relativamente elevada que, para alcanzar también para los días fríos de invierno una temperatura de salida suficiente de una calefacción, han de tener el factor 8 a 10.

30 **[0043]** En un ejemplo de realización preferido se emplea un circuito abierto completo en el que se lleva agua subterránea a baja presión. Un ejemplo de realización preferido para la generación de una presión por debajo de 20 hPa para agua subterránea viene dado por el uso sencillo de un tubo ascendente, que desemboca en un espacio de evaporación hermético a la presión. Cuando el tubo ascendente sobrepasa una altura entre 9 y 10 m, entonces en el espacio de evaporación se ha la baja presión requerida con la que se evapora el agua subterránea con una temperatura entre 7 y 12°C. Puesto que los edificios típicos tienen una altura de al menos 6 a 8 m, y puesto que en muchas regiones el agua subterránea se encuentra ya a 2 a 4 m por debajo de la superficie de la tierra, la instalación de un tubo de este tipo no lleva a un coste adicional considerable, ya que sólo se ha de excavar algo más profundo que para los cimientos de la casa, y las alturas del edificio típicas sin más son tan altas que el tubo ascendente o la cámara de evaporación no sobresale por encima del edificio.

40 **[0044]** Para los casos de aplicación en los que sólo es posible un tubo ascendente más corto, se puede reducir la longitud del tubo ascendente sin más por medio de una combinación de bombas/turbinas, que como consecuencia del hecho de que la turbina se usa para la conversión de alta presión a la baja presión, y la bomba se usa para la conversión desde la baja presión a la alta presión, sólo se requiere un pequeño trabajo adicional desde el exterior.

45 **[0045]** Con ello se eliminan pérdidas del intercambiador de calor primario, ya que no se usa ningún intercambiador de calor primario, sino que el agua subterránea evaporada se usa directamente como vapor de trabajo o sustancia activa.

50 **[0046]** En un ejemplo de realización tampoco se usa en el licuador un intercambiador de calor. En su lugar, el vapor de agua calentado como consecuencia de su compresión se introduce en un licuador directamente en el agua de calefacción, de manera que en el interior del agua tiene lugar una licuación del vapor de agua, de tal manera que también se eliminan las pérdidas del intercambiador de calor secundario.

55 **[0047]** La combinación preferentemente usada de evaporador de agua - compresor del tipo dinámico - licuador hace posible, con ello, en comparación con las bombas térmicas habituales, rendimientos de al menos un factor 6. También se puede retirar, así pues, al menos 5 veces de la energía eléctrica aplicada en la compresión del agua subterránea, de manera que incluso cuando el compresor del tipo dinámico se opera con corriente eléctrica se proporciona una energía calorífica del  $240\% = 6 \cdot 40\%$ , referida al primer portador de energía primaria. Esto es al menos una duplicación de la eficiencia comparada con el estado de la técnica, o una reducción por la mitad comparado con los costes de energía. Esto es así, en particular, también para la producción de dióxido de carbono relevante para el medio ambiente.

60 **[0048]** A continuación se explican de modo detallado ejemplos de realización preferidos de la presente invención haciendo referencia a los dibujos anexos. Muestran:

65 Fig. 1a, un diagrama de bloques principal de una bomba de calor;

Fig. 1b, una tabla para la ilustración de diferentes presiones y de las temperaturas de evaporación asignadas a estas presiones;

5 Fig. 1c, una vista general esquemática de una pequeña central eléctrica

Fig. 1d, una vista general esquemática de la bomba de calor con la primera sección y con la segunda sección según un ejemplo de realización de la presente invención;

10 Fig. 2, un diagrama de bloques de una bomba de calor con la primera sección, que se opera con agua subterránea, agua de mar, etc., y con la segunda sección, que se puede emplear para la generación de corriente;

Fig. 3a, una realización alternativa del licuador de la Fig. 2;

15 Fig. 3b, una realización alternativa del licuador con retorno reducido en el funcionamiento apagado;

Fig. 3c, una representación esquemática del licuador con un separador de gases;

20 Fig. 4a, una implementación del evaporador de la Fig. 2;

Fig. 4b, una realización alternativa del evaporador con uso de la salida del licuador como soporte a la ebullición;

Fig. 4c, una realización alternativa del evaporador con un intercambiador de calor para el uso de agua subterránea para el soporte a la ebullición;

25 Fig. 4d, una realización alternativa del evaporador con alimentación desde el lado y salida en el centro;

Fig. 4e, una representación esquemática del mandril ensanchador, con indicación de medidas preferidas;

30 Fig. 5a, una implementación alternativa del evaporador para la reducción de la altura del tubo ascendente;

Fig. 5b, una implementación de una realización alternativa de una conexión de una tubería de calefacción al licuador con una combinación de turbina/bomba;

35 Fig. 6a, una representación esquemática del compresor realizada por medio de varios compresores del tipo dinámico dispuestos uno tras otro;

Fig. 6b, una representación esquemática del ajuste del número de revoluciones por unidad de tiempo de dos compresores del tipo dinámico en cascada dependiendo de la temperatura teórica;

40 Fig. 6c, una vista en planta desde arriba esquemática de un rodete radial de un compresor del tipo dinámico según un ejemplo de realización preferido de la presente invención;

45 Fig. 6d, una vista en sección transversal esquemática con una representación únicamente esquemática de las palas radiales para la ilustración de la diferente extensión de las palas referidas al radio del rodete radial;

Fig. 7, un diagrama  $h, \log p$  a modo de ejemplo; y

50 Fig. 8, una bomba de calor conocida, que realiza el circuito hacia la izquierda de la Fig. 7.

**[0049]** Antes de que se explique con más detalle el objeto de la presente invención a partir de las Figuras 1c y 1d, así como de la Figura 2, se representa la primera sección de una bomba de calor conforme a la invención a partir de las Figuras 1a y 1b.

55 **[0050]** La Fig. 1a muestra una bomba de calor conforme a la invención que en primer lugar presenta un evaporador de agua 10 para la evaporación de agua como líquido de trabajo, para generar en la parte de salida un vapor en una tubería de vapor de trabajo 12. El evaporador comprende un espacio de evaporación (no mostrado en la Fig. 1a) y está conformado para generar en el espacio de evaporación una presión de evaporación menor de 20 hPa, de manera que el agua se evapore a temperaturas por debajo de 15°C en el espacio de evaporación. El agua es preferentemente agua subterránea, agua salina que circula libremente en el suelo o en tubos de colectores, es decir, agua con un determinado contenido en sal, agua de río, agua de lago o agua de mar. Según la invención son usables preferentemente todos los tipos de agua, es decir, agua con cal, agua sin cal, agua con sal o agua sin sal. Esto se debe al hecho de que todos los tipos de agua, es decir todos estas "sustancias de agua" que presentan características de adecuada, en concreto, que el agua, que también se conoce como "R 718", tiene una relación de diferencia de entalpía útil para el proceso de bombas de calor de 6, lo que se corresponde con más del doble de la relación típica útil de la diferencia de entalpía de, por ejemplo, R134a.

60

65

5 **[0051]** El vapor de agua se suministra a través de la tubería de aspiración 12 a un sistema de compresor/licuador 14, que presenta un compresor del tipo dinámico, como por ejemplo un compresor radial, por ejemplo en forma de un compresor turbo, que está designado en la Fig. 1a con 16. El compresor del tipo dinámico está conformado para comprimir el vapor de trabajo a una presión de vapor al menos mayor de 25 hPa. 25 hPa se corresponde con una temperatura de licuación de aproximadamente 22°C, lo que puede ser, en días relativamente cálidos ya una temperatura de salida de la calefacción suficiente de una calefacción del suelo. Para generar mayores temperaturas de salida se pueden generar presiones mayores de 30 hPa con el compresor del tipo dinámico 16, teniendo una presión de 30 hPa una temperatura de licuado de 24°C, una presión de 60hPa una temperatura de licuado de 36°C, y una presión de 100 hPa una temperatura de licuado de 45°C. Las calefacciones de suelo están diseñadas para poder calentar suficiente con una temperatura de salida de 45°C también en días muy fríos.

15 **[0052]** El compresor del tipo dinámico está acoplado a un licuador 18, que está conformado para licuar el vapor de trabajo comprimido. Por medio de la licuación se suministra la energía contenida en el vapor de trabajo al licuador 18, para ser suministrada a continuación a través de la salida 20a a un sistema de calefacción. A través del retorno 20b fluye el líquido de trabajo de vuelta al licuador.

20 **[0053]** Según la invención, se prefiere retirar el calor (energía calorífica) al vapor de agua rico en energía directamente por medio del agua de calefacción más fría, calor que es tomado por el agua de calefacción, de manera que esta se caliente. Al vapor se le retira en el este caso tanta energía que este se licua, y dado el caso toma parte en el circuito de la calefacción.

25 **[0054]** Con ello tiene lugar una carga de material en el licuador y el en el sistema de calefacción, que se regula por medio de una salida 22, de tal manera que el licuador tiene en su espacio de licuado un nivel de agua que a pesar del suministro continuado de vapor de agua, y con ello condensado, siempre está por debajo de un nivel máximo.

30 **[0055]** Tal y como ya se ha indicado, se prefiere tomar un circuito abierto, es decir, evaporar el agua, que representa la fuente de calor, directamente sin intercambiador de calor. Alternativamente se podría calentar, sin embargo, también el agua que se ha de evaporar en primer lugar a través de un intercambiador de calor por parte de una fuente de calor externa. En este caso, sin embargo, se ha de pensar que este intercambiador de calor vuelve a significar pérdidas y coste de aparatos.

35 **[0056]** Además, se prefiere, para evitar también pérdidas para el segundo intercambiador de calor que hasta el momento no estaba necesariamente en la parte del licuador, usar allí también el medio directamente, es decir, cuando se piensa en una casa con calefacción de suelo, dejar que el agua que procede directamente del evaporador circule directamente en la calefacción del suelo.

40 **[0057]** Alternativamente, sin embargo, también se puede disponer en el lado del compresor un intercambiador de calor que se alimente con la salida 20a y que presente el retorno 20b, refrigerando este intercambiador de calor el agua que se encuentra en el licuador, y calentando con ello un líquido de calefacción de suelo separado, que típicamente será agua.

45 **[0058]** Como consecuencia del hecho de que como sustancia activa se usa agua, y como consecuencia del hecho de que desde el agua subterránea sólo se alimenta la parte evaporada en el compresor del tipo dinámico, no es importante el grado de pureza del agua. Al compresor del tipo dinámico se le suministra, al igual que al licuador y a la calefacción del suelo acoplada, dado el caso, directamente, siempre agua destilada, de manera que el sistema en comparación con los sistemas actuales tiene un coste de mantenimiento reducido. Dicho en otras palabras, el sistema se autolimpia, ya que al sistema se le suministra siempre sólo agua destilada, y con ello el agua en la salida 22 no está sucia.

50 **[0059]** Además se hace referencia al hecho de que los compresores del tipo dinámico tienen las características de que —de modo similar a una turbina de un avión— no ponen en contacto el medio comprimido con sustancias problemáticas, como por ejemplo aceite. En su lugar, el vapor de agua se comprime únicamente por medio de la turbina o el compresor turbo, si bien no se pone en contacto, y con ello se ensucia, con aceite o con otro tipo de medio que perjudique la pureza.

55 **[0060]** El agua destilada extraída a través de la salida, con ello —cuando no interfieren otras especificaciones— se puede suministrar sin más de nuevo al agua subterránea. Alternativamente en este caso, sin embargo, también se puede filtrar en el jardín o en una superficie libre, o se puede suministrar a través del canal —en tanto que sea pedido por las especificaciones— a una instalación de depuración.

60 **[0061]** La combinación conforme a la invención de agua como sustancia activa con una relación de diferencia de entalpía útil 2 veces mejor en comparación con R134a, y debido a los requerimientos, con ello reducidos, relativos al cierre del sistema (se prefiere, por el contrario, un sistema abierto), y debido al empleo del compresor del tipo dinámico, por medio del cual se puede alcanzar de un modo eficiente y sin perjuicios a la pureza los factores de

compresión requeridos, se consigue un proceso de bombeo de calor más eficiente y neutral al medio ambiente que a continuación, cuando se licua en el licuador el vapor de agua directamente, se hace aún más eficiente, ya que entonces en todo el proceso de bombeo de calor ya no se requiere ningún intercambiador de calor.

5 **[0062]** Además se eliminan todas las pérdidas unidas a la compresión por émbolo. Además, las pérdidas que resultan muy pequeñas con el agua, que en otro caso se producen en el estrangulamiento, se pueden usar para mejorar el proceso de evaporación, ya que el agua de salida se puede usar preferentemente con la temperatura de salida, que típicamente será mayor que la temperatura del agua subterránea, para disparar en el evaporador por medio de una estructuración 206 de un tubo de salida 204, tal y como se explica en la Fig. 4a, una evaporación de burbujeo, para que se incremente la eficiencia de la evaporación.

10 **[0063]** La Fig. 1C muestra la segunda sección de la bomba de calor conforme a la invención que, sin embargo, se puede emplear también sin la primera sección mostrada en la Fig. 1A como pequeña central eléctrica para la calefacción del edificio.

15 **[0064]** En particular, la segunda sección comprende el mismo licuador 18 que se ha representado a partir de la Fig. 1A, que está acoplado con una salida de calefacción 20a y un retorno de calefacción 20b. La salida 22 del licuador ya no se suministra según la segunda sección de la bomba de calor conforme a la invención al canal o a la parte primaria, sino que se suministra a una bomba de calor 1100, que lleva el agua entregada por el licuador 18 a una presión de, por ejemplo, 2 MPa. Esta presión de 2 MPa se corresponde con 20 bar. Después de que la bomba de agua 1100 haya alcanzado únicamente una compresión de líquido, no se modifica la temperatura del agua por medio de la actividad de la bomba de agua.

20 **[0065]** Después de que el agua, o bien de modo general el líquido de trabajo líquido, se hayan podido poner bajo presión, se necesita entonces como bomba de agua únicamente una bomba barata con un consumo de potencia de pocos vatios, como por ejemplo de 1 a 2 vatios.

25 **[0066]** El agua puesta bajo presión se suministra a un evaporador de agua 1102. El evaporador de agua 1102 recibe energía de una calefacción primaria, como por ejemplo un quemador para madera, bolitas de madera, aceite, gas, etc., o de un colector solar, tal y como está representado por medio de una tubería de suministro de energía 1104 de modo esquemático. La temperatura requerida para la evaporación del agua que se encuentra bajo presión elevada se puede generar por medio de un proceso de combustión sin más. Incluso los colectores solares modernos entregan sin más temperaturas mayores de 150°C, o bien incluso en la región de 200°C, donde estas temperaturas son ya suficientes para evaporar agua que se mantiene a una presión de 16 bar, o bien que se ha llevado a través de la bomba de agua 1100.

30 **[0067]** En la salida del evaporador de agua 1102 se encuentra, con ello, un vapor caliente que está bajo una presión elevada, que está indicado de modo óptimo para ser relajado a través de un dispositivo de turbinas realizado preferentemente como turbina por etapas. La relajación a través de la turbina por etapas se puede convertir usando dispositivos correspondientes, por ejemplo usando generadores conocidos, en corriente eléctrica, que se entrega a través de una línea de corriente 1108 desde la turbina 1106. En la salida de la combinación de turbina/generador 1106, que en lo sucesivo se designa sencillamente como "turbina", con ello, hay un líquido de trabajo evaporado, que tiene la segunda presión baja, y que además tiene una temperatura que está indicada para calentar el líquido de trabajo en forma líquida que está en el licuador por medio de condensación o de licuación.

35 **[0068]** Esta energía térmica que se entrega en el licuador 18 desde el vapor generado en la salida de la turbina 1106 se puede usar simplemente para alcanzar una calefacción de un edificio, y en concreto a través de la salida de calefacción 20a o bien el retorno de calefacción 20b. La calefacción del edificio puede funcionar sin intercambiador de calor, lo que es posible cuando el líquido de trabajo se suministra en forma líquida directamente a una calefacción, como por ejemplo radiadores, o a una calefacción de suelo, sin que se separe el circuito del líquido en los radiadores o en la calefacción del suelo del volumen de líquido del licuador por medio de un intercambiador de calor.

40 **[0069]** Alternativamente, sin embargo, también puede estar previsto un intercambiador de calor, que tiene sentido cuando se emplean otros líquidos de trabajo diferentes al agua, tal y como se explica haciendo referencia a la Fig. 1D. Como pequeña central eléctrica para la calefacción de edificios se prefiere, sin embargo, usar agua como líquido de trabajo, y tener regiones de presión que se correspondan con las temperaturas de evaporación del agua con las presiones correspondientes.

45 **[0070]** Un ejemplo a gran escala está mostrado en la Fig. 1C. El flujo de agua tiene un valor de 4 ml por segundo, y se parte del hecho de que la salida del licuador tiene una temperatura de 36°C. La presión unida con ello en el licuador está, con ello, en 60 mbar o 60 hPa, tal y como está representado en la Fig. 1B. El agua que está a una presión de 60 mbar se incrementa a una presión de 20 bar o bien 2 MPa por medio de la bomba de agua 1100, lo que se corresponde con un factor de 333. Esta diferencia de presión es suficientemente grande para usar el proceso conforme a la invención para accionar una turbina 1106 para generar corriente eléctrica. Por lo general, las diferencias de presión mayores de un factor 50 llevarán a una ganancia ventajosa de energía eléctrica, pudiendo adoptar las diferencias de presión también valores muy elevados cuando la bomba de agua 1100 está diseñada para

5 esto, y cuando el suministro de energía tiene a lo largo de la tubería de suministro de energía esquemática 1104 una temperatura suficientemente alta, para que el agua que está bajo presión se evapore para generar en la salida del evaporador de agua 1102 el vapor que tiene una elevada temperatura y una elevada presión, y que con ello está indicado de modo óptimo para accionar una turbina y con ello generar corriente eléctrica 1108. En el ejemplo  
10 mostrado en la Fig. 1C, el vapor tiene una temperatura de 215°C, y una presión de 2 MPa o bien 20 bar. La turbina 1106 está dimensionada de tal manera que entrega un vapor de trabajo que tiene una temperatura de 36°C y una presión de 60 mbar. En el flujo mostrado y en las diferencias de presión y de temperatura representadas se puede generar una corriente eléctrica en un orden de magnitud de 1,5 kW. Además, al mismo tiempo se calienta el volumen de líquido del licuador por medio del vapor condensado, de manera que adicionalmente a la ganancia de corriente también se consigue la calefacción ventajosa del edificio.

15 **[0071]** En los ejemplos de realización preferidos, el flujo a través del sistema, es decir, el flujo del líquido del trabajo en la línea 22 está entre 1 ml por segundo y 100 ml por segundo. La segunda presión, es decir, la presión que tiene el vapor en el licuador y que tiene el agua a la salida del licuador tiene un vapor preferentemente en el intervalo entre 25 hPa y 0,1 MP, y la presión generada por medio de la bomba de agua tiene un valor preferentemente en el intervalo por encima de 5 bar, y en los ejemplos de realización especialmente preferidos en una región por encima de 12 bar.

20 **[0072]** La temperatura que tiene el vapor en la salida del evaporador de agua 1102 o bien en la salida de la turbina de etapas 1106 resulta por medio de la presión correspondiente del vapor, tal y como está representado en la tabla en la Fig. 1B, y como está representado también en la otra tabla en la Fig. 1D para presiones mayores para algunos puntos de trabajo.

25 **[0073]** En los ejemplos de realización preferidos se combina el refrigerando adecuado con las presiones de trabajo adecuadas. El agua se condensa ya a 22°C en una atmósfera de presión negativa de 26 mbar o a 100°C a aproximadamente 1,01 bar. Por medio de la condensación, el agua da su energía de condensación al agua de la calefacción, que se usa preferentemente directamente para la calefacción de la casa. El agua refrigerada en el retorno de la calefacción se eleva a través de la bomba elevadora 1100 a una presión de trabajo elevada. En el evaporador de agua, que presenta preferentemente un intercambiador de calor, el agua se evapora, y procura de esta manera una temperatura correspondiente a la presión. Con 100°C, la presión tiene un valor de 1 bar. Con 300°C, la presión tiene un valor de 90 bar. Con la sobrepresión se acciona la turbina 1106, para convertir la energía mecánica tomada como consecuencia del flujo de gas, por ejemplo, en energía eléctrica. El vapor fluye desde la parte de alta presión a la parte de baja presión, y el circuito comienza de nuevo. En caso de que el calor de condensación no sea suficiente para la calefacción de la casa, entonces se prefiere preparar la primera sección de la bomba de calor adicionalmente, tomándose para ello o bien la corriente eléctrica que se genera por medio de la turbina 1106, o corriente eléctrica de la red. Esta última puede ser más adecuada cuando la corriente tomada de la red es más barata que la red entregada a la red.  
35

40 **[0074]** Con ello, por medio de la combustión de un trozo de madera se puede proporcionar aproximadamente el triple de la energía térmica para la calefacción de la casa que si la madera se hubiera utilizado directamente para la calefacción de la casa. Esto se debe a que la energía en el trozo de madera se emplea para accionar la primera sección de la bomba de calor.

45 **[0075]** Después de que la Fig. 1C represente una forma de realización preferida de la pequeña central eléctrica para la calefacción de edificios, la Fig. 1D muestra una forma de realización preferida para la bomba de calor conforme a la invención con la primera sección y la segunda sección.

50 **[0076]** La primera sección comprende un evaporador 10 para la evaporación de un líquido de trabajo con la primera presión (baja). Además, la primera sección comprende el compresor del tipo dinámico 16 para la compresión del líquido de trabajo evaporado a una segunda presión más elevada. Finalmente, la primera sección comprende además el licuador 18 para el licuado del líquido de trabajo comprimido.

55 **[0077]** Según la invención, además, está prevista la segunda sección para comprimir por medio de la bomba de agua 1100 un líquido de trabajo líquido a una tercera presión, que es mayor que la segunda presión. La segunda sección sirve además para la evaporación del líquido de trabajo comprimido a la tercera presión por medio del evaporador y del intercambiador de calor 1102. Además, la segunda sección sirve para la relajación del líquido de trabajo evaporado a través de una turbina 1106 a una presión que es menor que la tercera presión, para generar la corriente eléctrica que se puede entregar a través de una línea 1108. Además, la segunda sección comprende también el licuador 18, para licuar el líquido de trabajo evaporado relajado en el licuador 18.  
60

65 **[0078]** El líquido de trabajo en la primera sección y en la segunda sección de la bomba de calor de la Fig. 1d según la primera invención es idéntico cuando, tal y como está mostrado en la Fig. 1D, existe en el licuador un contacto de líquido de trabajo, es decir, cuando, tal y como está mostrado en la Fig. 1D, por lo que se refiere al licuador 18 se trabaja sin intercambiador de calor. Naturalmente, el licuado también puede tener lugar de tal manera que los circuitos del líquido de trabajo estén separados en la segunda sección y en la primera sección entre sí desde el punto de vista de fluido, mientras que, sin embargo, los dos circuitos en el licuador están acoplados térmicamente.

Sin embargo, se prefiere emplear el mismo líquido de trabajo y un acoplamiento no sólo térmico, sino también líquido, en el licuador 18, ya que no se requiere entonces ningún intercambiador de calor, sino que la tubería de salida de la turbina 1106 se puede acoplar directamente en el licuador o a través de un acoplador 1110 sencillo con el licuador.

5 **[0079]** El acoplador 1110 está conformado para tomar en la parte de la entrada tanto la tubería de salida del compresor del tipo dinámico 16 de la primera sección como la tubería de salida de turbina 1106 de la segunda sección, mientras que la salida del acoplador 1110 está acoplada con el licuador 18. Dependiendo de la implementación, el acoplador puede unir o bien la salida del compresor del tipo dinámico 16 o la salida de la turbina 1106 con la salida, o el acoplador puede unir las dos salidas paralelas con el licuador 18, dependiendo del requerimiento y de la implementación del compresor del tipo dinámico.

10 **[0080]** El licuador 18 está acoplado además con el evaporador de agua 10 a través de un interruptor 1114, pudiendo estar conformado este interruptor para representar una salida normal cuando la segunda sección de la bomba de calor está desactivada.

15 **[0081]** Alternativamente, cuando la segunda sección está desactivada, se puede alimentar el agua de salida 22 directamente en el circuito del evaporador de la parte primaria, tal y como está representado en la Fig. 2.

20 **[0082]** El interruptor 1140 puede estar conformado, además, para proporcionar tanto a la bomba de agua 1100 como al evaporador de agua 10 líquido. Esto se debe a que la implementación preferida de la primera sección representa un circuito abierto, ya que el líquido de trabajo se extrae del medio ambiente, por ejemplo del agua subterránea, y se vuelve a suministrar a otro lugar del medio ambiente, mientras que el circuito que tiene lugar en la segunda sección es un circuito cerrado, ya que el agua del licuador se evapora siempre comprimida, se relaja, y se puede volver a licuar. Alternativamente, sin embargo, tanto el primer circuito como el segundo circuito pueden estar realizados en la primera sección o bien en la segunda sección como circuito abierto. Esto es posible cuando el líquido de trabajo es agua, es decir, cuando no tiene lugar ninguna contaminación, tal y como es el caso, en particular, cuando como compresor del tipo dinámico se emplea un rodete radial, y cuando como turbina se emplea igualmente una turbina en forma de escalón preferentemente provista de rodetes radiales.

25 **[0083]** La segunda sección de la bomba de calor conforme a la invención comprende además preferentemente el control 1112 para usar la corriente eléctrica generada en la línea de salida 1108. Dependiendo de la implementación, la corriente se puede usar directamente para operar el compresor del tipo dinámico 16. Alternativamente, la corriente eléctrica generada por medio de la turbina 1108 también se puede suministrar a la red eléctrica por una tasa, mientras que la corriente del compresor del tipo dinámico se retira de la red eléctrica igualmente por una tasa. Este modo de proceder tiene sentido económico, en particular, cuando la tasa para la alimentación de corriente en la red eléctrica es mayor que la tasa que se ha de ejecutar cuando se retira corriente de la red eléctrica.

30 **[0084]** Además, la corriente generada por la turbina se puede usar al menos parcialmente para accionar la bomba de agua 1100.

35 **[0085]** A continuación se explica, haciendo referencia a la Fig. 2, un ejemplo de realización preferido de la presente invención de modo detallado. El evaporador de agua comprende una cámara de evaporación 100 y un tubo ascendente 102, en el que se mueve agua subterránea desde una reserva de agua subterránea 104 en la dirección de una flecha 106 hacia arriba al espacio de evaporación 100. El tubo ascendente 102 desemboca en un mandril ensanchador 108, que está conformado para ensanchar la sección transversal del tubo relativamente estrecha, para crear una superficie de evaporación lo mayor posible. El ensanchador 108 será en forma de embudo, es decir, en forma de un paraboloide de rotación de cualquier forma. Puede tener transiciones redondeadas o angulosas. Lo fundamental es únicamente que el diámetro orientado a la cámara de evaporación 100, o bien la superficie opuesta a la cámara de evaporación 100 sea mayor que la superficie de la sección transversal del tubo ascendente, para mejorar el proceso de evaporación. Cuando se parte del hecho de que aproximadamente 1 l por segundo fluye hacia arriba a través del tubo ascendente a la cámara de evaporación, con una potencia calorífica de aprox. 10 kW se evaporan aproximadamente 4 ml por segundos en el evaporador. El resto discurre refrigerado aproximadamente 2,5 °C más allá del mandril ensanchador 108, y va a parar a un depósito colector recogedor 110 en la cámara de evaporación. El depósito colector recogedor 110 tiene una salida 112 en la que se vuelve a retirar la cantidad de 1 l por segundo menos los 4 ml por segundo evaporados, y en concreto preferentemente de vuelta a la reserva de agua subterránea 104. Para ello está prevista preferentemente una bomba 114 o bien una válvula para la regulación del rebose. Se hace referencia al hecho de que en este caso no se ha de bombear de modo activo, ya que como consecuencia de la gravedad, cuando la bomba o la válvula 114 están abiertas, fluye agua desde el depósito colector recogedor 110 a través de un tubo de retorno 113 hacia abajo a la reserva de agua subterránea. La bomba o bien la válvula 114 garantizan con ello que el nivel del agua en el depósito recogedor no suba demasiado, o que en el tubo de salida 112 no penetre ningún vapor de agua, o bien que la cámara de evaporación también esté desacoplada de la situación en el extremo "inferior" del tubo de retorno 113 de modo seguro.

60 **[0086]** El tubo ascendente está dispuesto en un tanque de tubo ascendente 116, que se llena con agua por

parte de una bomba 118 prevista preferentemente. Los niveles en 116 y 108 están unidos entre sí según el principio de los vasos comunicantes, ocupándose la gravedad y las diferentes presiones en 116 y 108 de un transporte del agua de 116 a 108. El nivel de agua en el tanque del tubo ascendente 116 está dispuesto preferentemente de tal manera que incluso en el caso de diferentes presiones de aire el nivel nunca cae por debajo de la entrada del tubo ascendente 102, con lo que se evita una penetración de aire.

**[0087]** Preferentemente, el evaporador 10 comprende un separador de gases, que está conformado para retirar al menos una parte, por ejemplo al menos 50 % de un gas, que está disuelto en el agua que se ha de evaporar, del agua que se ha de evaporar, de manera que la parte retirada del gas no se aspira a lo largo del espacio de evaporación del compresor. Preferentemente, el separador de gas está dispuesto para suministrar la parte retirada del gas a un agua no evaporada, para que el gas se extraiga del agua no evaporada. Los gases separados pueden comprender oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno, etc. Estos gases se evaporan en la mayoría de los casos a una presión mayor que el agua, de manera que el separador de gases puede estar dispuesto por debajo del mandril ensanchador 108, de manera que en el separador de gases sale oxígeno evaporado, etc., del agua que todavía no se ha evaporado, y preferentemente se alimenta en la tubería de retorno 113. La alimentación se realiza preferentemente en la posición de la tubería de retorno 113, en la que la presión es tan baja que el gas es llevado desde el agua de retorno de vuelta al agua subterránea. Alternativamente, el gas separado, sin embargo, también puede ser acumulado y retirado en intervalos determinados, o se puede expulsar de modo continuo, es decir, se puede entregar a la atmósfera.

**[0088]** Típicamente, el agua subterránea, el agua de mar, el agua de río, el agua de lago, el agua salina u otra solución acuosa que se produzca en la naturaleza tendrá una temperatura entre 8°C y 12°C. Por medio de la reducción de la temperatura de 1 l de agua a 1°C se puede generar una potencia de 4,2 kW. Si se refrigera el agua en 2, 5°C, entonces se genera una potencia de 10,5 KW. Preferentemente, a través del tubo ascendente fluye una corriente de agua con una fuerza de la corriente dependiente de la potencia calorífica, en el ejemplo un litro por segundo.

**[0089]** Cuando la bomba de calor trabaja en una carga relativamente alta, el evaporador evaporará aproximadamente 6 ml por segundo, lo que se corresponde con un volumen de vapor de aprox. 1,2 metros cúbicos por segundo. Dependiendo de la temperatura del agua de calefacción transportada se controlará el compresor del tipo activo por lo que se refiere a su potencia de compresión. Si se desea una temperatura de salida de la calefacción de 45°C, lo que es perfectamente suficiente incluso para días extremadamente fríos, entonces el compresor del tipo dinámico ha de incrementar el vapor generado posiblemente a 10 hPa a una presión de 100 hPa. En caso de que, sin embargo, sea suficiente una temperatura de salida de, por ejemplo, 25° para la calefacción del suelo, entonces sólo se ha de comprimir en un factor 3 por medio del compresor del tipo dinámico.

**[0090]** La potencia generada se determina, debido a ello, por medio de la potencia del compresor, es decir, por un lado por medio del factor de compresión, es decir, con qué potencia comprime el compresor, y por otro lado por medio del flujo volumétrico generado por el compresor. Si se incrementa el flujo volumétrico, entonces el compresor ya no ha de comprimir más, transportando la bomba 118 más agua subterránea al tanque del tubo ascendente 116, de manera que a la cámara de evaporación se le suministra más agua subterránea. En caso de que, por el contrario, el compresor del tipo dinámico entregue un menor factor de compresión, entonces también fluye menos agua subterránea de abajo a arriba.

**[0091]** En este punto, sin embargo, se ha de hacer referencia al hecho de que se prefiere controlar el flujo de agua subterránea a través de la bomba 118. Según el principio de los vasos comunicantes, el nivel de llenado en el recipiente 116 o bien el caudal de la bomba 118 fija el flujo a través del tubo ascendente. Con ello se puede conseguir un incremento de la eficiencia de la instalación, ya que el control del flujo se desacopla de la potencia de aspiración del compresor del tipo dinámico.

**[0092]** No se necesita ninguna bomba para bombear el agua subterránea desde abajo a la cámara de evaporación 100. En su lugar, esto sucede "por sí mismo". Esta subida automática hacia la cámara de evaporación evacuada también ayuda a que la presión negativa de 20 hPa se pueda alcanzar sin más. Para ello no se requieren bombas de evacuación u otras similares. En su lugar se requiere únicamente un tubo ascendente con una altura mayor de 9 m. A continuación se alcanza una generación de presión negativa puramente pasiva. La presión negativa requerida, sin embargo, también se puede generar con un tubo ascendente fundamentalmente más corto cuando, por ejemplo, se emplea la implementación de la Fig. 5a. En la Fig. 5a se muestra un "tubo ascendente" fundamentalmente recortado. La conversión desde la presión superior a la presión inferior se ocasiona por medio de una turbina 150, extrayendo la turbina en este caso energía de la sustancia activa. Al mismo tiempo, se lleva la presión negativa en la parte del retorno de nuevo a la presión elevada, entregándose la energía requerida para ello por medio de una bomba 152. La bomba 152 y la turbina 150 están acopladas entre sí por medio de un acoplamiento de fuerza 154, de manera que la turbina acciona la bomba, y en concreto con la energía que la turbina ha extraído del medio. Un motor 156 se requiere únicamente para compensar las pérdidas que el sistema, naturalmente, tiene, y para conseguir la circulación, es decir, para llenar un sistema desde su posición de reposo al modo dinámico mostrado en la Fig. 5a.

**[0093]** En el ejemplo de realización preferido, el compresor del tipo dinámico está realizado como compresor radial con rueda giratorio, en el que la rueda puede ser un rodete radial que gira lentamente, un rodete radial que gira a velocidad media, una rueda semiaxial o una rueda axial, o bien una hélice, tal y como se conocen en el estado de la técnica. Los compresores radiales se describen en “Strömungsmaschinen”, C. Pfeleiderer, H. Petermann, Springer-Verlag, 2005, páginas 82 y 83. Este tipo de compresores radiales comprenden, con ello, como rueda giratoria, los denominados acompañadores, cuya forma depende de los requerimientos individuales. Por lo general se pueden emplear compresores del tipo dinámico cualesquiera, tal y como se conocen como compresores turbo, ventiladores, sopladores o turbocompresores.

**[0094]** En el ejemplo de realización preferido de la presente invención, el compresor radial 16 está conformado como varios compresores de tipo dinámico independientes, que, al menos por lo que se refiere a su número de revoluciones por unidad de tiempo, se pueden controlar de modo independiente entre sí, de manera que dos compresores del tipo dinámico pueden tener diferentes números de revoluciones por unidad de tiempo. Una implementación de este tipo está representada en la Fig. 6a, en la que el compresor está conformado como cascada de n compresores del tipo dinámico. En posiciones aleatorias después del primer compresor del tipo dinámico se prevé preferentemente uno o varios intercambiadores de calor, por ejemplo para el calentamiento de servicio, que están designados con 170. Estos intercambiadores de calor están conformados para refrigerar el gas calentado (y comprimido) por un compresor del tipo dinámico 172 previo. En este caso, la entalpía de sobrecalentamiento se usa de modo lógico para incrementar el rendimiento de todo el proceso de compresión. El gas refrigerado se comprime a continuación con uno o varios compresores conectados a continuación, o se suministra directamente al licuador. Se extrae calor del vapor de agua comprimido, para con él calentar, por ejemplo, agua de servicio a temperaturas por encima de, por ejemplo, 40°C. Esto no reduce, sin embargo, el rendimiento total de la bomba de calor, sino que incluso lo incrementa, ya que dos compresores del tipo dinámico conectados uno a continuación del otro con refrigeración de gas conectada entre ellos alcanzan con una mayor vida útil como consecuencia de la carga térmica reducida y con menos energía la presión de gas requerida en el licuador que si hubiera existido un único compresor del tipo dinámico sin refrigeración del gas.

**[0095]** En la Fig. 2 están ilustrados además los componentes 1100, 1102, 1106 de la segunda sección de la bomba de calor, no procediendo ya la energía requerida para la evaporación en el evaporador 1102 —en contraposición al agua subterránea— de un medio con menor temperatura, sino de un medio con una temperatura muy elevada, en concreto, por ejemplo, de la corriente de gas de escape de un quemador o de una evacuación de calor de un colector solar.

**[0096]** En este contexto se hace una mención especial al hecho de que los colectores solares en las latitudes nórdicas consiguen en el tiempo de transición, en particular, elevadas eficiencias, lo cual aplica aún más cuando los colectores solares no sólo se operan para el calentamiento de agua de servicio, sino también para el soporte de la calefacción. A mitad del verano los colectores solares generan mucha agua caliente. Sin embargo, la necesidad a mitad del verano no es especialmente elevada, de manera que la capacidad de los colectores solares típicos a mitad del verano no se aprovecha de modo óptimo, ya que toda la oferta de energía que se genera por el colector solar no se puede almacenar, o bien sólo se puede almacenar con un coste muy elevado, en concreto cuando se prevén enormes almacenamientos de agua caliente. Según la invención, se hace frente ahora a esta problemática gracias al hecho de que el colector solar no se emplee ya para el calentamiento del agua, sino para la evaporación del agua que está bajo presión. Las elevadas temperaturas requeridas para ello se consiguen especialmente bien, en particular en mitad del verano, si bien no están disponibles en el invierno. Sin embargo, ahora por medio de un colector solar también se puede generar en el verano con un buen rendimiento energía eléctrica, en concreto en forma de la energía que entrega la turbina. En tanto que para la operación de este circuito se requiera un sumidero de calor, entonces la salida de la calefacción o el retorno de la calefacción no se puede poner en una calefacción del edificio, sino que se puede acoplar con un sumidero de calor en el suelo, por ejemplo, para hacer que la temperatura del licuador no suba muy fuertemente.

**[0097]** Con ello se puede generar de un modo óptimo energía también en el verano por medio de un colector solar, y en concreto energía eléctrica valiosa que se puede entregar a la red eléctrica, que además no ha de ser almacenada por un hogar privado, sino que puede ser entregada a la red eléctrica con unas tasas elevadas.

**[0098]** En el invierno, cuando el colector solar no entrega las elevadas temperaturas requeridas para la evaporación de agua, esto se puede generar sin más por medio de la operación de un quemador, de los que se emplea en cualquier caso en muchos hogares, por ejemplo, en forma de una chimenea por razones de comodidad. Además de una comodidad relativa a la calefacción, se añade ahora una comodidad “financiera”, ya que la corriente generada como consecuencia de la evaporación de agua a temperaturas elevadas, como consecuencia de la combustión de combustibles se puede usar para accionar el compresor del tipo dinámico de la propia calefacción del edificio en forma de la primera sección de la bomba de calor, o se puede usar para conseguir una alimentación a la red, y con ello obtener un resultado financiero. El concepto conforme a la invención, con ello, procura no sólo en verano, sino también en invierno, una reducción de los costes de electricidad y con ello de los costes de calefacción, pudiéndose conseguir como consecuencia de la generación de corriente eléctrica por medio de evaporación de agua en lugar de por medio de la fotovoltaica, cuando la radiación solar es suficiente, incluso mirado en su conjunto, una calefacción prácticamente a tarifa cero, ya que la alimentación de corriente en el verano puede incluso amortiguar el

consumo de corriente en el invierno desde el punto de vista de costes.

**[0099]** A continuación se entra en el detalle de implementaciones preferidas, en particular de la primera sección de la bomba de calor.

**[0100]** En el ejemplo de realización preferido de la presente invención, el compresor radial 16 está realizado como varios compresores del tipo dinámico independientes, que al menos por lo que se refiere a su número de revoluciones por unidad de tiempo se pueden controlar de modo independiente entre sí, de manera que dos compresores del tipo dinámico pueden tener números de revoluciones por unidad de tiempo diferentes. Una implementación de este tipo está representada, por ejemplo, en la Fig. 6a, en la que el compresor está conformado como cascada de  $n$  compresores del tipo dinámico. En posiciones aleatorias después del primer compresor del tipo dinámico se prevén preferentemente uno o varios intercambiadores de calor, por ejemplo para el calentamiento de agua de servicio, que están designados con 170. Estos intercambiadores de calor están conformados para refrigerar el gas calentado (y comprimido) por un compresor del tipo dinámico 172. En este caso, la entalpía de sobrecalentamiento se usa de un modo lógico para incrementar el rendimiento de todo el proceso de compresión en su conjunto. El gas refrigerado se comprime entonces más con uno o varios compresores conectados a continuación, o directamente se suministra al licuador. Se retira calor del vapor de agua comprimido, para calentar con ello, por ejemplo, agua de servicio a temperaturas mayores de, por ejemplo 40°C. Esto no reduce, sin embargo, el grado de rendimiento total de la bomba de calor, sino que incluso lo incrementa, ya que dos compresores de tipo dinámico conectados uno a continuación del otro con una refrigeración de gas conectada entre medios alcanzan con una vida útil mayor como consecuencia de la carga térmica reducida, y con menor energía la presión de gas requerida en el licuador que si hubiera existido un único compresor del tipo dinámico sin refrigeración del gas.

**[0101]** Los compresores del tipo dinámico independientes entre sí en cascada son controlados preferentemente por un control 250, que recibe en la parte de la entrada una temperatura teórica en el circuito de calefacción, así como, dado el caso, también una temperatura real en el circuito de calefacción. Dependiendo de la temperatura teórica deseada se modifica el número de revoluciones de un compresor del tipo dinámico dispuesto anteriormente en la cascada, que está designado, por ejemplo, con  $n_1$ , y el número de revoluciones por unidad de tiempo  $n_2$  de un compresor del tipo dinámico dispuesto posteriormente en la cascada, de la manera que está representada a partir de la Fig. 6b. En caso de que se introduzca una temperatura teórica mayor en el control 250, entonces se incrementan ambos números de revoluciones por unidad de tiempo. Sin embargo, el número de revoluciones por unidad de tiempo del compresor del tipo dinámico dispuesto antes, que está designado en la Fig. 6b con  $n_1$ , se eleva con un gradiente menor que el número de revoluciones por unidad de tiempo  $n_2$  de un compresor del tipo dinámico dispuesto más tarde en la cascada. Esto lleva a que cuando se representa la relación  $n_2/n_1$  de los dos números de revoluciones por unidad de tiempo, resulta en el diagrama de la Fig. 6b una recta con una pendiente positiva.

**[0102]** El punto de corte entre los números de revoluciones por unidad de tiempo  $n_1$  y  $n_2$  representados individualmente puede tener lugar en cualquier posición, es decir, en cualquier temperatura teórica, y dado el caso incluso puede no tener lugar. Generalmente, sin embargo, se prefiere elevar un compresor del tipo dinámico dispuesto en la cascada más cerca del licuador por lo que se refiere a su número de revoluciones por unidad de tiempo más fuertemente que un compresor del tipo dinámico dispuesto anteriormente en la cascada, cuando se desea una mayor temperatura teórica.

**[0103]** La razón para ello reside en el hecho de que el compresor del tipo dinámico dispuesto más tarde en la cascada ha de procesar gas ya comprimido, que ha sido comprimido por un compresor del tipo dinámico dispuesto anteriormente en la cascada. Además esto garantiza que el ángulo de las palas de las palas de un rodete radial, tal y como también se explica haciendo referencia a las Fig. 6c y 6d, siempre está lo mejor posible referido a la velocidad del gas que se ha de comprimir. De este modo, el ajuste del ángulo de la pala consiste únicamente en la optimización de una compresión lo más libre de remolinos posible del gas que entra. Los otros parámetros del ajuste del ángulo, como el caudal del gas y la relación de compresión, que en otro caso habían hecho posible un compromiso técnico en la selección del ángulo de la pala, y con ello sólo en una temperatura teórica un rendimiento óptico, se llevan a su punto de trabajo óptico según la invención por medio de la regulación del número de revoluciones por unidad de tiempo independiente, y debido a ello no tienen ninguna influencia en la selección del ángulo de la pala. De este modo, a pesar de un ángulo de pala ajustado de modo fijo resulta siempre un rendimiento óptico.

**[0104]** Por lo que a esto se refiere, se prefiere además que un compresor del tipo dinámico dispuesto en la cascada más en la dirección del licuador presente una dirección de giro del rodete radial que esté opuesta a la dirección de giro de un rodete radial dispuesto anteriormente en la cascada. Con ello se puede conseguir un ángulo de entrada casi óptico de las palas de las dos ruedas axiales en la corriente de gas, de tal manera que se produce un rendimiento de la cascada de compresores del tipo dinámico no sólo en un pequeño intervalo de temperaturas teóricas, sino en un intervalo de temperaturas teóricas considerablemente mayor entre 20 y 50 grados, lo que es un intervalo óptico para aplicaciones de calefacción típicas. El control del número de revoluciones por unidad de tiempo conforme a la invención, así como, dado el caso, el uso de ruedas axiales contrarias entrega con ello un ajuste óptico entre la corriente de gas variable con temperatura teórica variable, por un lado, y los ángulos de las palas

fijos de las ruedas axiales, por otro lado.

**[0105]** En los ejemplos de realización preferidos de la presente invención de la presente invención se fabrica al menos una o preferentemente otras ruedas axiales de todos los compresores del tipo activo de plástico con una resistencia a la tracción por encima de 80 MPa. Un plástico preferido para ello es la poliamida 6.6 con fibras de carbono insertadas. Este plástico tiene la ventaja de la resistencia a la tracción, de manera que las ruedas axiales de los compresores del tipo dinámico se pueden hacer de este plástico, y a pesar de ello se pueden operar con números de revoluciones por unidad de tiempo muy elevados.

**[0106]** Preferentemente se emplean de modo conforme a la invención ruedas axiales, tal y como se muestran, por ejemplo, en la Fig. 6c con el símbolo de referencia 260. La Fig. 6c muestra una vista en planta desde arriba esquemática de un rodete radial de este tipo, comprendiendo la Fig. 6d una representación esquemática de la sección transversal de un rodete radial de este tipo. Un rodete radial comprende, tal y como se conoce en la técnica, varias palas 262 que se extienden desde el interior hacia el exterior. Las palas se extienden desde una distancia de un eje central 264, que está designado con  $r_w$ , totalmente hacia el exterior en relación al eje 264 del rodete radial. En particular, el rodete radial comprende una base 266, así como una tapa 268, que está orientada hacia el tubo de aspiración o hacia un compresor de una etapa previa. El rodete radial comprende una abertura de aspiración, que está designada con  $r_1$ , para aspirar gas, entregándose entonces este gas desde el rodete radial lateralmente, tal y como está indicado con 270 en la Fig. 6d.

**[0107]** Cuando se observa la Fig. 6c, entonces el gas se encuentra en la dirección de giro delante de la pala 262 en una velocidad relativamente elevada, mientras que por detrás de la pala 262 está a una velocidad reducida. Sin embargo, para una eficiencia elevada y un rendimiento elevado se prefiere que el gas se expulse por todos lados con una velocidad lo más uniforme posible desde el rodete radial, es decir, en 270 en la Fig. 6d. Para esta finalidad existe el deseo de colocar del modo más compacto posible las palas 262.

**[0108]** Una colocación arbitrariamente compacta de palas que se extienden desde el interior, es decir, de radio  $r_w$  hacia el exterior no es posible, sin embargo, por razones técnicas, ya que se bloquea entonces más y más la abertura de aspiración con el radio  $r_1$ .

**[0109]** Según la invención, debido a ello, se prefiere prever palas 272 y 274 y 276, que se extienden en menos longitud que las palas 262. En particular, las palas 272 no se extienden desde  $r_w$  hasta el exterior totalmente, sino desde  $R_1$  hacia el exterior referidas al rodete radial, siendo  $R_1$  mayor que  $r_w$ . De modo análogo a esto se extienden, tal y como está mostrado a modo de ejemplo en la Fig. 6c, las palas 274 únicamente desde  $R_2$  hacia el exterior, mientras que las palas 276 se extienden únicamente desde  $R_3$  hacia el exterior, siendo  $R_2$  mayor que  $R_1$  y siendo  $R_3$  mayor que  $R_2$ .

**[0110]** Estas relaciones están representadas de modo esquemático en la Fig. 6d, en la que un rayado doble, por ejemplo en la región 278 en la Fig. 6d indica que en esta región se encuentran dos palas que se cubren entre sí y que, debido a ello, están designadas por medio de la región rayada doble. De este modo, el rayado mostrado desde la parte izquierda inferior hacia la parte derecha superior en la región 278 designa una pala 262 que se extiende desde  $r_w$  hasta el exterior, mientras que el rayado que se extiende desde la parte izquierda superior hacia la parte derecha inferior en la región 278 indica una pala 272, que se extiende únicamente desde  $R_1$  hasta la parte exterior referida al rodete radial.

**[0111]** Preferentemente, con ello, entre dos palas que se extienden más profundamente hacia el interior está dispuesta al menos una pala que no se extiende tan ampliamente hacia el interior. Esto lleva a que la región de aspiración no se taponen, o bien que no se ocupan demasiado fuertemente regiones con radio más pequeño con palas, mientras que las regiones con mayor radio se ocupan de un modo más compacto con palas, de manera que a la salida del rodete radial existe una distribución de velocidades lo más homogénea posible del gas que sale. La distribución de velocidad del gas que sale es en el rodete radial preferido conforme a la invención en la Fig. 6c en el contorno exterior, debido a ello, especialmente homogénea, ya que la distancia de las palas que aceleran el gas, y que debido a la disposición "apilada" de las palas es considerablemente menor que en un caso en el que, por ejemplo, sólo hubiera palas 262, que se extendieran desde la parte más interior hasta la parte más exterior, y que con ello presentarían forzosamente en el extremo del rodete radial una distancia muy grande, que es considerablemente mayor que en el rodete radial conforme a la invención tal y como está representado en la Fig. 6c.

**[0112]** En este punto se hace referencia al hecho de que la forma relativamente costosa y complicada del rodete radial en la Fig. 6c se puede fabricar de un modo especialmente adecuado con moldeado por inyección de plástico, pudiéndose alcanzar de un modo especialmente sencillo que todas las palas, también las palas que no se extienden desde la parte más interior a la parte más exterior, es decir, las palas 272, 274, 276 están ancladas de modo fijo, ya que están unidas tanto con la tapa 268 como con la base 266 de la Fig. 6d. el uso de plástico en particular con la técnica de moldeado por inyección de plástico hace posible fabricar formas arbitrarias de un modo preciso y barato, lo que con ruedas axiales hechas de metal no es posible sin más, o bien sólo es posible de modo costoso, o quizá incluso no sea posible.

**[0113]** En este punto se hace referencia al hecho de que se prefieren números de revoluciones por unidad de tiempo muy elevados del rodete radial, de manera que las aceleraciones que actúan sobre las palas adoptan valores muy considerables. Por esta razón se prefiere que, en particular, las palas 272, 274, 276 más cortas no estén unidas de modo fijo sólo con la base, sino también con la tapa, de tal manera que el rodete radial pueda aguantar sin más las aceleraciones que se produzcan.

**[0114]** En este contexto también se hace referencia al hecho de que el uso de plástico también es adecuado como consecuencia de la sobresaliente resistencia a los golpes del plástico. De este modo, ya no se ha de descartar que choquen cristales de hielo o gotitas de agua contra el rodete radial, al menos de la primera etapa del compresor. Como consecuencia de las elevadas aceleraciones se originan en este caso fuerzas de choque muy elevadas, que los plásticos pueden resistir sin más con suficiente resistencia a los golpes. Además, la licuación en el licuador tiene lugar, preferentemente, como consecuencia del principio de cavitación. En este caso se desinflan burbujitas de vapor como consecuencia de este principio en un volumen de agua. Allí se originan, igualmente, velocidades y fuerzas considerablemente elevadas, observadas a nivel microscópico, que observadas a largo plazo pueden llevar a fatigas del material, que si embargo, cuando se emplea un plástico con una resistencia a los golpes suficiente, son fáciles de controlar.

**[0115]** El gas comprimido entregado por el último compresor 174, es decir, el vapor de agua comprimido, se suministra entonces al licuador 18, que puede estar configurado tal y como se muestra en la Fig. 2, que, sin embargo, preferentemente está configurado de la manera que se muestra en la Fig. 3a. El licuador 18 contiene un volumen de agua 180, y preferentemente un volumen de vapor 182 arbitrariamente pequeño. El licuador 18 está conformado para alimentar el vapor comprimido en el agua del volumen de agua 180, de manera que allí donde penetra vapor en el líquido, se produce inmediatamente una condensación, tal y como está indicado esquemáticamente con 184. En este caso se prefiere que el suministro de gas tenga un intervalo de ensanchamiento 186, de tal manera que el gas se distribuya en la mayor superficie posible en el volumen de agua del licuador 180. Típicamente, como consecuencia de las capas de temperatura en un tanque de agua se ajusta en la parte superior la temperatura más alta, y en la parte inferior la temperatura más baja. Debido a ello, por encima de un flotador 188 se dispone la salida de la calefacción lo más cerca posible a la superficie del volumen de agua 180, para extraer siempre el agua más caliente del volumen de agua del licuador 180. El retorno de la calefacción se suministra en la parte inferior al licuador, de manera que el vapor que se ha de licuar se pone en contacto siempre con el agua más fría posible, de manera que como consecuencia de la circulación, usando una bomba de circulación de calefacción 312, se vuelve a mover desde abajo en la dirección del límite de vapor-agua del mandril ensanchador 186.

**[0116]** La forma de realización de la Fig. 2, en la que sólo existe una bomba de circulación 312 sencilla, es suficiente cuando el licuador está dispuesto de tal manera en un edificio que las regiones que se han de calentar están por debajo del licuador, de manera que como consecuencia de la gravitación en todos los tubos de calefacción hay una presión mayor que en el licuador.

**[0117]** La Fig. 5b muestra, por el contrario, una implementación de una conexión de una tubería de calefacción al licuador con una combinación de turbina/bomba, cuando el licuador se ha de disponer a una altura inferior a la tubería de calefacción, o cuando una calefacción convencional, que requiere una presión mayor, ha de ser conectada. En caso de que, así pues, el licuador haya de ser dispuesto más bajo, es decir, por debajo de una de las superficies que se han de calentar o bien de la tubería de calefacción 300; entonces la bomba 312 se realiza como bomba accionada, tal y como se muestra con 312 en la Fig. 5b. Además, se prevé una turbina 310 en el retorno de la calefacción 20b para el accionamiento de la bomba 312, que está conectada por medio de un acoplamiento de fuerza 314 con la bomba 312. La alta presión domina entonces en la calefacción, y la baja presión domina en el licuador.

**[0118]** Puesto que como consecuencia del vapor introducido de modo constante en el licuador, el nivel del agua en el licuador se incrementaría cada vez más, está prevista la salida 22, a través de la cual, para que el nivel de agua en el licuador no se modifique fundamentalmente, deberían salir igualmente, por ejemplo, 4 ml por segundo. Para ello está prevista una bomba de salida o bien una válvula de salida 192 para la regulación de la presión, de tal manera que sin una pérdida de presión se suministre la cantidad requerida de, por ejemplo, 4 ml por segundo, es decir, que se vuelva a retirar la cantidad de vapor de agua que se suministra al licuador con el compresor en marcha. Dependiendo de la implementación se puede introducir la salida en el tubo ascendente, tal y como está mostrado con 194. Después de que a lo largo del tubo ascendente 102 se den todas las presiones posibles entre un bar y la presión existente en el espacio de evaporación, se prefiere alimentar la salida 22 en la posición 194 en el tubo ascendente, en el que existe aproximadamente la misma presión que existe después de la bomba 192 o bien de la válvula 192. A continuación no se ha de realizar ningún trabajo para volver a suministrar el agua de salida al tubo ascendente.

**[0119]** En el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 2 se trabaja completamente sin intercambiador de calor. El agua subterránea, así pues, se evapora, el vapor se licua entonces en el licuador, y el vapor licuado se bombea finalmente a través de la calefacción y se suministra de nuevo al tubo ascendente. Después de que, sin embargo, no se evapore toda la cantidad de agua que fluye a través del tubo ascendente, sino siempre sólo una

parte (muy pequeña), con ello, se suministra agua que ha fluido a través de la calefacción del suelo al agua subterránea. En caso de que algo de este tipo esté prohibido como consecuencia de prescripciones comunales, aunque la presente invención no trae consigo ningún tipo de ensuciamiento, entonces la salida también se puede conformar de tal manera que se suministre al canal la cantidad de 4 ml por segundos, que se corresponde aproximadamente con 345 l por día. Con esto se garantizaría que ningún medio que se ha encontrado en un sistema de calefacción de un edificio se alimente directamente de vuelta al agua subterránea.

**[0120]** Sin embargo, el retorno 112 desde el evaporador se puede alimentar sin problemas en el agua subterránea, ya que el agua que allí retorna solamente estuvo en contacto con el tubo ascendente y con la tubería de retorno, si bien no ha superado el "límite de evaporación" entre el mandril ensanchador de evaporación 108 y la salida al compresor de tipo dinámico.

**[0121]** Se hace referencia al hecho de que el espacio de evaporación en el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 2, así como el licuador o bien el espacio de vapor 182 del licuador han de estar hermetizados. Tan pronto como en el espacio de evaporación suba la presión por encima de la marca que es necesaria para que el agua transportada a través del tubo ascendente se evapore, se "para" el proceso de bombeado térmico.

**[0122]** A continuación se hace referencia a la Fig. 3a, que representa un ejemplo de realización preferido para el licuador 18. La tubería de suministro 198 para vapor comprimido se coloca de tal manera en el licuador, que el vapor puede salir a penas por debajo de la superficie del volumen de agua del licuador 180 en este volumen de agua. Para ello, el extremo de la tubería de vapor comprende toberas dispuestas alrededor del contorno del tubo, a través de las cuales puede salir el vapor al agua. Para que se produzca una mezcla lo mejor posible, es decir, para que el vapor se ponga en contacto con un agua lo más fría posible, para realizar un licuado lo más rápido y eficiente posible, está previsto un mandril ensanchador 200. Este mandril ensanchador está dispuesto en el volumen de agua del licuador 180. Tiene en su posición estrecha una bomba de circulación 202 que está conformada para aspirar agua fría en el suelo del licuador, y desplazarla por medio del mandril ensanchador a una corriente que se ensancha orientada hacia arriba. Gracias a ello se han de poner en contacto cantidades lo mayor posible del vapor que entra en el agua del licuador 180 con agua lo más fría posible que es entregada por la bomba de circulación 202.

**[0123]** Además se prefiere prever alrededor del licuador una insonorización 208 que puede estar conformada de modo activo o de modo pasivo. Una insonorización pasiva aislará, de modo similar a un aislamiento térmico, las frecuencias del ruido generado por medio del licuado del mejor modo posible. Del mismo modo también se prefiere aislar acústicamente el resto de componentes del sistema.

**[0124]** El aislamiento acústico también puede estar conformado alternativamente de modo activo, en el que, en este caso, por ejemplo, tendría un micrófono para la medición del ruido, y dispararía de modo correspondiente un contraefecto acústico, como por ejemplo una puesta en vibración de una pared del licuador externa, etc., con, por ejemplo, medios piezoeléctricos.

**[0125]** El ejemplo de realización mostrado en la Fig. 3 es, según esto, algo problemático, ya que entonces, cuando se desconecta la bomba de calor penetra el líquido 180 que se encuentra en el licuador en el tubo 198, en el que, en otro caso, hay un vapor comprimido. En una implementación puede estar dispuesto para ello una válvula de retorno en la tubería 198, por ejemplo cerca de la salida de la tubería del licuador. Alternativamente, la tubería 198 se puede guiar hacia arriba, y en concreto hasta que no vuelva ningún líquido al compresor cuando se desconecta el compresor. Cuando se vuelve a conectar el compresor, entonces en primer lugar por medio del vapor comprimido se presiona al agua para que salga de la tubería de evaporación 198 y vaya al licuador.

**[0126]** Sólo a continuación se hace que un vapor se condense en el licuador, cuando se ha retirado una parte suficiente del agua de la tubería 198. Un ejemplo de realización realizado de esta manera tiene, con ello, un cierto tiempo de retardo, que se requiere hasta que el volumen de agua 180 se calienta de nuevo por parte del vapor comprimido. Además, el trabajo que se requiere para volver a retirar el agua que ha entrado en la tubería 198 de la tubería no se puede volver a recuperar, y con ello, por lo que se refiere a la calefacción, está "perdido", de tal manera que no se pueden tener en cuenta pequeñas pérdidas en el rendimiento.

**[0127]** Una forma de realización alternativa que supera esta problemática está mostrada en la Fig. 3b. En contraposición a la Fig. 3a, el vapor comprimido no se suministra ahora en el interior de un tubo por debajo del nivel del agua en el licuador. En su lugar, el vapor es "introducido mediante bombeo" de cierta manera en el líquido en el licuador desde la superficie. Para ello, el licuador comprende una placa de toberas 210, que presenta toberas 212 que sobresalen respecto al plano de la placa de toberas 210. Las toberas 212 se extienden por debajo del nivel del agua del volumen de agua 180 en el licuador. Las secciones retiradas entre dos toberas, que están mostradas en las Fig. 3b con 214, se extienden, por el contrario, por encima del nivel del agua del volumen de agua 180 en el licuador, de manera que siempre entre dos toberas es la superficie del agua del licuador, que es interrumpida por una tobera. La tobera 212 tiene aberturas de la tobera, a través de las cuales el vapor comprimido, que se extiende desde la tubería 198 en el interior del volumen de vapor 182, puede penetrar en el agua del licuador, tal y como se muestra esquemáticamente por medio de flechas 216.

**[0128]** Cuando en la implementación de la Fig. 3b se desconecta el compresor, entonces esto lleva a que el líquido penetre sólo un poco en las toberas 212 de la placa de las toberas 210, de manera que también sólo se ha de emplear muy poco trabajo para, al volver a poner en marcha la bomba de calor, volver a expulsar el agua de las toberas. En cualquier caso, el mandril ensanchador 200 garantiza que como consecuencia del guiado a través del mandril ensanchador, el líquido transportado hacia arriba por medio de la bomba 202 siempre esté lo más frío posible, y se ponga en contacto con el vapor caliente. El agua caliente penetra entonces o bien directamente en la entrada 20a, o se extiende a lo largo del borde de ensanchamiento en el volumen del agua, tal y como está representado por medio de una flecha 218, de manera que en el licuador por fuera del mandril ensanchador se produce una estratificación de la temperatura que, en particular, como consecuencia de la forma del mandril ensanchador, está lo menos perturbada posible.

**[0129]** La velocidad de flujo en el borde del mandril ensanchador, donde está indicada la flecha 218, es considerablemente menor que en el centro. Se prefiere operar el licuador como almacenamiento de las capas de temperatura, de tal manera que la bomba de calor, y en particular el compresor, no haya de funcionar de modo ininterrumpido, sino que sólo haya de funcionar cuando exista la necesidad, como es igualmente el caso para instalaciones de calefacción normales, que trabajan, por ejemplo, con un quemador de aceite.

**[0130]** La Fig. 3c muestra otra implementación preferida del licuador en una forma esquemática. En particular, el licuador comprende un separador de gases 220 que está acoplado con el volumen de gas 182 en el licuador. El gas que se origina en el licuador, como por ejemplo oxígeno u otro gas que se puede desgasificar en el licuador, se acumula en el recipiente del separador de gases 220. Este gas se puede bombear entonces a la atmósfera por medio del accionamiento de una bomba 222, preferentemente en intervalos determinados, ya que una extracción de gas por bombeado continuada no es necesaria como consecuencia de la pequeña cantidad de gas que se origina. Alternativamente, el gas también se puede volver a acoplar en el retorno 112 o 113 de la Fig. 2, de manera que el gas se vuelve a llevar conjuntamente con el agua subterránea de retorno de vuelta a la reserva del agua subterránea, donde se disuelve de nuevo en el agua subterránea, o cuando penetra en la reserva del agua subterránea, pasando allí a la atmósfera.

**[0131]** Puesto que el sistema conforme a la invención trabaja con agua, no se originan gases, incluso en el caso de una fuerte desgasificación, que no estuvieran previamente disueltos en el agua subterránea, de manera que el gas separado no lleva consigo ningún tipo de problemática relativa al medio ambiente. De nuevo, se vuelve a enfatizar el hecho de que como consecuencia de la compresión del compresor del tipo dinámico conforme a la invención, y del uso de agua como líquido de trabajo, no se produce en ningún lugar contaminación o suciedades por medio de un refrigerante sintético, o por medio de un aceite como consecuencia de un circuito de aceite. Este sistema conforme a la invención tiene en cada lugar como sustancia activa agua o vapor, que es al menos tan limpio como el agua subterránea originaria, y que incluso, como consecuencia de la evaporación en el evaporador, es más limpio todavía que el agua subterránea, ya que se trata de agua destilada, cuando el vapor comprimido se ha vuelto a licuar en el licuador.

**[0132]** A continuación, haciendo referencia a la Fig. 4, se representa una forma de realización preferida del evaporador, para emplear la salida del licuador ventajosamente para la aceleración del proceso de evaporación. Para ello, la salida que está a la temperatura de retorno de la calefacción, es decir, que tiene una temperatura mucho mayor que el agua subterránea transportada desde la tierra, se hace pasar a través del mandril ensanchador 108 del evaporador, de manera que la pared del tubo de salida 204 actúa como germen para una ebullición de burbujas. Con ello se genera vapor por medio del evaporador de un modo considerablemente más eficiente que en el caso en el que no se prevea un efecto de germen. Además, se prefiere, al menos en el mandril ensanchador, conformar la pared del tubo de salida 204 del modo más estructurado posible, tal y como está representado con 206, para mejorar todavía más la germinación para la ebullición de burbujas. Cuando más rugosa sea la superficie del tubo de salida 204, más gérmenes se generan para la ebullición de burbujas. Se ha hecho referencia al hecho de que el paso a través del tubo de salida 22 sólo es muy pequeño, ya que en este caso se trata sólo de los 4 ml por segundos que se suministran al licuador en un modo de operación. Sin embargo, ya con esta pequeña cantidad, y como consecuencia de la temperatura relativamente elevada en comparación con el agua subterránea, se puede ocasionar la fundamentalmente más eficiente ebullición de burbujas, para reducir con la misma eficiencia de la bomba de calor el tamaño del evaporador.

**[0133]** Para la aceleración del proceso de evaporación, alternativa o adicionalmente también una región del evaporador, en la que se encuentra el agua que se ha de evaporar, es decir, la superficie del mandril ensanchador o una parte de la misma, puede estar realizada a partir de un material rugoso, para entregar gérmenes para la ebullición de burbujas. Alternativa o adicionalmente también se puede disponer una rejilla rugosa

**[0134]** (cerca) por debajo de la superficie del agua del agua que se ha de evaporar.

**[0135]** La Fig. 4b muestra una implementación alternativa del evaporador. Mientras que la salida en la Fig. 4a ha sido empleada únicamente como soporte al "paso" de la conformación de burbujas para el evaporado eficiente y mientras que se ha extraído tal y como se muestra en la Fig. 4a a la izquierda de la imagen cuando ha pasado el evaporador, la propia salida en la Fig. 4b se usa para reforzar la conformación de burbujas. Para ello, la salida del licuador 22 de la Fig. 2 se une, dado el caso, a través de una bomba 192 o, cuando las relaciones lo permiten, sin

bomba, con un tubo de una tobera 230 que tiene en un extremo un cierre 232, y que presenta aberturas de toberas 234. El agua del licuador caliente, que es extraída del licuador a través de la salida 22 con una tasa de, por ejemplo, 4 ml por segundo, se alimenta ahora en el evaporador. Se evaporará en su recorrido hacia una abertura de la tobera 234 en el tubo de la tobera 230, y directamente en la salida de una tobera como consecuencia de la presión demasiado pequeña para la temperatura del agua de salida, ya de cierta manera por debajo de la superficie del agua del agua del evaporador.

**[0136]** Las burbujas de vapor que allí se originan actuarán como germen para la ebullición para el agua del evaporador que se transporta a través de la entrada 102. Con ello se puede disparar sin grandes medidas adicionales una ebullición de burbujas eficientes en el evaporador, existiendo este disparo similar a la Fig. 4a como consecuencia del hecho de que la temperatura cerca de la región 206 rugosa en la Fig. 4a o bien cerca de una abertura de la tobera 234 ya es tan alta que en la presión ya existente tiene lugar directamente una evaporación. Esta evaporación fuerza la generación de una burbujita de vapor que entonces, cuando las relaciones han sido escogidas de modo ventajoso, tiene una gran probabilidad de que no se vuelva a desinflar, sino que se desarrolle hasta una burbuja de vapor que vaya a la superficie, que entonces, tan pronto como haya entrado en el volumen de vapor en la cámara de evaporación, sea aspirada a través del tubo de aspiración 12 por el compresor.

**[0137]** El ejemplo de realización mostrado en la Fig. 4b requiere que el agua del licuador se lleva al circuito del agua subterránea, ya que el medio que sale del tubo de la tobera 230, finalmente, entra a través del rebosadero del evaporador de vuelta al retorno 112, y con ello se vuelve a poner en contacto con el agua subterránea.

**[0138]** En caso de que existan cargas relativas a la ley del agua, u otras razones que hagan que esto no sea permitido, entonces se puede emplear el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 4c. En este caso, el agua caliente del licuador entregada por la salida del licuador 22 se introduce, por ejemplo, con una tasa de 4 ml por segundo en un intercambiador de calor 236, para entregar su calor a un agua subterránea que se ha ramificado desde la corriente de agua subterránea principal en la tubería 102 a través de una tubería de ramificación 238 y una bomba de ramificación 240. El agua subterránea ramificada reduce entonces fundamentalmente el calor de la salida del licuador en el interior del intercambiador de calor 236, de manera que el agua subterránea precalentada, por ejemplo, se introduce en el tubo de las toberas 230 a una temperatura de 33°C, para, a través de la temperatura elevada en comparación con el agua subterránea iniciar de modo efectivo o soportar la ebullición de las burbujas en el evaporador. Por el contrario, el intercambiador de calor entrega a través de una tubería de salida 238 agua de salida relativamente fuertemente refrigerada, que a continuación es suministrada a través de una bomba de salida 240 a la canalización. Como consecuencia de la combinación formada por la tubería de ramificación 238 y la bomba de ramificación 240 y el intercambiador de calor 236 sólo se usa o se introduce en el evaporador agua subterránea, sin que haya estado en contacto con otro medio. Con ello, no existe una relevancia relativa a la ley del agua en el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 4c.

**[0139]** La Fig. 4 muestra una implementación alternativa del evaporador con alimentación por el borde. En este caso, en contraposición a la Fig. 2, el mandril ensanchador 220 del evaporador está dispuesto por debajo del nivel del agua 110 en el evaporador. Esto lleva a que el agua fluye "desde el exterior" al centro del mandril ensanchador, para volver a ser llevada entonces a una tubería central 112. Mientras que la tubería central ha servido en la Fig. 2 para la alimentación del evaporador, esta sirve ahora en la Fig. 4d para la derivación del agua subterránea no evaporada. Por el contrario, la tubería 112 mostrada en la Fig. 2 ha servido para la extracción del agua subterránea no evaporada. En la Fig. 4d, esta tubería en el borde, por el contrario, hace las veces de suministro de agua subterránea.

**[0140]** La Fig. 4e muestra una implementación preferida del mandril ensanchador 200, tal y como se puede emplear en el evaporador, o del mandril ensanchador, tal y como también se puede emplear, por ejemplo, en el licuador, o como se muestra, por ejemplo, en la Fig. 2 o en la Fig. 3a o 3. El mandril ensanchador está realizado preferentemente de tal manera que su diámetro pequeño preferentemente entra en el centro de la superficie "grande" del mandril ensanchador en el mandril ensanchador. Este diámetro de esta entrada o de esta salida (en la Fig. 4d) tiene un valor preferentemente entre 3 y 10 cm, y en ejemplos de realización especialmente preferidos, entre 4 y 6 cm.

**[0141]** El diámetro grande  $d_2$  del mandril ensanchador tiene un valor, en ejemplos de realización preferidos, entre 15 y 100 cm, y en el caso de ejemplos de realización especialmente preferidos, es menor de 25 cm. La pequeña realización del evaporador es posible cuando se emplean medidas eficientes para el inicio y el soporte de la ebullición de burbujas, tal y como han sido explicadas anteriormente. Entre el radio  $d_1$  pequeño y radio  $d_2$  grande se encuentra una región de curvatura del mandril ensanchador, que preferentemente está configurada de tal manera que en esta región resulta una corriente laminar, que baja de una tasa de flujo rápida, que tiene un valor, preferentemente en el intervalo de 7 a 40 cm por segundo, a una tasa de flujo pequeña en el borde del mandril ensanchador. Se evitan preferentemente las fuertes discontinuidades de la tasa de flujo, como por ejemplo remolinos en la región de la línea de curvatura o "efectos de burbujeo" por encima de la entrada cuando se mira desde arriba al mandril ensanchador ya que, dado el caso, pueden ser perjudiciales para el rendimiento.

**[0142]** En el caso de ejemplos de realización especialmente preferidos, el mandril ensanchador tiene una

forma que lleva a que la altura del nivel de agua esté por encima de la superficie del mandril ensanchador sea menor que 15 mm, y que esté preferentemente entre 1 y 5 mm. Debido a ello se prefiere emplear un mandril ensanchador 200, que está conformado de tal manera que en más de un 50 % de la superficie del mandril ensanchador, cuando se observa este desde arriba, exista una altura del agua que sea menor que 15 mm. Con ello se puede garantizar por encima de toda la región una evaporación eficiente, que por lo que se refiere a su eficiencia se incrementa aún más, especialmente, cuando se toman medias para iniciar la ebullición de burbujas.

**[0143]** La bomba de calor conforme a la invención sirve, con ello, para el suministro de calor eficiente de edificios, y no requiere ninguna sustancia activa que tenga una influencia dañina para el medio ambiente. Según la invención, se evapora agua bajo una presión muy reducida, se comprime por medio de uno o varios compresores del tipo dinámico dispuestos uno tras otro, y se vuelve a licuar para formar agua. La energía transportada se usa para el calentamiento. Según la invención se usa una bomba de calor que preferentemente representa un sistema abierto. El sistema abierto significa aquí que el agua subterránea, u otro medio acuoso que lleve energía calorífica disponible se evapora bajo una presión reducida, se comprime y se licua. El agua se usa directamente como sustancia activa. La energía contenida no se transmite, así pues, a un sistema cerrado. El agua licuada se usa preferentemente directamente en el sistema de calefacción, y a continuación se vuelve a suministrar al agua subterránea. Para desacoplar el sistema de calefacción de modo capacitivo, se puede cerrar igualmente a través de un intercambiador de calor.

**[0144]** La eficiencia y la utilidad de la presente invención se representa a partir de un ejemplo numérico. Cuando se parte de una necesidad de calor anual de 30.000 kWh, se han de usar, según la invención, para esto, aproximadamente 3750 kWh de corriente eléctrica para la operación del compresor del tipo dinámico, ya que el compresor del tipo dinámico sólo ha de entregar aproximadamente una octava parte de la necesidad total de calor.

**[0145]** La octava parte resulta del hecho de que sólo en el caso de frío extremo se ha de emplear una sexta parte y, por ejemplo, en caso de temperaturas de transición, como en marzo o a finales de octubre, el rendimiento puede incrementarse hasta un valor mayor de 12, de manera que en media a lo largo del año se ha de emplear un máximo de una octava parte.

**[0146]** Con unos costes de corriente de aproximadamente 10 céntimos por kWh, que se pueden alcanzar para la corriente cuando se compra la corriente, para la que la central eléctrica no ha de garantizar libertad de interrupciones, esto se corresponde aproximadamente costes anuales de 375 euros. Si se quisieran generar 30.000 kWh con aceite, se necesitarían aproximadamente 4000 l, que con los costes de aceite actuales, que en el futuro probablemente no bajarán, se corresponderían con un precio de 2800 euros. Conforme a la invención y según esto, ¡se pueden ahorrar al año 2425 euros! Además se hace referencia al hecho de que en comparación con la combustión de aceite o gas con la finalidad de la calefacción, por medio del concepto conforme a la invención se ahorra hasta un 70 % de la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado.

**[0147]** Para la reducción de los costes de fabricación y también para la reducción de los costes de mantenimiento y de montaje se prefiere realizar la carcasa del evaporador, del compresor y/o del licuador, y también, en particular, el rodete radial del compresor del tipo dinámico a partir de plástico, y en particular a partir de plástico moldeado por inyección. El plástico es adecuado, ya que el plástico, en relación al agua, es resistente a la corrosión, y según la invención, de modo ventajoso, las temperaturas máximas en comparación con las calefacciones convencionales están claramente por debajo de las temperaturas de deformación de los plásticos que se pueden emplear. Además, el montaje es especialmente sencillo, ya que en el sistema formado por el evaporador, el compresor y el licuador reina una presión negativa. Con ello se le exigen fundamentalmente menos requerimientos a las obturaciones, ya que la presión total de la atmósfera ayuda en este caso a mantener la carcasa hermética. El plástico está especialmente indicado en particular, además, ya que en ningún lugar en el sistema conforme a la invención se producen temperaturas elevadas que hicieran necesario el empleo de plásticos especiales caros, metal o cerámica. Por medio del moldeado por inyección del plástico también se puede optimizar como se quiera la forma del rodete radial, y a pesar de ello, a pesar de la forma complicada, se puede fabricar de un modo sencillo y barato.

**[0148]** Según un ejemplo de la presente bomba de calor, esta presenta en la primera sección un evaporador, que se puede acoplar con una fuente de calor, un compresor del tipo dinámico 16, que está conformado para consumir corriente eléctrica, y el licuador 18, estando la fuente de calor dimensionada de tal manera que el líquido de trabajo se evapora con la primera presión.

**[0149]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador 110 está conformado para evaporar agua que se puede encontrar en el medio ambiente en forma de agua subterránea, agua de mar, agua de río, agua de lago o agua salina, y el licuador 18 está conformado para suministrar agua licuada al evaporador, al suelo o a una instalación de depuración

**[0150]** En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor 16 está conformado para comprimir el vapor de trabajo a una presión de trabajo superior a 25 hPa.

**[0151]** En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor del tipo dinámico está conformado como compresor radial.

- 5 **[0152]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador 10 presenta un tubo ascendente 102 acoplado con el espacio de evaporación 100, uno de cuyos extremos está unido con un recipiente 116 lleno de líquido para el líquido de trabajo, y cuyo otro extremo está unido con el espacio de evaporación 100, de manera por medio del efecto de la gravitación se origina en el espacio de evaporación 100 la presión de evaporación.
- [0153]** En un ejemplo de la bomba de calor, el tubo ascendente 102 está conformado para tener una altura de más de 8 m.
- 10 **[0154]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador presenta una turbina 150, a través de la cual se reduce una presión de un líquido de trabajo que fluye, y que, en este caso, extrae energía del líquido de trabajo, estando acoplada la turbina 150 además con una bomba 152 de modo efectivo, para llevar un líquido de trabajo de retorno desde la presión en el espacio de evaporación a la presión del líquido de trabajo que fluye, estando conformado el acoplamiento 154 efectivo de tal manera que la bomba 152 usa al menos una parte de la energía que ha extraído la turbina.
- 15 **[0155]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador 10 presenta las siguientes características: un mandril ensanchador 108, que se ensancha en el espacio de evaporación en al menos el triple de un diámetro de una entrada al espacio de evaporación; un dispositivo recogedor 110, que está conformado para recoger el líquido de trabajo que rebose por encima de un borde del mandril ensanchador 108; y un dispositivo de salida 112, que está conformado para retirar el líquido de trabajo que rebose.
- 20 **[0156]** En un ejemplo de la bomba de calor, el dispositivo de salida 112 está acoplado con un dispositivo de control del flujo 114, pudiéndose controlar el dispositivo de control del flujo para tener un nivel del líquido de trabajo que rebosa en el dispositivo de recogida 110 en un intervalo predeterminado.
- 25 **[0157]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador 10 presenta un separador de gases que está conformado para retirar al menos una parte de un gas, que está disuelto en el agua que se ha de evaporar, del agua que se ha de evaporar, de manera que la parte retirada del gas no se aspira a través del espacio de evaporación del compresor.
- 30 **[0158]** En un ejemplo de la bomba de calor, el separador de gases está dispuesto para suministrar la parte retirada del gas a un agua no evaporada, para que el gas sea retirado por el agua no evaporada.
- 35 **[0159]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador 10 presenta las siguientes características: un mandril ensanchador 200 que se ensancha en el espacio de evaporación en al menos el triple de un diámetro de una salida 112 fuera del espacio de evaporación 100; un dispositivo de recogida, que está conformado para recoger el líquido de trabajo suministrado al espacio de evaporación, y un dispositivo de entrada, para alimentar el dispositivo de recogida con agua subterránea; en el que el mandril ensanchador está dispuesto en el espacio de evaporación de tal manera que el líquido de trabajo fluye por encima de un borde del mandril ensanchador con un diámetro elevado a una región del mandril ensanchador con menor diámetro, y desde allí sale a través de una tubería.
- 40 **[0160]** En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador presenta un separador de gases 220, 222, para retirar el gas que se acumula en el licuador, que se diferencia del vapor de agua, del volumen del separador 220.
- 45 **[0161]** En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una salida 22, para retirar líquido de trabajo licuado, y la salida 22 presenta una sección 204 que está dispuesta en el evaporador, para entregar un efecto germinal para una evaporación de burbujas en el evaporador.
- 50 **[0162]** En un ejemplo de la bomba de calor, una sección 204 de una salida para el agua del licuador tiene una región de rugosidad 206 que tiene una rugosidad superficial que es al menos tal, que se incrementa un efecto germinal para la conformación de burbujas en comparación con una superficie lisa de la salida en forma de un tubo convencional.
- 55 **[0163]** En un ejemplo de la bomba de calor, la salida 22 está acoplada con un tubo de la tobera 230, que presenta aberturas de la tobera 234, para introducir un líquido de trabajo que se encuentra en el tubo de la tobera 230 en un agua que se encuentra en el evaporador y que se ha de evaporar, para entregar un efecto germinal para una evaporación de burbujas en el evaporador.
- 60 **[0164]** En un ejemplo de la bomba de calor, el evaporador presenta un intercambiador de calor 236, una tubería de ramificación 238 para la alimentación del intercambiador de calor y una salida del intercambiador de calor que está acoplada con el tubo de las toberas 230, que presenta aberturas de las toberas 234, y estando acoplado el intercambiador de calor 236 en la parte de la entrada con una salida del licuador 22, de manera que se transmite un calor de un líquido entregado por la salida del licuador 22 en un líquido de trabajo suministrado al tubo de la tobera 230, para entregar un efecto germinal para una evaporación de burbujas en el evaporador.
- 65

- 5 [0165] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una salida 22 para retirar el líquido de trabajo licuado, estando acoplada la salida en un punto de acoplamiento 194 con el tubo ascendente 102 o con un tubo de retorno 113, donde una presión del líquido en el tubo ascendente o en el tubo de retorno 113 es menor o igual que una presión en la salida 22.
- 10 [0166] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una salida 22 para retirar el líquido de trabajo licuado, estando acoplada la salida en un punto de acoplamiento 194 con el tubo ascendente 102 o con un tubo de retorno 113, estando dispuesto entre la salida 22 del licuador 18 y la posición de acoplamiento 194 un dispositivo de compensación de la presión 192, estando conformado el dispositivo de compensación de la presión 192 para controlar una presión del agua retirada del licuador 18 de tal manera que el agua entre en el tubo ascendente 102 o en el tubo de retorno 192.
- 15 [0167] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una salida 22, que presenta una bomba 192, que está conformada para incrementar una presión de un agua retirada del licuador a una presión tal que el agua retirada pueda entrar en un canal o en un terrero para filtración.
- 20 [0168] En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor 16 presenta una rueda giratoria, que está conformada como rodete radial, rueda semiaxial, rueda axial o hélice, y que se puede accionar por medio de energía suministrada de modo externo, para comprimir el vapor de trabajo.
- 25 [0169] En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor 18 presenta un espacio de licuado, que se puede llenar al menos parcialmente con el volumen de agua del licuador 180, y que además está conformado para mantener el nivel de agua por encima de un nivel mínimo.
- 30 [0170] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una tubería de evaporación 198, que está acoplada con una salida del compresor 16, estando dispuesta la tubería de evaporación de tal manera en el volumen de agua 180 que el vapor puede entrar por debajo de un nivel de agua actual en el volumen de agua 180.
- 35 [0171] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 está conformado para suministrar el vapor comprimido a través de un tubo, que está dispuesto por debajo de una superficie del agua en el licuador, al licuador, presentando el tubo aberturas de las toberas, de manera que el vapor puede entrar a través de una superficie determinada por medio de las aberturas de las toberas en un volumen de agua en el licuador.
- 40 [0172] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador presenta una placa de toberas 210 con aberturas de las toberas 212 sobresalientes, en el que la placa de las toberas está dispuesta de tal manera en relación al volumen de agua 180 en el licuador, que un nivel de agua en el licuador se encuentra entre una abertura de tobera 212 sobresaliente y la placa de las toberas 210.
- 45 [0173] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta una bomba de circulación 202 para la circulación de líquido de trabajo licuado, para transportar líquido de trabajo frío a una posición de condensación, o calor a un líquido de trabajo frío.
- 50 [0174] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador presenta una salida de la calefacción 20a y un retorno de la calefacción 20b respecto al volumen de agua del licuador 180.
- 55 [0175] En un ejemplo de la bomba de calor, en una sección del retorno de la calefacción 20b está dispuesta una turbina 310, a través de la cual se reduce una alta presión en el sistema de calefacción 300 a una baja presión en el volumen de agua 180 del licuador 18, y la energía obtenida en este caso se retira del agua de calefacción, estando acoplada la turbina 310 además con la bomba 312 de modo efectivo, para llevar el agua de calefacción desde la presión baja en el licuador a la presión alta en el sistema de calefacción 300, estando conformado el acoplamiento 314 efectivo de tal manera que la bomba 312 usa al menos una parte de la energía que ha retirado la turbina 310.
- 60 [0176] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta un intercambiador de calor para desacoplar un sistema de calefacción 300 y el licuador desde el punto de vista del líquido.
- 65 [0177] En un ejemplo de la bomba de calor, el licuador 18 presenta un mandril ensanchador 200 con una abertura estrecha y una abertura ancha, estando dispuesto el mandril ensanchador de tal manera en el licuador que una bomba de circulación 202 está dispuesta en la abertura estrecha, y el vapor comprimido se puede suministrar a la abertura ancha 198.
- [0178] En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor 16 está realizado por medio de varios compresores de tipo dinámico dispuestos uno a continuación del otro, para comprimir el vapor de trabajo por medio de un primer compresor del tipo dinámico 172 a una presión intermedia, y para comprimir el vapor de trabajo por medio de un último compresor de tipo dinámico 174 a una presión de trabajo.

- [0179] En un ejemplo de la bomba de calor, al menos dos compresores del tipo dinámico dispuestos uno detrás del otro presentan ruedas axiales, que se operan con las direcciones de giro que están orientadas opuestas entre sí.
- 5 [0180] En un ejemplo de la bomba de calor, según un primer compresor del tipo dinámico 172 u otro compresor del tipo dinámico 174 están dispuestos uno o varios intercambiadores de calor 170, para extraer del vapor de trabajo calor, y con ello calentar agua.
- 10 [0181] En un ejemplo de la bomba de calor está conformado el intercambiador de calor, para reducir la temperatura del vapor de trabajo como máximo a una temperatura que sea mayor que una temperatura antes de una etapa de compresión 172 previa.
- [0182] En un ejemplo de la bomba de calor, esta presta además un aislamiento acústico 208, que está conformado para que se atenúen los ruidos dentro del licuador, evaporador o compresor en al menos 6 dB.
- 15 [0183] En un ejemplo de la bomba de calor esta presenta la siguiente característica: un control 250 para el mantenimiento de una temperatura teórica, para el registro de una temperatura real y para el control del compresor 16, para elevar una presión de salida y un volumen de salida del compresor cuando la temperatura teórica es mayor que la temperatura real, y para reducir la presión de salida o el volumen de salida cuando la temperatura teórica es menor que la temperatura real.
- 20 [0184] En un ejemplo de la bomba de calor, al menos el espacio de evaporación, una carcasa del compresor o una carcasa del licuador o un rodete radial del compresor del tipo dinámico están realizados de plástico.
- 25 [0185] En un ejemplo de la bomba de calor, el compresor del tipo dinámico 16 presenta un compresor radial con un rodete radial 260 que presenta un gran número de palas 262, 272, 274, 276 que se extienden desde uno o varios radios exteriores a uno o varios radios interiores, extendiéndose las palas de diferentes radios  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $r_1$  del rodete radial hacia el exterior en relación al rodete radial.
- 30 [0186] En un ejemplo de la bomba de calor, entre dos palas 262 que se extienden desde un radio ( $r_w$ ) hacia el exterior en relación al rodete radial 260 está dispuesta al menos una pala 272, que se extiende desde un radio ( $R_1$ ) mayor hacia el exterior en relación al rodete radial 260.
- 35 [0187] En un ejemplo de la bomba de calor, el rodete radial 260 presenta una base 266 y una tapa 268, en la que al menos una pala 272 del rodete radial 260, que se extiende desde un radio mayor ( $R_1$ ) que otra pala 262 hacia el exterior, está unida por medio de una unión de material tanto con la tapa 268 como con la base 266.
- 40 [0188] En un ejemplo del procedimiento, una temperatura del agua que en la etapa del compresor se comprime es menor que 80°C, y una temperatura del vapor que se genera en la etapa del evaporado es mayor que 120°C.

**REIVINDICACIONES**

1. Bomba de calor con las siguientes características:  
 una primera sección para la evaporación (10) de un líquido de trabajo con una primera presión, para la compresión (16) del líquido de trabajo evaporado a una segunda presión mayor, y para el licuado (18) del líquido de trabajo comprimido en un licuador (18); y  
 una segunda sección para la compresión (1100) del líquido de trabajo líquido a una tercera presión, que es mayor que la segunda presión, para la evaporación (1102) del líquido de trabajo comprimido a la tercera presión, para la relajación (1106) del líquido de trabajo evaporado, para generar corriente eléctrica, y para el licuado del líquido de trabajo evaporado relajado en el licuador (18), caracterizada porque la primera presión es menor que 20 hPa, la segunda presión es mayor que 5 hPa por encima de la primera presión, y la tercera presión es mayor que 0,2 MPa.
2. Bomba de calor según la reivindicación 1, en la que la primera sección está conformada para usar corriente eléctrica para la compresión del líquido de trabajo evaporado, que procede de la segunda sección o de una red de suministro de corriente externa, y en la que la segunda sección está conformada para alimentar la corriente eléctrica al menos parcialmente a la red de suministro de corriente externa.
3. Bomba de calor según la reivindicación 1, en la que el líquido de trabajo es agua.
4. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda sección está conformada para evaporar el líquido de trabajo líquido comprimido a la tercera presión usando una fuente de energía primaria (1102), en la que la fuente de energía primaria presenta una corriente de gas de salida de un proceso de combustión, o un dispositivo de derivación de calor de un colector solar.
5. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el licuador (18) presenta dos entradas, en la que una primera entrada está unida a un compresor del tipo dinámico de la primera sección, y en la que la segunda entrada está unida con una turbina (1106) de la segunda sección.
6. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la segunda sección presenta una bomba de líquido (1100), un evaporador (1102) que se puede acoplar con una fuente de calor, una turbina (1106) para la entrega de corriente eléctrica y el licuador (18), en la que la fuente de calor está dimensionada de tal manera que el líquido de trabajo se evapora a la tercera presión.
7. Bomba de calor según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera sección presenta un evaporador (10), que se puede acoplar con una fuente de calor, un compresor del tipo dinámico (16), que está conformado para consumir corriente eléctrica, y el licuador (18), en la que la fuente de calor está dimensionada de tal manera que el líquido de trabajo se evapora a la primera presión.
8. Procedimiento para el bombeo de calor con las siguientes etapas:  
 Operación de una primera sección, en la que la etapa de la operación de la primera sección presenta una etapa de la evaporación de un líquido de trabajo a una primera presión, una etapa de la compresión del líquido de trabajo evaporado a una segunda presión mayor, y una etapa del licuado del líquido de trabajo comprimido en un licuador (18), y operación de una segunda sección, en la que la operación de la segunda sección presenta una etapa de la compresión del líquido de trabajo líquido a una tercera presión, que es mayor que la segunda presión, una etapa de la evaporación del líquido de trabajo comprimido a la tercera presión, una etapa de la relajación del líquido de trabajo evaporado a una presión que es menor que la tercera presión, para generar corriente eléctrica, y una etapa para el licuado del líquido de trabajo evaporado relajado en el licuador (18), caracterizada porque la primera presión es menor que 20 hPa, la segunda presión es menor que 5 hPa por encima de la primera presión, y la tercera presión es mayor que 0,2 MPa.

FIGURA 1A

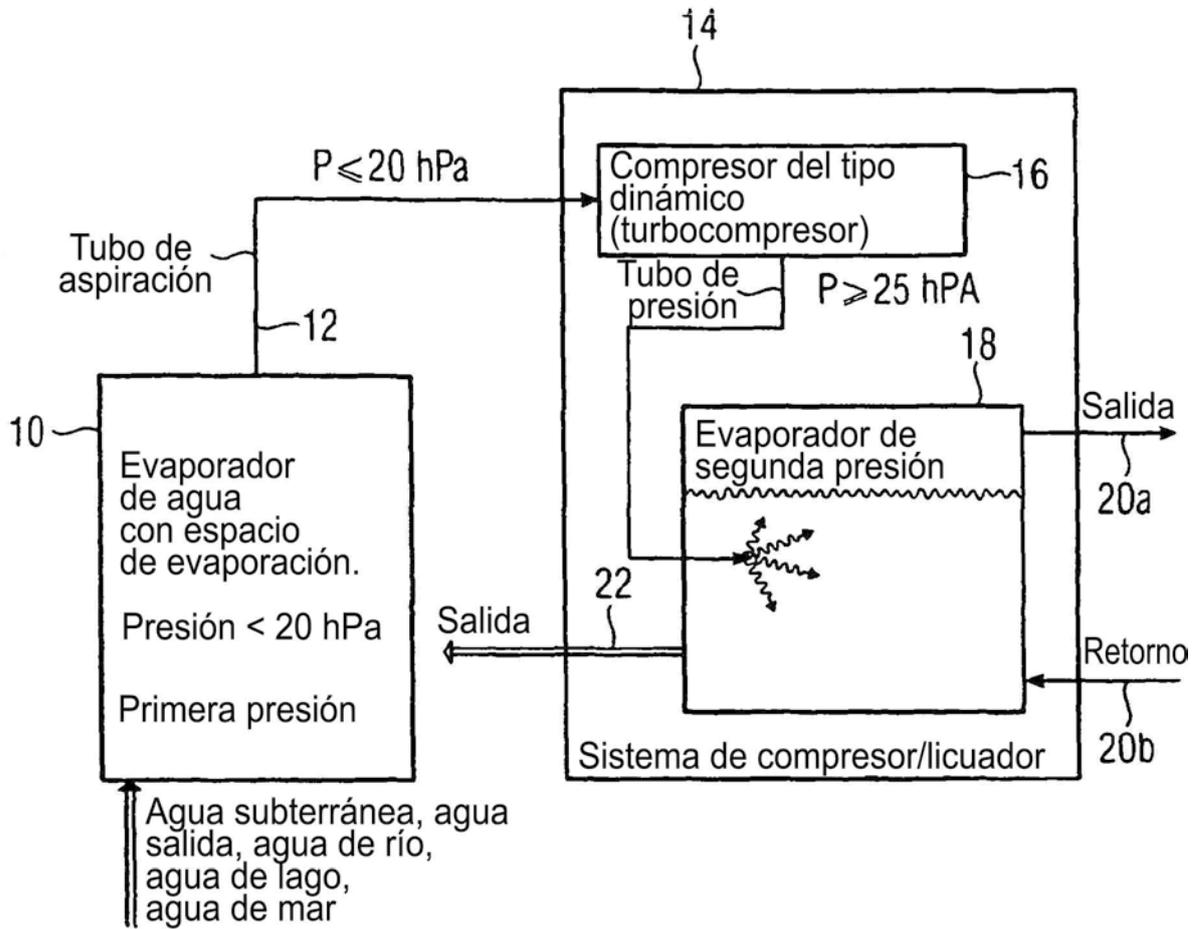
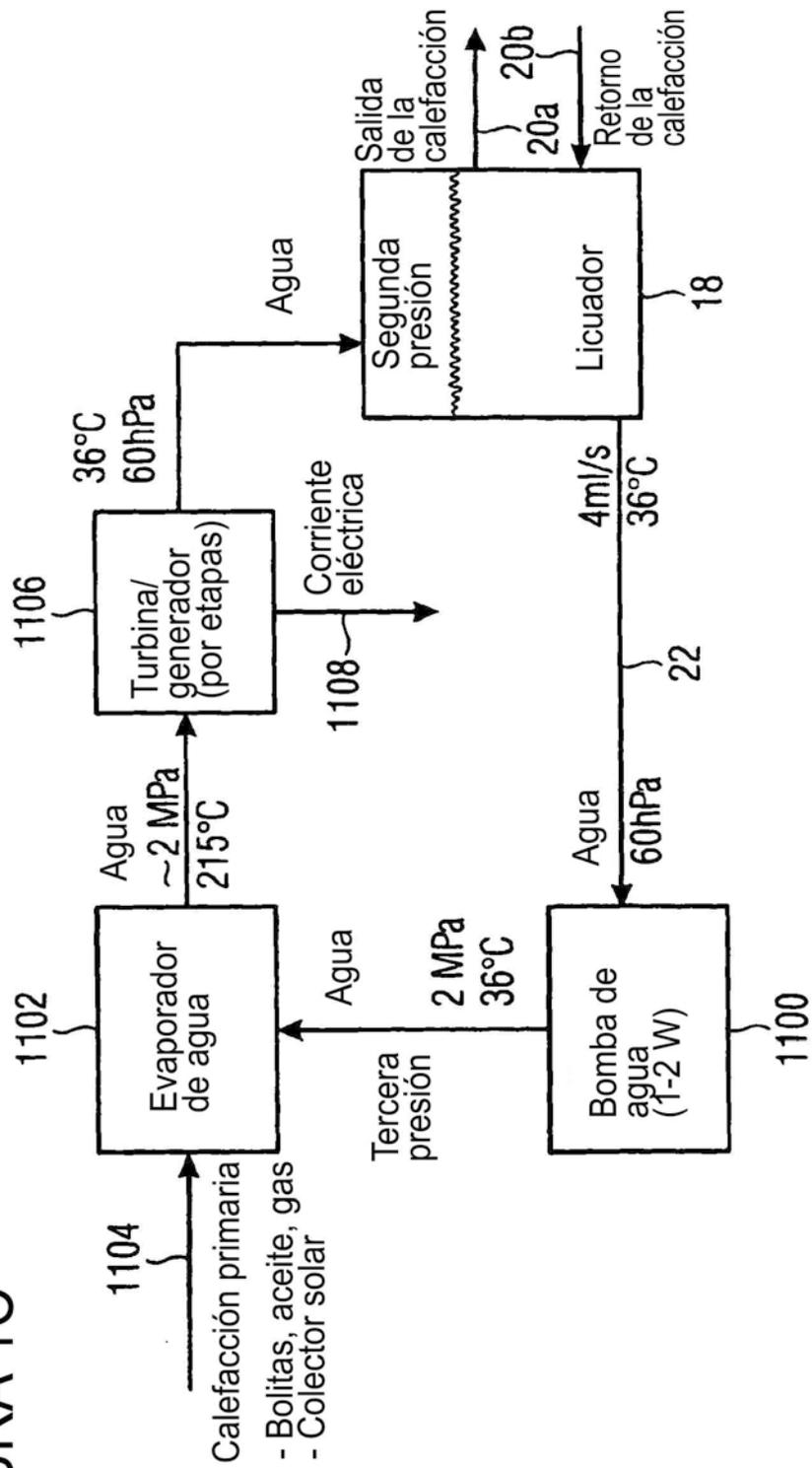


FIGURA 1B

P[hPa]	8	12	30	60	100	1000
Tem. de evaporación	4°C	12°C	24°C	36°C	45°C	100°C

FIGURA 1C



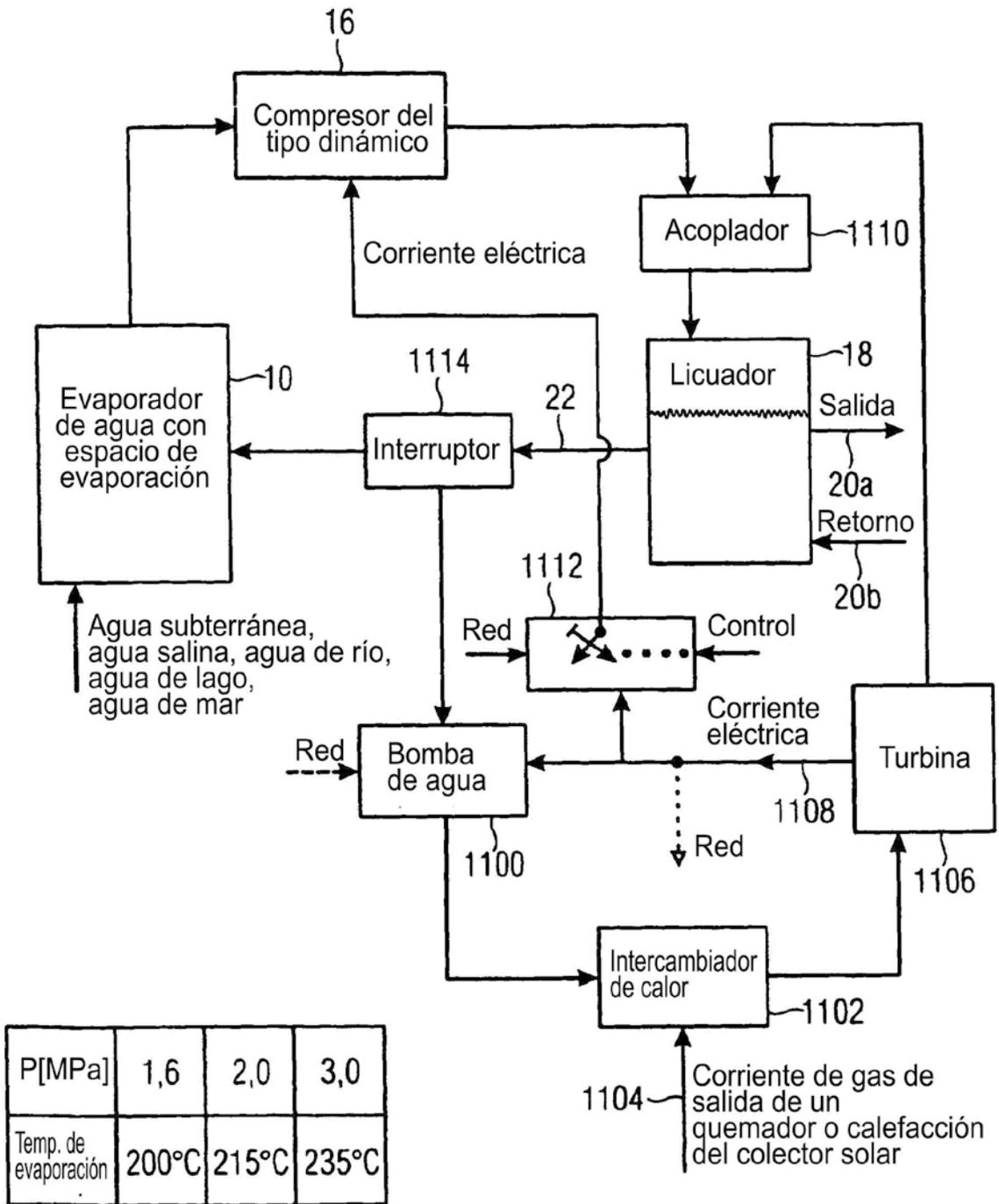


FIGURA 1D

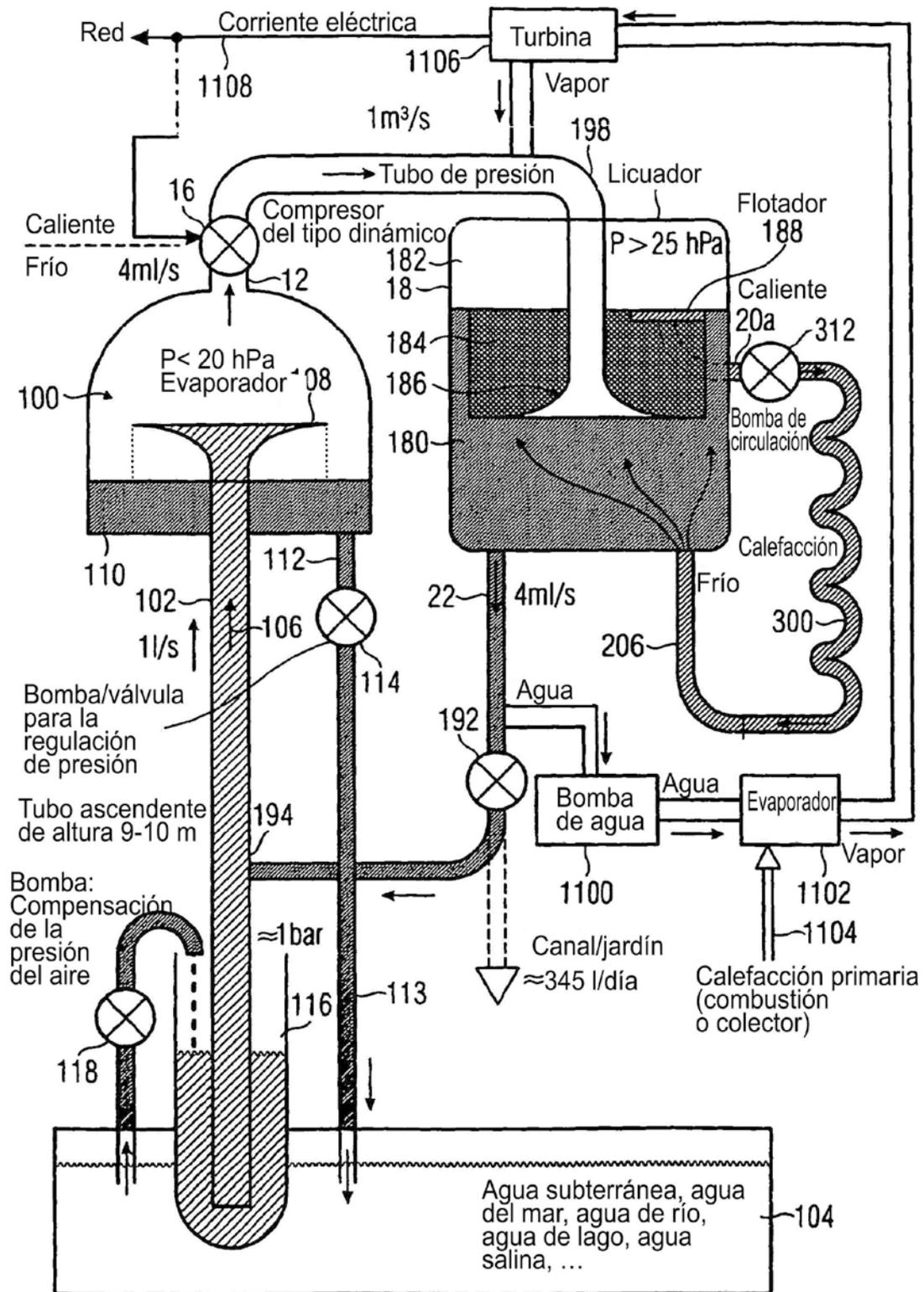


FIGURA 2

FIGURA 3A

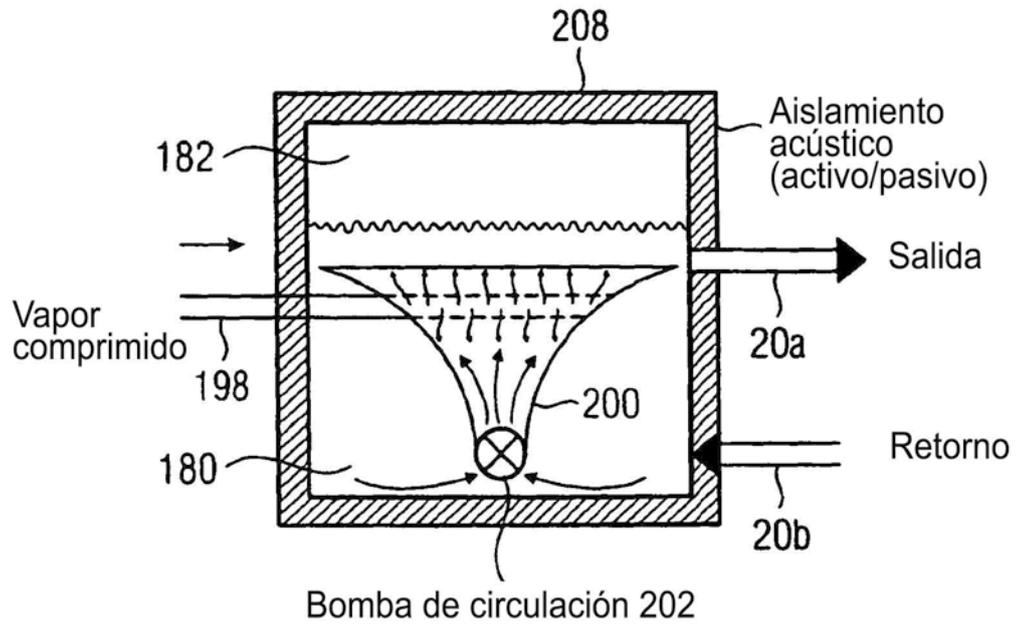


FIGURA 3B

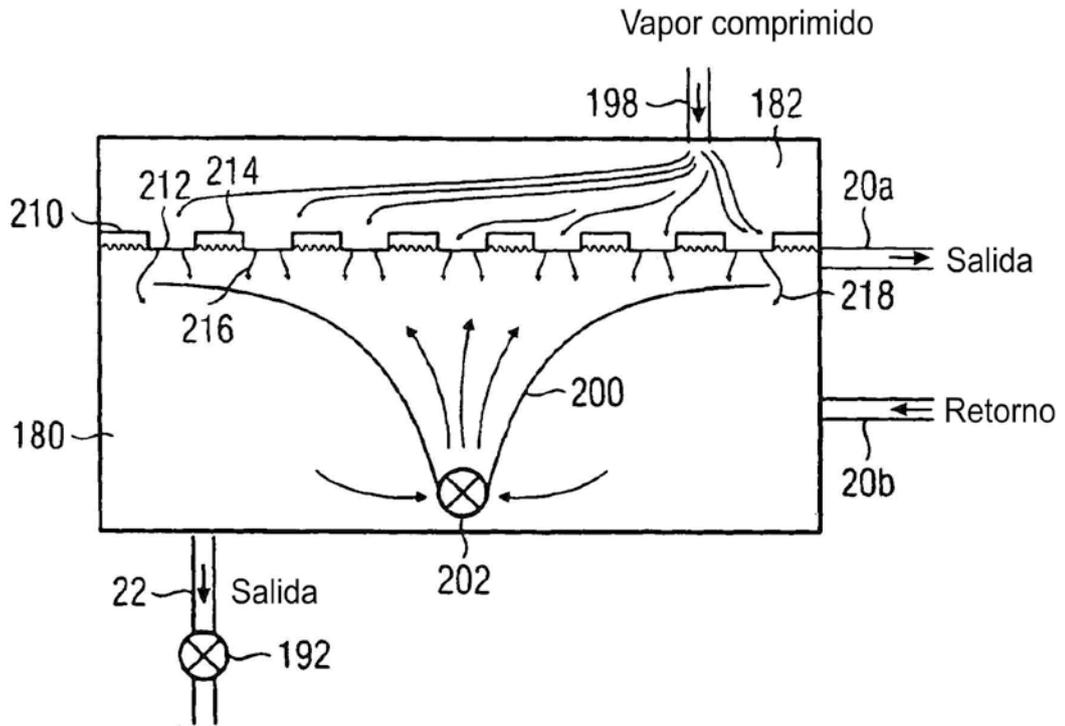


FIGURA 3C

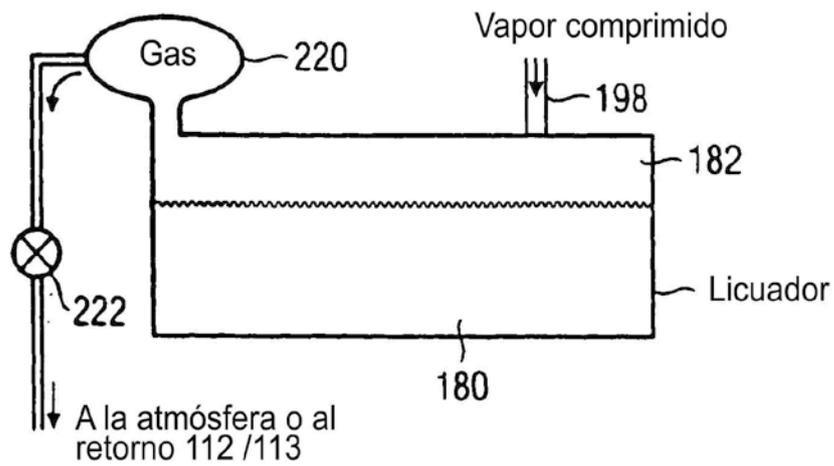


FIGURA 4A

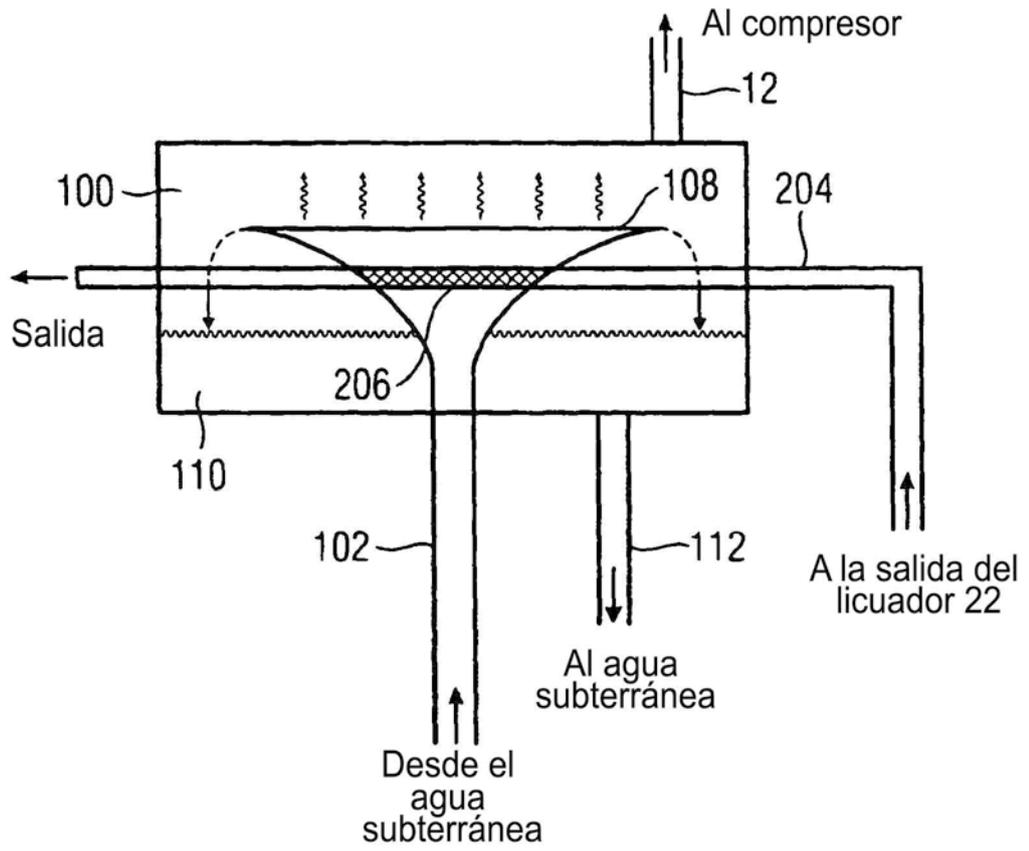


FIGURA 4B

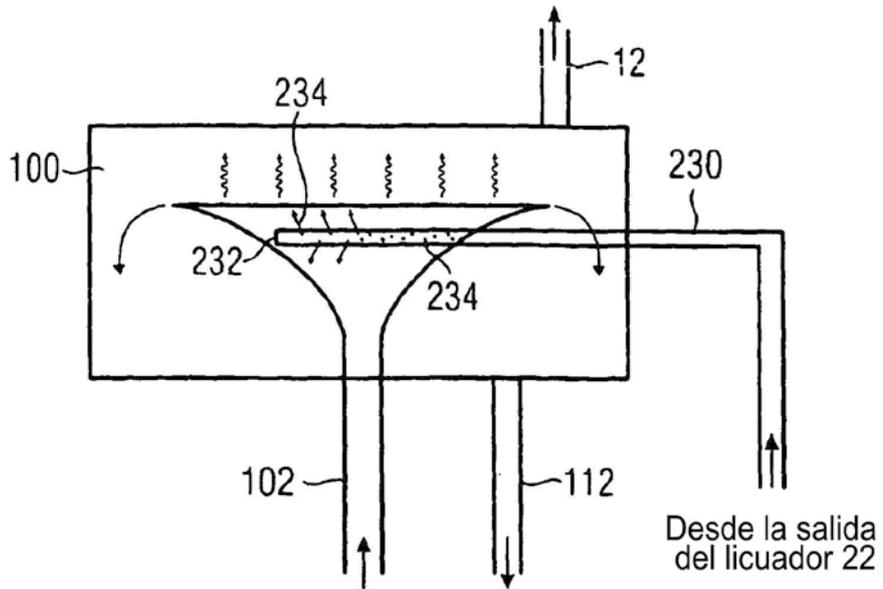


FIGURA 4C

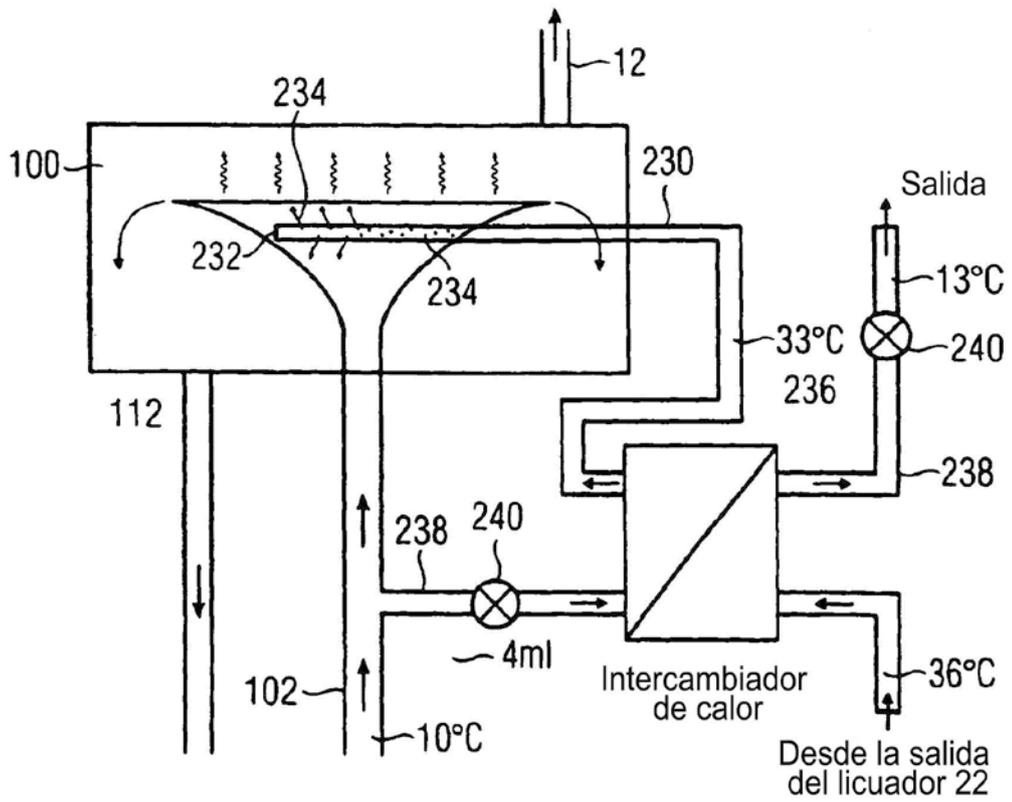


FIGURA 4D

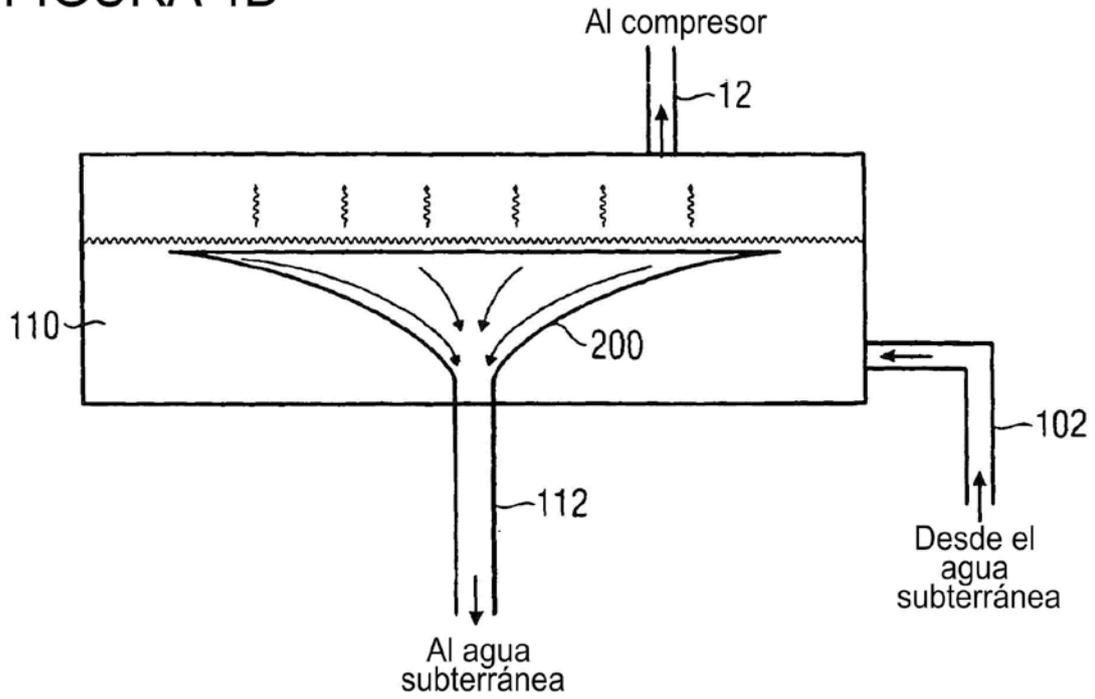


FIGURA 4E

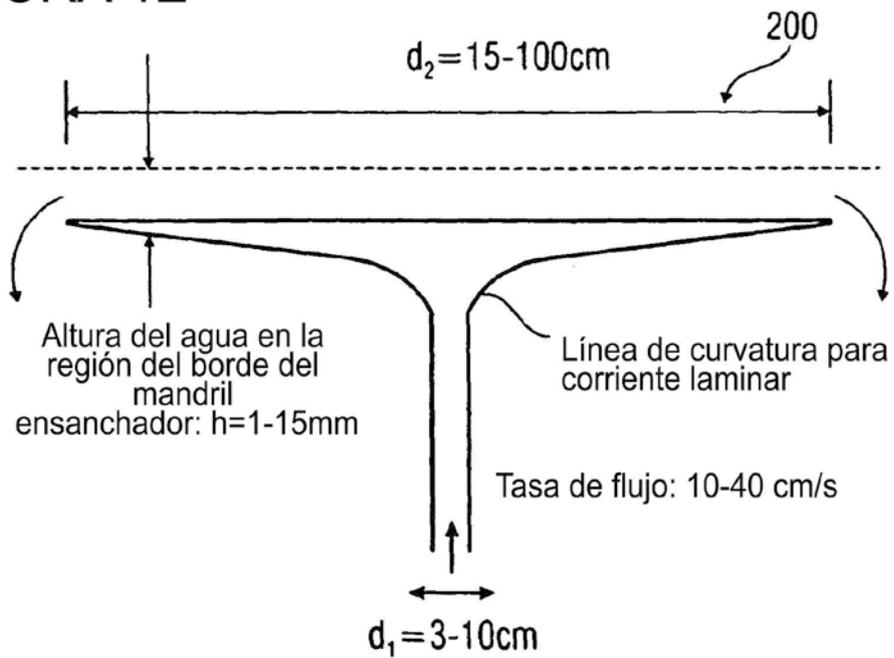


FIGURA 5A

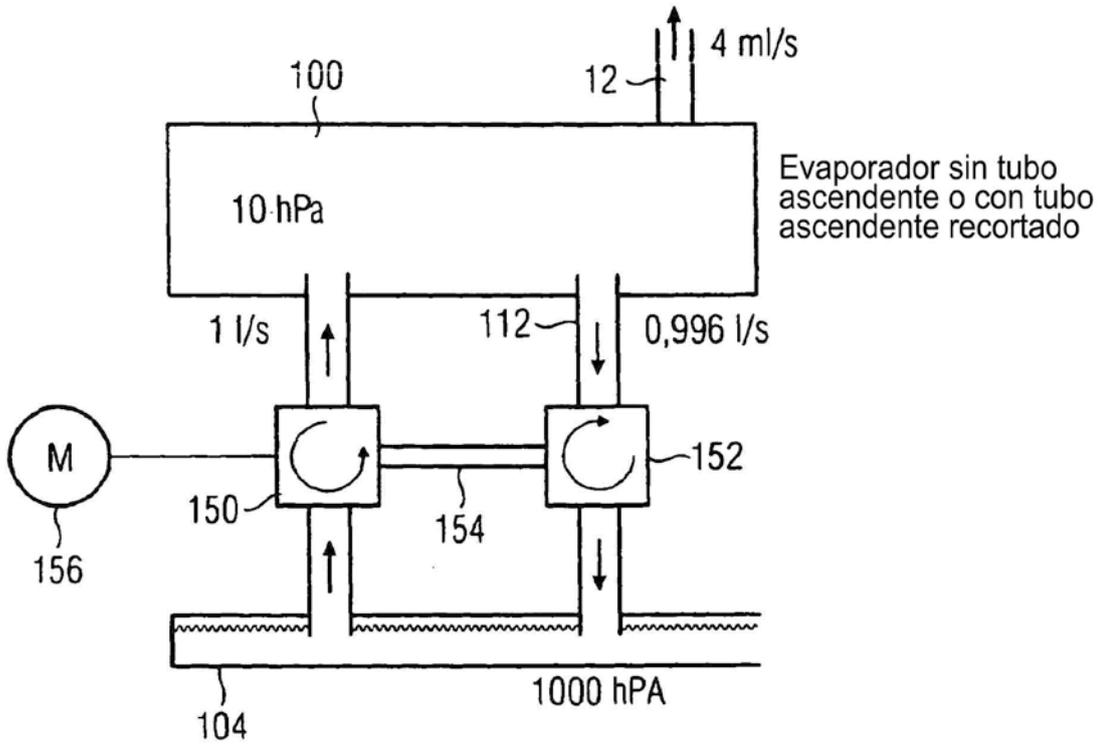


FIGURA 5B

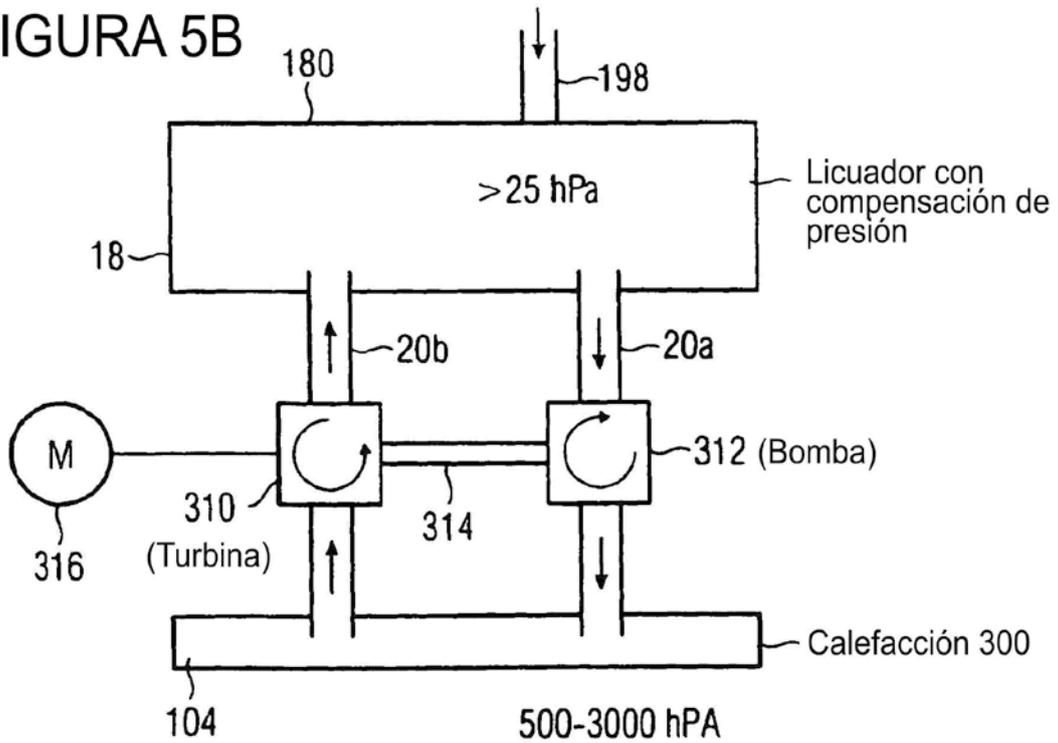


FIGURA 6A

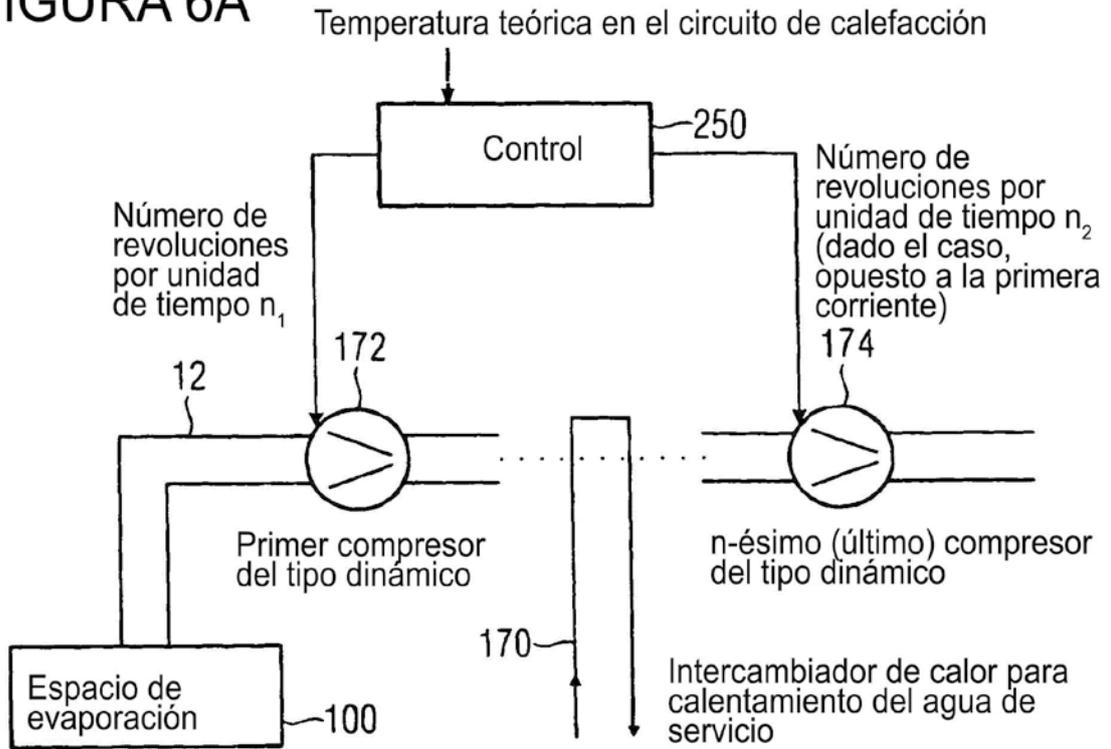


FIGURA 6B

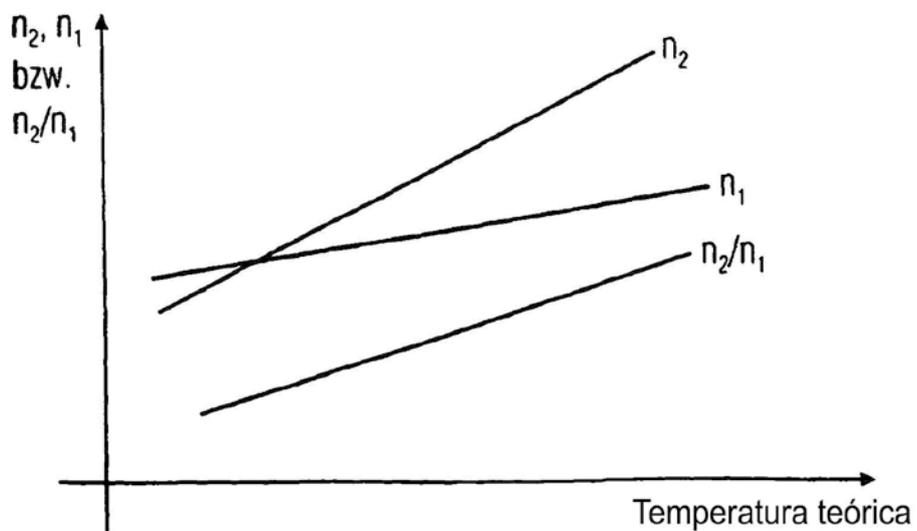


FIGURA 6C

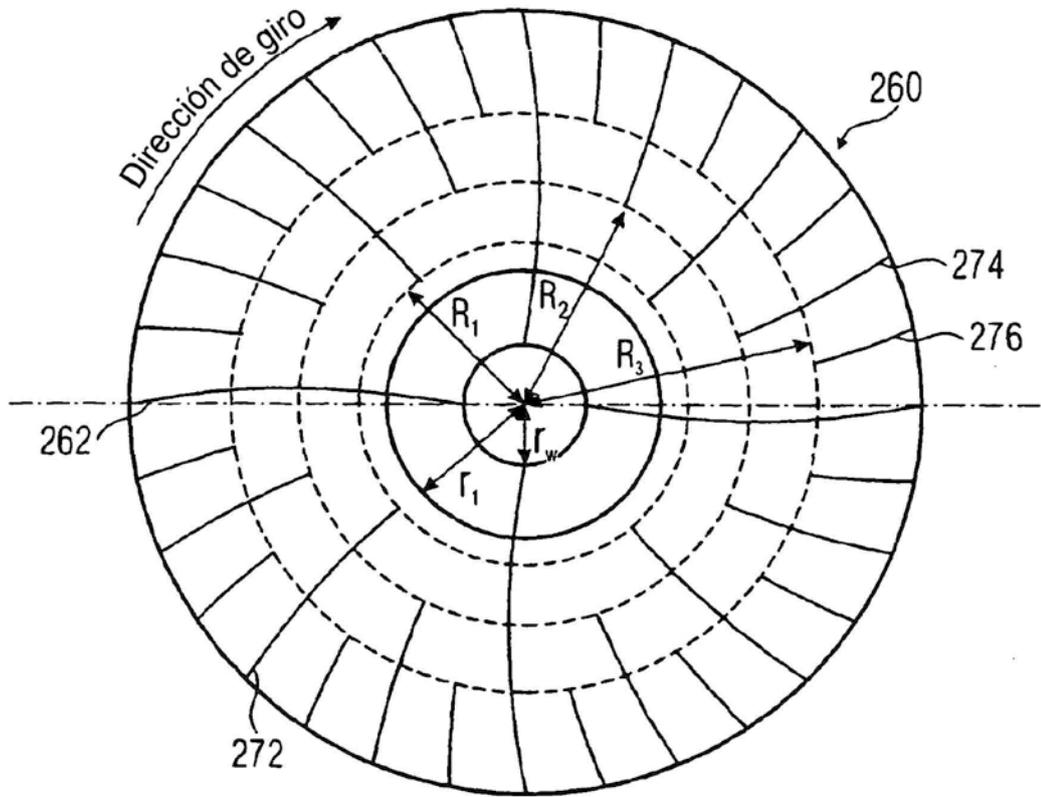
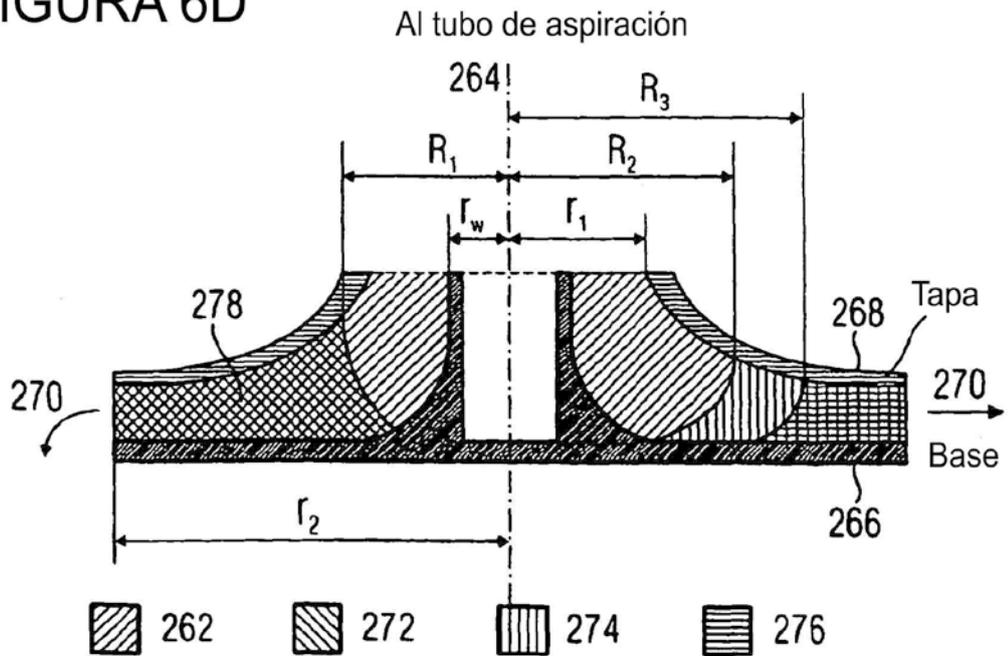
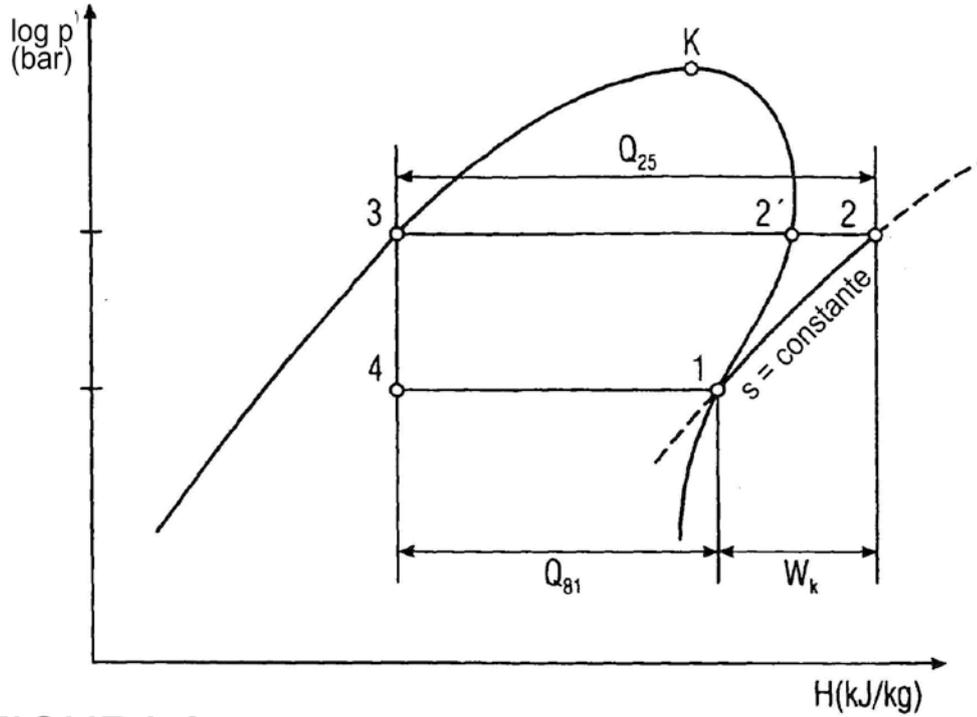


FIGURA 6D



**FIGURA 7**  
(ESTADO  
DE LA TÉCNICA)



**FIGURA 8**  
(ESTADO  
DE LA TÉCNICA)

