

MOTOR DE BOMBEO DE UN FLUIDO EN ESTADO DE VAPOR

Victorio Tacchi
Investigación Privada
La Rioja 57 - 1er. Piso - Of. 1
5000-Córdoba - Rep. Argentina

Resumen

En un trabajo anterior, (2) se presentó un prototipo funcionante, que permitía obtener transferencia de calor a un nivel inferior, (por calor sensible) sin el auxilio de energía externa para impulsar el fluido transportador del calor.

Se presenta ahora un dispositivo, que manteniendo las mismas finalidades y características, transfiere el calor, por calor latente de vaporización-condensación, con notables ventajas en cuanto a capacidad de transferir calor, por unidad de volumen y peso del dispositivo. Es así que el conducto que transporta el fluido hacia el intercambiador, está ocupado por el fluido en estado de vapor, que condensándose en el intercambiador cede una cantidad de calor muchas veces mayor, por unidad de masa. También es favorable el hecho, de que entre la temperatura de la fuente de calor y la temperatura del acumulador el salto térmico es menor.

PUMPING ENGINE OF A VAPORIZED FLUID

Abstract

In a previous work, (2) It was presented a working prototype that allowed to obtain the transfer of heat at a lower level, (through sensitive heat) without needing external energy to impulse the fluid which transfers heat.

It is now presented a device which having the same aims and characteristics, transfers the heat through latent heat of vaporization-condensation with remarkable advantages concerning the capacity of transferring heat by volume unit and weight of the device. So the pipe carrying the fluid to the exchanger, is filled with the vaporized fluid which, getting condensed in the exchanger, submits much more heat by mass unit. It is also remarked that between the temperature of the heat source and the temperature of the accumulator the thermal jump is smaller.

Introducción

El dispositivo objeto de este trabajo, es una evolución de diseño del prototipo, presentado en la 3ra. Reunión de Trabajo de Energía Solar de ASADES en el año 1977 (2).

La adopción de una válvula de distinto tipo, permite una presión diferencial muy elevada entre la cámara de vaporización 1, y la cámara pulmón 21 (fig. "A").

Una primera consecuencia de este hecho, es la posibilidad de transferir calor, por calor latente de vaporización-condensación, a niveles inferiores del orden de 50 m o más, y hasta diez veces más cantidad de calor, a igualdad de tamaño.

Una segunda consecuencia, es la posibilidad de recabar más fácilmente energía motriz, puesto que al disponer de un salto de presiones notablemente superior, por ejemplo 40 kg/cm^2 para temperaturas de 26°C a 90°C , (con NH_3) la máquina encargada de transformar la presión en trabajo útil, es de menor costo y tamaño y más eficiente.

Con respecto al prototipo presentado en Mendoza, el presente dispositivo, también se diferencia por la adopción de un circuito distinto, que excluye la cámara-pulmón 21, durante la fase en la que se igualan las presiones, pasando directamente los vapores a la cámara de acumulación del fluido frío 6 (Fig. "A").

También se diferencia por la flotabilidad instantánea del elemento que comanda la válvula 7 (fig. "A"), que no dependerá de la mayor o menor velocidad de llegada del fluido frío a la cámara 6, sino que flotará solamente cuando se ha alcanzado un determinado nivel en la misma cámara 6.

Por lo demás, ambos dispositivos funcionan en ciclo cerrado, son pulsátiles, son automáticos y autorregulables. Esto último se debe al hecho, de que a medida que el depósito acumulador de calor, se satura a un determinado nivel de temperatura, el calor se va transfiriendo gradualmente a temperaturas mayores. Además en ambos casos no se necesitan sensores diferenciales ni de otro tipo, ni aporte de energía externa.

En cuanto a rendimientos, para la sola transferencia de calor, es dable esperar valores cercanos al 100%, porque si bien es cierto que para los procesos de transformación de calor en trabajo, valen los rendimientos del ciclo de Carnot, no acontece lo mismo en el caso inverso, transformación de trabajo en calor, donde el rendimiento es siempre del 100% (1). Esto es aplicable al trabajo efectuado por el dispositivo, cuando bombea calor a un nivel inferior (a partir de energía recabada del mismo calor que transfiere) puesto que todo ese trabajo de bombeo puede ser transformado nuevamente en calor, recuperado y sucesivamente transferido. Indudablemente no todo el calor entregado en el nivel superior, lo encontraremos a un nivel inferior, pero esto se deberá principalmente a la imperfecta aislación de los conductos que transfieren el calor.

Un rendimiento semejante, se obtiene en la transferencia de calor por calor latente a un nivel inferior, con los conocidos "Heat Pipe", que funcionan en

base al principio de capilaridad, y no a un salto de presión. Con respecto a los "Heat Pipe" se hace notar que, los dispositivos aquí presentados, si bien algo más complejos, no requieren para su construcción una tecnología costosa y que la transferencia de calor se efectúa independientemente de la distancia y de la tortuosidad del recorrido.

Funcionamiento

Primeramente, para una mejor comprensión, se describe el funcionamiento del nuevo dispositivo, en una versión que transfiere calor por calor sensible, Fig. "A".

El fluido, proveniente del panel solar por medio del conducto 3, cede calor a través del intercambiador 2, al fluido que ocupa parcialmente la cámara 1, produciendo su ebullición y un consiguiente aumento de presión en esa cámara, pues ésta es momentáneamente estanca, dado que las válvulas 5 y 7 están cerradas. Esta última obtura por medio de una válvula de corredera cilíndrica los orificios 8.

Como consecuencia de este aumento de presión en la cámara 1, el fluido se verá obligado a circular por el conducto 23, cuya salida está ubicada más abajo del nivel mínimo 20, hacia el intercambiador 25, donde cede calor a un medio acumulador de calor ubicado a un nivel inferior. Una vez enfriado es conducido por el conducto 24, pasando por la válvula 14, hacia el pulmón 21, donde por medio del intercambiador 15 absorbe calor o lo cede, según las circunstancias de funcionamiento.

El conducto 24 llega a la cámara 6, donde el fluido se va acumulando. Durante esta fase, el fluido no puede pasar a la cámara 10, por el conducto 11, pues se lo impide la válvula 18 que está cerrada y por que el fluido aún no ha llegado al nivel máximo 16.

Cuando esto acontece, el sifón 17 se activa, produciéndose el llenado de la cámara 10, a través del conducto 12, en forma rápida.

Esto es posible porque el volumen equivalente de gases es desplazado de la cámara 10 hacia la cámara 6 a través del conducto 13. El conducto 13 puede eliminarse, cuando el volumen de fluido que pasa a ocupar la cámara 10 es pequeño en relación al volumen de la cámara 21, pues los gases que ocupan la cámara 10 pasan a la cámara 21 por medio de los orificios 9 y del conducto 22, sin un aumento de presión tal que impida el llenado parcial de la cámara 10. Es de hacer notar que la válvula corredera del flotante 7, obturaba los orificios 8 y dejaba libre los orificios 9, mientras que el fluido no alcanzaba el nivel de flotación del flotante que comanda la válvula de corredera. Cuando esto sucede, la válvula de corredera descubre los orificios 8 y obtura los orificios 9.

La presión de la cámara 1 pasa a la cámara 10 y de ésta, por medio de los conductos 12 y/o 13, a la cámara 6. Las presiones de las cámaras 1 y 6 tienden a igualarse, permitiendo que el peso de la columna de fluido de la cámara 6 abra la válvula 5, transfiriéndose el fluido enfriado a la cámara 1, donde se calentará nuevamente.

El vaciado de la cámara 10 se producirá también por gravedad, a partir de un cierto nivel del fluido en la cámara 6 por medio del conducto 11 y la válvula

18, prácticamente coincidiendo con el vaciado de la cámara 6.

Al vaciarse la cámara 10, dejará de flotar el flotante de la válvula corredera y ésta descubrirá, entonces, los orificios 9 y obturará los orificios 8. La presión residual de las cámaras 6 y 10, pasará al pulmón 21, donde los vapores se condensarán, yendo esta condensación a acumularse en la cámara 6, por medio de los conductos 22 y 11.

Es de hacer notar que la apertura o cierre de los orificios 8 y 9 no se verá influenciada, por las presiones reinantes en las cámaras 1, 6, 10 ó 21, como acontecía en el anterior diseño, sino que dependerá exclusivamente de los niveles del fluido en la cámara 6, así la válvula de corredera se desplazará solamente cuando el fluido llegue al nivel máximo 16, de la cámara 6 y volverá a su punto inicial de reposo, solamente cuando se haya vaciado casi completamente la cámara 10.

Para no tener que recurrir a volúmenes del flotador, demasiado elevados, el peso del mismo flotador y de la válvula de corredera, serán contrastados parcialmente por un resorte o un contrapeso.

Las dimensiones de los orificios 8 y 9, la distancia entre ellos y las dimensiones de la válvula de corredera serán tales que mientras permanezcan abiertos los orificios 9, aunque sea parcialmente, los orificios 8 estarán obturados por la misma corredera y que recién se comenzarán a descubrir los orificios 8, cuando estén completamente obturados los orificios 9. La consecuencia de este hecho es de que durante la fase en la cual las presiones de las cámaras 1 y 6 tienden a igualarse, por el paso del vapor de la cámara 1 a la cámara 6, el pulmón 21 queda excluído, no pudiendo pasar presión desde la cámara 1 a la cámara 21. Se necesitará entonces una cantidad de vapor mucho menor para igualar las presiones, con evidentes beneficios.

El funcionamiento, cuando se transfiere calor, por calor latente es como sigue: el conducto 23 sale ahora de la cámara 1 desde un punto superior, permitiendo salir vapor, en lugar de fluido líquido. Este vapor recorrerá el conducto 23 hasta llegar al intercambiador 25 donde se condensará, cediendo por calor latente una cantidad mayor de calor por unidad de volumen de fluido líquido vaporizado; luego seguirá por el conducto 24, comportándose de aquí en adelante en la misma manera de lo anteriormente descrito, para la salida del conducto 23 más abajo del nivel mínimo 20 de fluido en la cámara 1.

La ventaja de una disposición semejante, reside en la posibilidad de disminuir notablemente las dimensiones de un dispositivo para transferir calor y la desventaja en el hecho de que todo el conjunto se verá sometido a valores de presión muy superiores, puesto que los pesos específicos de las columnas 23 y 24 son muy diferentes, estando uno ocupado por vapor y el otro por líquido.

Un fluido que se adapta a estas circunstancias es el amoníaco, que da origen a relaciones de presión-temperatura elevadas: desde 50°C a 60°C tenemos un incremento de 7,2 kg/cm² de presión lo que permite hacer circular el fluido por los conductos de bajada de 23 y de subida 24 aún con las diferencias de nivel del orden de 45 m con una diferencia entre la temperatura de la cámara de vaporización 1 y el intercambiador 25 de sólo 10°C. Pero será necesario tener en debida cuenta, que a los 60°C el amoníaco alcanza una presión absoluta de 28 kg/cm² y a los 98°C, 60 kg/cm².

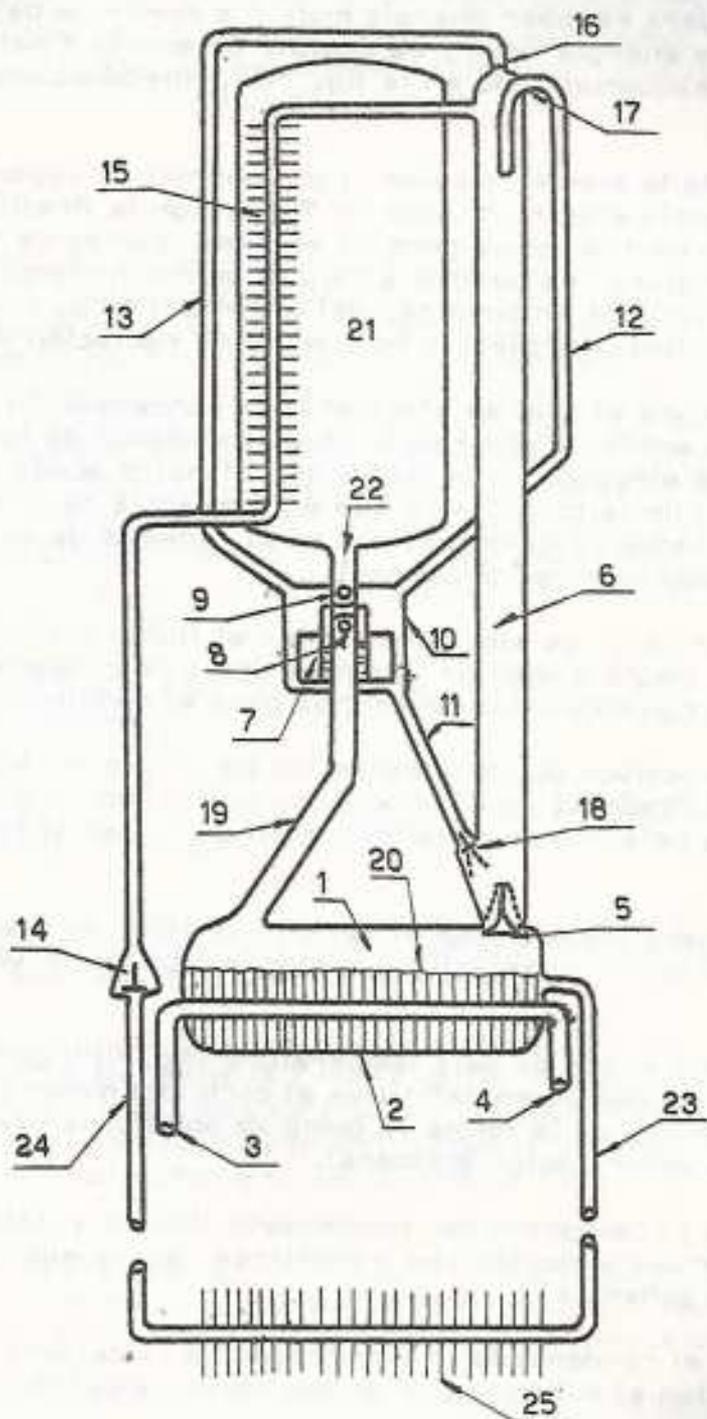


Fig. A

Motor de baja temperatura

Lo anteriormente descrito se refiere a la sola transferencia de calor. Si el objetivo principal fuera recabar energía motriz a partir de bajas temperaturas, por medio de la energía solar, es posible obtenerla a partir de un dispositivo semejante al esquematizado en la fig. "B", que básicamente es el mismo de la fig. "A".

Como temperatura de la fuente de calor, para obtener la vaporización de un fluido activo, se podría elegir un valor de 79°C , con la finalidad de mantener el rendimiento y los costos de los paneles solares, dentro de valores aceptables. En esa temperatura, es posible alcanzar un rendimiento de la transformación de energía lumínica en térmica, del orden del 40%, con paneles planos, con temperatura ambiente templada y buen nivel de radiación solar (1,2 Ly).

El nivel de temperatura al cual se efectuará, la condensación del fluido activo (fuente fría = medio ambiente aire) se lo ubica alrededor de los 50°C . Eligiendo un valor bastante elevado, se pretende que el motor pueda funcionar correctamente también en climas tórridos, o que en presencia de clima templado, el costo del intercambiador de calor sea reducido, además de que el calor remanente pueda ser usado en otros procesos.

Si el intercambio de calor se efectuare, entre el fluido activo y agua, (caso bombeo de agua) se podrá disminuir la temperatura de condensación, a niveles del orden de 25°C , con evidentes beneficios para el rendimiento.

En cuanto a fluidos activos pueden usarse los de origen orgánico o inorgánico, como pueden ser el Freón 22, o el amoníaco, que tienen como propiedad conveniente, una elevada relación de presión-temperatura, en el rango de temperatura a usarse.

La máquina usada para transformar el salto de presión en trabajo útil, puede ser una turbina, un motor alternativo a pistones o un motor volumétrico a capulismos.

La diferencia de este motor de baja temperatura (fig. "B") con la de otros motores de ciclo Rankine, que es en definitiva el ciclo del motor propuesto, reside casi exclusivamente, en la forma en como se obtiene la vuelta del condensado, a la cámara de vaporización (caldera).

Normalmente, para el reingreso del condensado líquido a la cámara de vaporización, se usan bombas volumétricas o cinéticas, accionadas por el utilizador (turbina, etc.) que genera el trabajo útil.

En algunos casos, el condensado es reingresado a la caldera, por medio de inyectores que gastan el mismo vapor producido en la caldera (motores a vapor de agua).

En el caso que se propone y que se considera conveniente para bajas potencias, la vuelta del condensado es posible por la acción combinada de la presión de la cámara de vaporización y la fuerza de gravedad, que actúan contemporáneamente sobre el condensado que se acumula en la cámara respectiva (cámara 6 fig. "A" y cámara 18 fig. "B") hecho que se obtiene sin ningún elemento móvil sujeto a desgaste, a un costo constructivo bajo y con alto rendimiento.

Por último se hace notar un hecho común a todas las máquinas térmicas que producen trabajo útil. Si la fuente fría de esta máquina térmica, es usada como fuente de calor para otro proceso, el rendimiento total puede ser cercano al 100%, pero debe ser tenido en cuenta, que este nuevo proceso, debe ser realizado a una temperatura notablemente inferior. Puede ser el caso de calentamiento de agua para uso doméstico.

Funcionamiento

El funcionamiento del motor esquematizado en la fig. "B" es como sigue. El aporte de calor se realiza por el conducto 3. Por medio del intercambiador 2, cede calor al fluido (líquido) existente en la cámara de vaporización 1. Allí se vaporiza y en el caso de usar NH_3 , a una temperatura de $79^{\circ}C$, alcanza una presión de 40 kg/cm^2 . El vapor producido asciende por el conducto 12, hasta un nivel superior de 1,3 m, pasa por la tobera y acciona la turbina motriz 14, descargándose en una cámara de condensación 16, donde gracias al intercambiador 15, disminuye su temperatura a un valor de $50^{\circ}C$, al que corresponde una presión de 20 kg/cm^2 . Del eje de la turbina 14, se extrae el trabajo capaz de producir el sistema. En la cámara 16, se produce la condensación del vapor, que como líquido va a acumularse en la cámara 18, por medio del conducto 11.

Al llegar el condensado a un nivel 17, se produce la activación del sifón del conducto 9, vertiéndose en 8 la cantidad de líquido necesario para que por flotación se active la válvula 8.

Esta válvula, en su posición de reposo, impide el paso de vapor desde la cámara 1 a la cámara de la válvula 8.

Se hace notar que el fluido condensado, puede llegar libremente a la cámara 18, porque ésta está comunicada con la cámara 16, también por los conductos 9, 10 y 13, a través de la válvula 8, que en esta fase así lo permite.

Cuando la válvula 8 se activa, se cierra la comunicación de la cámara 18 con la 16 y se abre el paso desde la 1 hacia la 18. Al igualarse las presiones en estas dos cámaras, la columna de líquido, que puede tener una altura aproximada de 1 m, abre la válvula 5, transfiriéndose el condensado a la cámara 1. Al vaciarse también la cámara 8, la válvula de vapor vuelve a la posición de reposo.

Durante la fase de recarga de la cámara 1, la presión de ésta no pasa a la cámara 16, por el conducto 13, porque se lo impide la válvula de conedera 8 y tampoco pasa por el conducto 11, porque se lo impide la válvula automática 6.

La producción de vapor que alimenta la turbina 14, no se verá disminuída en forma apreciable, por la derivación de vapor, que produce la vuelta del condensado a la cámara de vaporización.

Por último, también se puede hacer subir el fluido por el conducto 12, bajo la forma de líquido, ser usado en la máquina utilizadora 14, como líquido, para producir energía motriz, luego se vierte en la cámara 16, donde se evaporará y luego se condensará, en ambos casos a una presión menor.

Desarrollo futuro

Se construirá un prototipo para la transferencia de calor, que podrá ser adaptado luego, para ensayar un motor de baja temperatura.

Agradecimiento

Se agradece la cooperación del Ing. Reinaldo Hugo Picchio.

Referencias Bibliográficas

- (1) Apuntes de "Teoría de motores" Cap. Enfriamiento de agua.
Ing. Raúl Magallanes U. N. C.
- (2) Actas 3ra. Reunión de Trabajos de Energía Solar de ASADES, Mendoza 1977. "Sistemas de transferencia de calor" pág. 346. Victorio Tacchi.

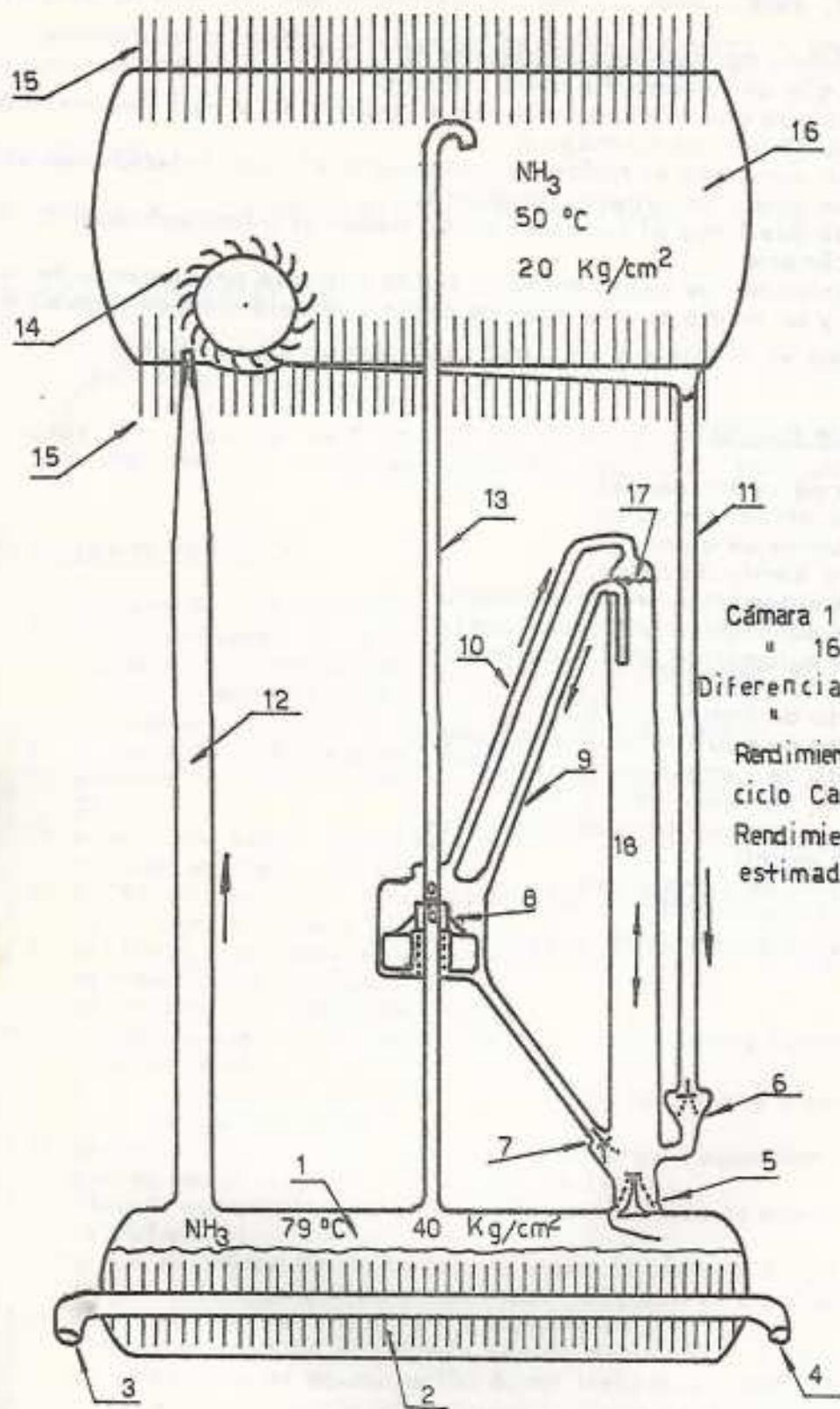
Referencias de la fig. "A"

- 1: cámara de vaporización;
- 2: intercambiador de calor;
- 3: conducto de llegada del fluido caliente desde por ej. un panel de captación de energía solar (no ilustrado);
- 4: conducto de salida de fluido frío hacia el panel;
- 5: válvula automática unidireccional;
- 6: cámara de acumulación del fluido frío proveniente del intercambiador 25;
- 7: válvula de vapor compuesta por un flotador y una válvula de corredera, por ejemplo cilíndrica;
- 8: orificios que ponen en comunicación la cámara 1 por medio del conducto 19 con la cámara 10;
- 9: orificios que ponen en comunicación la cámara 10 con la cámara 21, por medio del conducto 22;
- 10: cámara de la válvula de vapor;
- 11: conducto que une la parte inferior de la cámara 10 con la parte inferior de la cámara 6;
- 12: conducto que une la parte superior de la cámara 6 con la parte superior de la cámara 10;
- 13: segundo conducto que une la parte extrema superior de la cámara 6 con la parte superior de la cámara 10;
- 14: válvula automática unidireccional que impide la vuelta del fluido hacia la cámara 1;
- 15: intercambiador de temperatura entre la cámara 21 y la temperatura del fluido que llega del intercambiador 25, por el conducto 24;
- 16: nivel máximo del fluido en la cámara 6;
- 17: sifón que produce el llenado rápido de la cámara 10, cuando el fluido en la cámara de acumulación 6, ha llegado al nivel 16;
- 18: válvula automática unidireccional (puede estar comandada por un flotador) que impide el paso de la cámara 6, hacia la cámara 10, durante el llenado de la cámara 6;
- 19: conducto que permite el paso de vapor desde la cámara 1 hacia la cá-

- mara 10, este conducto tiene un diafragma que los separa del conducto 22;
- 20: nivel mínimo de fluido en la cámara 1;
- 21: cámara que se desempeña como pulmón;
- 22: conducto que une la cámara 10 con el pulmón 21 y está separado del conducto 19 con un diafragma;
- 23: conducto que lleva el fluido caliente hacia el nivel inferior, donde lo cede por medio del intercambiador 25;
- 24: conducto que lleva el fluido enfriado desde el intercambiador 25, hacia la cámara 6;
- 25: intercambiador de calor entre el fluido caliente proveniente de la cámara 1 y un medio acumulador de calor que está situado a un nivel inferior.

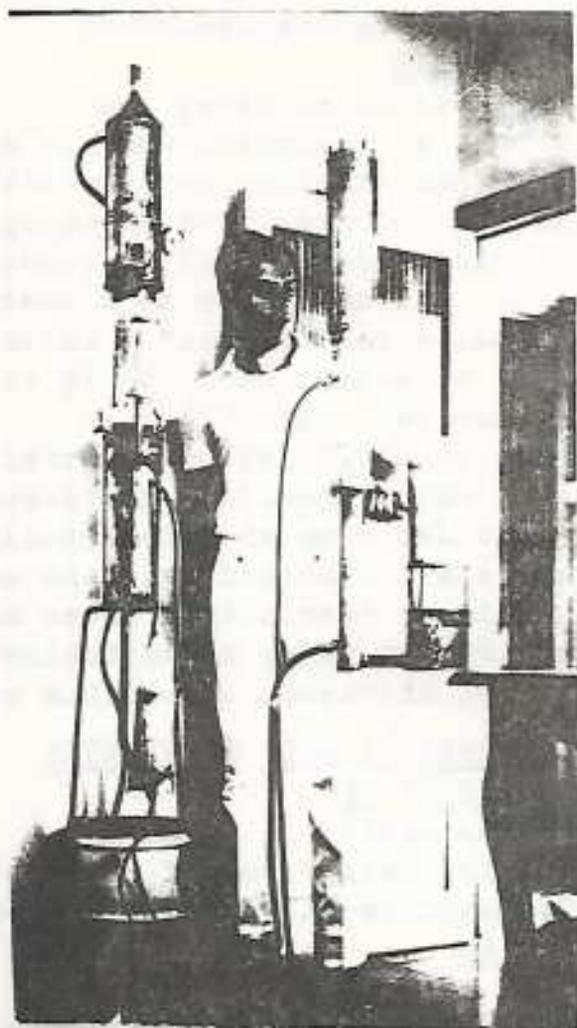
Referencias de la fig. "B"

- 1: cámara de vaporización;
- 2: intercambiador de calor;
- 3: de la fuente de calor;
- 4: hacia la fuente de calor;
- 5: válvula automática unidireccional;
- 6: válvula automática unidireccional;
- 7: válvula automática unidireccional;
- 8: válvula de vapor;
- 9: conducto de llenado de 8;
- 10: conducto de equilibrio de presiones;
- 11: conducto de llenado de la cámara 18;
- 12: conducto de vapor de 1 a 16;
- 13: conducto de equilibrio de presiones;
- 14: turbina motriz;
- 16: cámara de condensación;
- 17: nivel máximo de 18;
- 18: cámara de acumulación del condensado.



Cámara 1 = 40 Kg/cm²
 " 16 = 20 "
 Diferencia = 20 "
 T = 29° C
 Rendimiento ideal
 ciclo Carnot = 8,2 %
 Rendimiento real
 estimado = 3 %

Fig. "B"



DISPOSITIVOS PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR CALOR SENSIBLE PRESENTADOS E LA 3ra. REUNION DE TRABAJO DE ENERGIA SOLAR.MENDOZA 1977.-