

SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Victorio Tacchi
Investigación privada
Ríoja 50 - 1er. Piso Dto. 3
5000 - Córdoba - Rep. Argentina

Resumen

Si se define entropía como el estado más probable al que tiende la materia, vemos que uno de los más simples sistemas de transferencia de calor, el termosifón, materializa dicho concepto.

Se presentan en este trabajo varios sistemas, en contraposición a dicho principio, por medio de los cuales es posible transferir calor, desde un nivel superior a uno inferior, sin gasto de energía como en el sistema de termosifón y con un rendimiento semejante.

Se basan en la propiedad que tienen los fluidos de dilatarse en función de un incremento de temperatura; en la posibilidad de acumular la energía de dilatación para una ulterior transformación de energía potencial en cinética y viceversa, para, en el caso más elemental, producir un trabajo de bombeo o circulación pulsátil.

En otros casos se basan dichos sistemas; en el cambio parcial de estado, de líquido a vapor, de determinados fluidos, con correspondiente aumento de energía bajo forma de presión, con posterior condensación de los vapores en un ciclo reversible y siempre con la finalidad de hacer circular el mismo fluido, en estado líquido, para transferir calor o producir trabajo.

Características de automatización y autoregulación de dichos sistemas.

Posibilidad teórica de transferir calor en macro-proporciones a niveles inferiores, del orden de 860×10^4 Kcal = 10.000 Kwh/h o más y de recabar energía motriz de dicha transferencia, con saltos de temperatura del orden de 10° C.

Posibilidad de transferir calor, con fluido aire, desde un nivel superior a uno inferior, con simple aporte de calor sin energía motriz.

Summary

One of the simplest systems of heat transference, the thermosyphon, materializes the concept of entropy when understood as the most probable state to which matter tends.

In opposition to such principle, several systems are presented here by means of which the transference of heat from a higher to a lower level is possible without consumption of energy and with a similar efficiency as in the case of the thermo-syphon system.

These systems are based on the property of fluids to expand when there is an increase in temperature; on the possibility of accumulating the expanding energy into kinetics and viceversa, in order to produce, in the most elemental instance, a pumping effect or a pulsating circulation.

These systems may be based, sometimes, on the partial change of state from liquid to vapour, of certain fluids, with the corresponding increase of energy in the form of pressure, with further condensation of vapour in a reversible cycle and always with the purpose of having the same fluid circulate, in its liquid state to transfer heat, or produce work.

Characteristics of automation and self-regulation of these systems.

The theoretical possibility of heat transference in macro-proportions at lower levels in the order of 860×10^4 Kcal = 10.000 Kwh/h or more, and the obtention of driving energy from such transference with drops of temperature in the order of 10° C.

The possibility of heat transference, with fluid air, from a higher to a lower level giving forth heat without driving energy.

INTRODUCCION

Una de las necesidades que nacen a medida que se va extendiendo el aprovechamiento de la energía solar, es la de acumular cantidades de calor siempre más importantes, que por razones estructurales, de conveniencia económica o técnica o simplemente de volúmenes, se la envía, a partir de ciertas cantidades a niveles inferiores, normalmente el subsuelo, siempre a niveles muy por debajo de los paneles de captación, los que generalmente se los ubica sobre las cubiertas de las casas, complejos habitacionales, industrias, etc.. El transporte de calor se materializa por medio de equipos de bombeo accionados por electricidad y la tecnología actual ofrece soluciones convenientes a los distintos problemas que se presentan. No obstante, en este trabajo, se trata de encontrar una respuesta válida, para aquellos casos donde no existe disponibilidad de energía eléctrica, o bien una alternativa que por costos, simplicidad, automatismo y autoregulación, pueda substituir los sistemas en uso.

Se presenta un sistema que permite transferir calor por bombeo de líquido sin necesidad de energía externa, un prototipo del mismo principio funcionante, un estudio para la transformación de calor en trabajo, con particular aplicación a la producción de frío, un estudio para transferir calor por bombeo de aire, siempre sin recurrir a energía que no sea la solar y consideraciones varias.

Según los casos se basan en los siguientes sistemas:

1er. Sistema: en la dilatación de ciertos fluidos, luego de ser sometidos a un incremento de temperatura, y que circulan primeramente por la presión originada en la dilatación y luego por la fuerza de inercia adquirida.

2do. Sistema: en el aumento de presión, gracias al aporte de calor, consiguiendo a un cambio de estado, de líquido a vapor.

Como características podemos señalar:

- A) Su funcionamiento es cíclico y reversible en un circuito cerrado, excepto para el caso de usar fluido aire.
- B) Los fluidos son sometidos alternativamente al aporte y substracción de calor.
- C) Los sistemas operan en el rango de temperaturas inferiores a los 85°C, en la mayoría de los casos del orden de 60°C.
- D) A medida que aumenta la temperatura en el depósito de acumulación de calor y mientras haya un aumento correlativo de temperatura en la fuente de captación, el sistema irá entregando calor, a un mayor gradiente de temperatura, con un salto establecido previamente, en sede de proyecto, cumpliendo con la característica de auto regulación.
- E) En los casos de transferencia de calor por el 2do. sistema, el mismo, es operable con saltos de temperatura, entre la fuente de captación y el depósito de acumulación de calor del orden de 2°C, dependiendo esta característica principalmente, de la conveniencia o no, de usar intercambiadores de calor que cumplan con ese requisito.
- F) La transferencia de calor, puede empezar a partir de temperaturas en el panel de captación, del orden de 10°C, lo que permite aprovechar niveles de radiación bajas, en zonas australes, siempre con el 2do. sistema.

- G) Pueden operar en climas rígidos, con temperaturas ambientales inferiores a los 0°C.
- H) Son automáticos, sin necesidad de ser operados manualmente.
- I) Los rendimientos, en los casos de sola transferencia de calor, son semejantes a los rendimientos de los comunes termosifones, o equipos de bombeo normales, sin considerar el gasto de energía de estos últimos.

1er. SISTEMA

Dentro de este sistema, pueden seguirse dos líneas: Una que usa fluidos incompresibles y otra que emplea como fluido el aire.

Dentro de la primera línea se han realizado dos prototipos con resultado hasta la fecha negativo en cuanto a rendimiento y operabilidad; se cree que un ulterior desarrollo permitirá usar esta línea para la sola transferencia de calor, siempre que un salto de 30°C entre la fuente de calor y el depósito sea aceptable.

La segunda línea está esquematizada en la figura "D". Sus ventajas son notables por economía y simplicidad de uso, cuando se persigue calefaccionar ambientes durante las horas de insolación, pero también puede ser conveniente para transferir calor a un acumulador de calor, sea del tipo de lecho de grava, sea por acumulación de calor latente por cambio de fase. Su desventaja principal reside en el hecho de que el panel de captación deberá trabajar con temperaturas que oscilan alrededor de los 80°C con consiguiente pérdida de rendimiento. Su funcionamiento y siempre con referencia a la figura "D", es como sigue: En 1 se ve la cubierta transparente del panel. En su interior está ubicado el conducto 2, con un cierto volumen elevado con relación a la superficie receptora de los rayos solares y ocupado por aire ambiente. En 3 se representa una válvula automática de característica especial, en cuanto su carga de apertura, es del orden de 2 cm. de columna de agua y que permite el paso de aire desde el medio ambiente, al interior del conducto 2. Esta válvula está normalmente cerrada. En 4 se ve otra válvula de paso unidireccional, que se distingue por tener valores muy diferentes en sus cargas de apertura y cierre. Así, mientras dejará pasar aire del conducto 2 al 5, solamente cuando la presión alcance valores de por ejemplo 140 gr/cm², su cierre se efectuará recién, a partir de valores, de presión, existente en el conducto 5 de pocos cm. de columna de agua. Se la denomina válvula diferencial. También está normalmente cerrada. El conducto 5 es un conducto suficientemente largo y su volumen es varias veces el volumen del conducto 2. Desemboca libremente, sea en los ambientes a calefaccionar, sea en el acumulador de calor. En 6 vemos un acumulador del tipo de lecho de grava 7 es una cámara de distribución del aire caliente y de recolección del aire frío. Por último en 8 se ve la salida al exterior del conducto de aire frío.

El aire es calentado por las radiaciones solares en el conducto 2, con un incremento de temperatura de aproximadamente 60°C.

Como el conducto 2 es momentáneamente estanco, pues las válvulas 3 y 4 están cerradas, la presión en él aumentará, hasta llegar a un valor de por ejemplo 140 gr/cm². A este punto la válvula 4 se abrirá permitiendo que el aire de 2 se expanda en el conducto 5 ocupado por aire en reposo. El aire, en este conducto, puede ser considerado como un émbolo neumático sobre el cual actúa la presión de 2. Este émbolo neumático iniciará un desplazamiento por el conducto 5. Una vez expandido totalmente el aire en 2 el émbolo habrá alcanzado una cierta "cantidad de movimiento" = masa x velocidad, de tal manera que al cesar la presión en 2 seguirá por inercia su desplazamiento. Este desplazamiento producirá en 2 una depresión del orden de pocos centímetros de columna de agua, pero suficiente para producir la apertura de la válvula 3, y entrando aire fresco del exterior, se producirá el barrido de todo el volumen de aire caliente del conducto 2. A este punto, la columna de aire que se desplazaba en 5, habrá perdido, por el trabajo efectuado, casi totalmente su cantidad de movimiento; las presiones relativas en los conductos 2 y 5 serán tales, que se producirá el cierre de las válvulas 3 y 4, dándose inicio a un nuevo ciclo y así sucesivamente.

El trabajo que debe efectuar el sistema, es el de vencer la diferencia de peso específico de la columna de aire del conducto 5, que al cabo de algunos ciclos será del orden de 70°C, con respecto al peso específico del aire exterior a temperatura ambiente. Deberá vencer también la resistencia por roce a la circulación, y la energía requerida para la apertura de las válvulas. La elevación del potencial energético, suficiente a realizar estos trabajos, deberá recabarse del aumento de temperatura de la masa de aire del conducto 2, nivel energético que se irá acumulando potencialmente bajo forma de presión, durante la fase de calentamiento, con las válvulas 3 y 4 cerradas. El trabajo se efectuará bajo la forma de energía cinética durante el tiempo que las válvulas permanezcan abiertas. La válvula 4 puede estar cargada por el efecto de un imán permanente; como indicado en 9, de manera tal que al abrirse la misma, el efecto coercitivo del imán disminuirá en forma por demás notable, en función cúbica de la distancia, de manera que una pequeña mayor depresión en 5, relativa a la depresión en 2, hará que la válvula 4 permanezca abierta. El diseño de este sistema deberá realizarse teniendo en debida cuenta los aforismos de la aerodinámica para que el balance de la energía disponible sea positivo con respecto al trabajo a realizar; en la actualidad se está por concretar la realización de un prototipo.

2do. SISTEMA

En este sistema, que preve recabar energía del cambio de estado de líquido a vapor, sea para la transferencia de calor, sea para producir trabajo, se puede seguir, también, dos líneas.

En una, el líquido que se vaporiza se encuentra en una cámara hermética de volumen variable, separado del fluido que transporta el calor y al ser sometido alternativamente a calentamiento y enfriamiento produce un efecto de bombeo. Se encuentra en experimentación un prototipo que será presentado en otra oportunidad si se alcanzan resultados positivos.

De la otra línea se han realizado dos prototipos ambos con resultados positivos, uno de ellos materialmente expuesto en la III Reunión de Trabajo y que se describe a continuación. Así, en la figura "A", se esquematiza un dispositivo para la transferencia de calor acorde con el prototipo presentado y en la figura "B" se presenta un estudio, no realizado materialmente, de un motor exotérmico de baja temperatura aplicado a un sistema de refrigeración por compresión.

El funcionamiento en la figura "A" es como sigue: los conductos 1 provienen y vuelven al sistema de captación de energía solar, aportando calor al líquido de la cámara 2, por medio del intercambiador 5; la cámara 2 está provista de una válvula automática 3 ubicada en la parte superior de la cámara; dicha válvula está normalmente cerrada gracias a la acción de un elemento elástico. La cámara 2 está parcialmente ocupada por un líquido, por ejemplo alcohol que hierve a los 78°C. Es de hacer notar que la temperatura de ebullición puede variarse en función de la presión; así, si se produce un vacío parcial en el sistema de 50 cm. de columna de mercurio, la temperatura de ebullición descenderá a 45°C aproximadamente. Al llegar entonces el líquido a la temperatura de ebullición, empezará a desprender vapores que aumentarán la presión reinante en dicha cámara 2. De esta cámara parte un conducto 6, situado a un nivel inferior al nivel mínimo del líquido. Este conducto es el encargado de hacer circular el líquido hasta el depósito acumulador de calor, donde por intermedio del intercambiador 7, cederá el calor adquirido en 2; la energía necesaria para que circule el líquido se obtiene a partir del aumento de presión de la misma cámara de evaporación 2. Una vez cedido su calor en 7, seguirá circulando por la rama ascendente del mismo conducto 6 hasta verse por la parte superior del pulmón 10, donde la presión reinante es la inicial de carga del sistema, es decir inferior a la presión de ebullición de la cámara 2.

El volumen de la cámara 10 es tal, que el volumen de líquido que llega, no aumenta la presión más allá de cierto valor, para evitar que se detenga la circulación del líquido.

El líquido que llega a la cámara 10, parte escurre por sus paredes, parte gotea, con la finalidad de aportar calor de la misma, realizando un contacto más extenso de superficie, para que exista una suficiente relación de intercambio de calor entre el líquido, las paredes y el ambiente interior de la cámara. Luego el líquido por gravedad va a ocupar la cámara 9 hasta un cierto nivel 11. La cámara 9 es de forma geométrica alargada en uno de sus ejes, para así obtener una cierta presión por gravedad, sobre la válvula 3. Esta válvula tiene su vástago de guía hueco y este conducto que une la cámara 2 con la 10 está obturado en su parte superior, por la válvula 4, que normalmente está presionada contra el asiento del vástago, por su propio peso, o por la acción conjunta de su peso y de un elemento elástico. Por esta razón la presión de ebullición de la cámara 2, no pasa a la cámara 10. La válvula 4 está unida a un flotador. Cuando el líquido llega al nivel 11, el empuje de flotación abrirá la válvula 4, quedando en comunicación las cámaras 2 y 10. Las presiones tenderán a igualarse gracias al paso de vapor a la cámara 10. En esta circunstancia la presión de la columna líquida de la cámara 9, abrirá la válvula 3, pasando entonces el líquido frío a la cámara 2, la temperatura en ésta, caerá rápidamente, con ulterior disminución de la presión, hecho que favorecerá la recarga del líquido frío de la cámara 2. Agotado el líquido en la cámara 9, la válvula 3 se cerrará automáticamente y contemporáneamente sucederá lo mismo con la válvula 4, recreándose las condiciones iniciales y dándose así inicio a un nuevo ciclo. Mientras esto sucede, el vapor que había pasado de la cámara 2 a la 10, al encontrarse en un ambiente a menor temperatura se condensará, volviendo la presión en 10, a valores cercanos a los iniciales. Este valor de presión inicial, se alcanzará completamente luego de la llegada del líquido, en la sucesiva transferencia del mismo, desde la cámara 2 a la 10 siempre que su temperatura, sea inferior a la de ebullición-presión inicial. En el supuesto caso, que el acumulador de calor se haya saturado de calor al gradiente térmico de ebullición del líquido, es decir que el líquido que llega a la cámara 10, tenga una temperatura mayor a la de ebullición-presión inicial, la presión en esa misma cámara tenderá a aumentar, aconteciendo lo mismo en la cámara 2. El líquido entrará entonces en ebullición a un nivel de temperatura mayor, lo que justifica denominar al sistema de autorregulable.

Mientras la fuente de calor suministre éste, a un nivel mayor de temperatura, el sistema seguirá transfiriendo calor al acumulador. En cuanto a rendimiento, es de hacer notar que el calor absorbido para producir la vaporización del líquido en la cámara 2, es restituído por condensación en la cámara 10 y al ser barrido por el líquido frío que llega a la misma, vuelve precalentando el mismo líquido a la cámara 2, es decir, aparte de las pérdidas por insuficiente aislación, dicho calor se recupera y que la energía necesaria para cumplir con el trabajo de hacer circular el líquido, se transforma nuevamente en calor, que sucesivamente será transportado hasta el acumulador.

Esto explica que el rendimiento encontrado en los ensayos, sea cercano al 100%, mientras nos mantengamos en temperaturas tales que no produzcan pérdidas de calor importantes del sistema al medio ambiente. En la Tabla I se pone de manifiesto lo anteriormente sostenido. Allí vemos, que si se pudiera mantener indefinidamente (en la práctica esta condición se da frecuentemente) la temperatura del acumulador en valores inferiores a 32°C, (que es la temperatura del agua y de los demás componentes en ese momento, pero podría ser otro valor) el alcohol y el metal no absorberían más calorías y las 17,16 Kcal. absorbidas por el alcohol y las 5,63 Kcal. absorbidas por la parte metálica, durante los 10 primeros minutos de funcionamiento, las encontraríamos a partir de ese momento en los 20 litros de agua. El sistema estaría funcionando en un régimen de equilibrio estable. Las comprobaciones y conclusiones que anteceden, permiten afirmar que el rendimiento de este dispositivo para transferir calor, es semejante al rendimiento del termosifón. La energía que debe desarrollar el sistema para que sea operable, será tal, que puede efectuar los trabajos que se detallan: deberá vencer las resistencias a la circulación del líquido; deberá vencer las diferencias de carga entre las columnas de bajada (caliente, de menor peso específico) y de subida (Fría, de mayor peso específico) que se opone a la circulación del líquido. Por último deberá vencer la diferencia de nivel piezo métrico, entre el pelo del líquido en la cámara 2 y el nivel de llegada del mismo a la cámara

10. En valores de presión, ésta deberá ser mayor en la cámara 2, a la existente en la cámara 10, en el orden de 200 gr/cm², para una altura de columna de líquidos frío-caliente de 10 metros, con líquido alcohol y diferencias de temperaturas del orden de 30°C entre las dos columnas. Valores de presión, como se ve, modestos.

Por razones de practicidad de ensayos y de puesta a punto, se ha usado un fluido, el alcohol, de elevado punto de ebullición (78°C); si bien practicando un vacío de 50 cm. de columna mercurial o más, la temperatura de ebullición disminuye notablemente, se puede emplear ventajosamente toda una serie de fluidos, entre ellos algunos de los hidrocarburos halogenados (cloro-fluorados) con puntos de ebullición menores y relaciones presión-temperatura tales, que permiten con saltos de 2°C entre las cámaras 2 y 10, producir diferencias de presión suficientes para la circulación del fluido.

Por último se pone de manifiesto que la cámara 2, puede formar parte de un panel ó de un conjunto de paneles, de tal forma que no sea necesario el intercambiador 5, puesto que el líquido que circula por los paneles, es el mismo que se vaporiza en la cámara 2, siendo entonces ésta un domo ubicado arriba del ó de los paneles de captación solar.

2do. SISTEMA - MOTOR EXOTERMICO

Se presenta ahora un estudio donde con las oportunas modificaciones, se desarrolla un sistema básicamente igual al anteriormente descrito, apto para producir trabajo que puede ser aplicado directamente a un sistema de producción de frío u a otra máquina operativa (equipo bombeador, etc.). Gráficamente se lo ve esquematizado en la figura "B".

El funcionamiento es como sigue: Se aporta calor al fluido ubicado en 2 por medio de los conductos 1 y del intercambiador 5; las válvulas 3, 4 y 8 están cerradas. La presión en 2 aumenta y actuando sobre la membrana de 13 hace que esta se desplace desde su punto muerto superior hacia su punto muerto inferior. La otra cara de la membrana forma parte de un compresor de una máquina enfriadora por compresión y al desplazarse comprime el gas del fluido refrigerante en 14 donde se condensa. Al llegar la membrana a su punto muerto inferior, la presión en 2 sube una fracción más, de la necesaria para producir el trabajo de compresión en 13. A este punto, se abrirá la válvula automática 8, dejando fluir líquido caliente hacia la cámara 10. Antes de llegar a ella pasa por el intercambiador 7 donde deja calor al medio ambiente o a un acumulador de calor situado a un nivel inferior, como indicado en la figura "A", para su ulterior aprovechamiento. En la cámara 10 se ha indicado con 12, otro intercambiador de calor con el medio ambiente, que según las cantidades de líquido que se hagan circular por 7, puede ser necesario para el correcto funcionamiento del sistema. También dicho intercambiador 12 puede ser aplicado a un sistema como el de la figura "A", para su posterior aprovechamiento. Entonces, cuando el líquido que llega a 10, ha alcanzado el nivel 11, se produce la apertura de la válvula 4, se igualan las presiones en 2 y 10 y se transfiere el líquido frío a la cámara 2, donde la temperatura baja, originando una correlativa momentánea baja presión, inferior a la presión del evaporador 15. Esta mayor presión en 15, hace que fluya vapor del fluido refrigerante hacia 13, llevando la membrana a su punto muerto superior. El sistema está en condiciones de iniciar un nuevo ciclo. Al desarrollar la teoría, se han encontrado dificultades, para hallar los fluidos con particulares diagramas de presión-temperatura, que permitieran el funcionamiento correcto. De 23 fluidos examinados, se ha podido encontrar solamente 2, que reúnen las condiciones necesarias. Estas fueron previamente fijadas en los siguientes valores: Temperatura para efectuar la condensación de los vapores de l líquido refrigerante + 30°C; temperatura de evaporación en el refrigerador -15°C; temperatura de salida del líquido del intercambiador 7, menor a + 30°C; temperatura máxima de la cámara 10, + 30°C; temperatura máxima del fluido motor correspondiente a la presión máxima en 2, menor de + 85°C. En la Tabla II están

indicados los flúidos, las temperaturas y las presiones absolutas de los dos flúidos elegidos. Si fuera posible bajar notablemente la temperatura del flúido que sale del intercambiador 7, la gama de los flúidos de uso posible, se ampliaría. A tal fin se ha imaginado el artificio indicado en la figura "B", con una línea de puntos. El intercambiador 7, cede calor al refrigerador 15 y sale de allí a una temperatura notablemente inferior a la ambiente. Pero, es evidente, que esto significa una disminución notable del rendimiento de la planta refrigeradora, así que será necesario evaluar cuantitativamente, según los casos, la conveniencia o no de adoptar este artificio, sobre todo en función de las temperaturas máximas y mínimas de un motor, que en un ciclo ideal de Carnot, determinan el rendimiento termodinámico de un sistema.

Otra solución, que adolece del defecto de complicar el diseño bajo el punto de vista constructivo, viene indicada en la figura "C" parte inferior. Siempre en la figura "C" parte superior se muestra un dispositivo igual, al más arriba descrito, con la variante que la membrana ha sido substituída por una disposición de cilindro y pistón. Volviendo a la solución de la figura "C" parte inferior, vemos que ésta nos permite encontrar un número mayor de flúidos que se pueden usar. Mientras que en la solución graficada en la figura "B", la vuelta de la membrana (o del pistón de la figura "C", parte superior) a su punto muerto superior, está asegurada por las diferencias de presiones, entre las cámaras 2 y 15, durante la fase de recarga, aquí se recurre además, al efecto de un elemento elástico 6, cuyo potencial energético ha sido elevado, durante la fase de trabajo activo y a expensa de éste. Los flúidos encontrados, los vemos con sus valores de temperatura y presión en las Tablas III y IV. El tipo de motor allí considerado es de más fácil aplicación a por ejemplo, un equipo de bombeo de agua y recurre a temperaturas de ejercicio de menor salto y de más fácil obtención, pero por la misma razón de menor rendimiento.

TRANSFERENCIA DE CALOR EN MACROPROPORCIONES PARA PRODUCIR ENERGIA ELECTRICA

Si se deja volar la imaginación y se hace un análisis posibilístico de las soluciones encontradas para la transferencia de calor a niveles inferior, es posible imaginar un sistema, que aprovechando diferencias de temperaturas del orden de 10-15°C y recurriendo al prácticamente inagotable almacén de calor que son las masas de agua de los mares y océanos, permita producir energía motriz. Con anterioridad en 1930 G. Cloude en Matanza ensayó un equipo de 3 KW, más tarde en 1956 en la Costa de Marfil, Francia ensaya un dispositivo de 3 Mw. Actualmente con el proyecto C.e.L.o. se está desarrollando un equipo de 100 Mw funcionante con amoníaco, con presiones de 9 At de entrada a la turbina y 5 At de salida. Se trata de aprovechar el salto de temperatura entre 25°C en la superficie de mares tropicales y 5°C en las profundidades de 700 m. Si bien, saltos menores de temperatura, como los más arriba consignados bajan aún más los ya pobres rendimientos, la factibilidad material de realizar una máquina como la imaginada, tal vez valga la pena la realización de un estudio cuantitativo. Se presenta entonces una idea, que se cree cualitativamente posible, para que técnicos y científicos hagan un análisis cuantitativo en la búsqueda de una respuesta que no está al alcance de este estudio.

Por medio de un dispositivo semejante al de la figura "A", oportunamente dimensionado, (por ejemplo la cámara 9 tiene una capacidad de 4 m³) se cree posible enviar desde la superficie del mar hacia las profundidades 860 x 10⁴ Kcal. Esta cantidad resulta de las dimensiones asignadas a un preproyecto, pero al menos teóricamente, puede ascender a cifras realmente más significativas. El flúido a emplearse sería el freón 12 (Diclorodifluor metano C Cl₂F₂) con presión absoluta correspondiente a 10°C de 4,2 kg/cm², y a 20°C de 5,6 kg/cm². Con este salto de presiones, se cree posible transferir la cantidad de calor arriba indicada a una temperatura de 20°C, hasta la profundidad de proximadamente 250 m donde se encuen-

tran temperaturas de 10°C. Allí el calor es cedido dentro de un canal entubado vertical al agua, que adquiere la temperatura de 20°C. La diferencia de peso específico de la columna líquida, con respecto al medio ambiente, produce una corriente convectiva vertical, que puede ser aprovechada por medio de una turbina tipo Kaplan para producir energía. La cámara 2 de vaporización, debería tener una forma tórica lenticular y sus paredes, con gran desarrollo de superficie, funcionarían de intercambiadores con el medio ambiente agua a 20°C. Las cámaras 9 y 10 deberán aislarse térmicamente del medio ambiente, pues sus temperaturas deberán mantenerse en 10°C. El canal entubado deberá tener una altura de 80 m., para que los valores de carga tengan una cierta significación. La velocidad de ascensos de la columna estaría en valores de 1,5 m/s y la potencia alcanzaría a 100 Kw con un rendimiento estimado del 1%

CONCLUSIONES

De todos los puntos tratados, lo único concretamente válido hasta el presente, es el dispositivo de transferencia de calor hacia niveles inferiores para confort en habitaciones, etc..

En el futuro se piensa desarrollar particularmente el sistema de refrigeración y ensayar la transferencia de calor por medio de aire. Se agradece la crítica eficaz del Arq. Roberto Tacchi que evitó caer en muchos errores.

TABLA I Rendimiento prototipo

mediciones de T (temperatura) x t (tiempo) en el deposito acumulador de calor de 20 litros de agua		
t : en minutos	ΔT en $^{\circ}C$.	T parciales en $^{\circ}C$
0	0	inic. 26°
10'	6°	32°
20'	5°	37°
30'	5°	42°
40'	$4,5^{\circ}$	$46,5^{\circ}$
50'	$4,5^{\circ}$	51°
60'	$3,5^{\circ}$	$54,5^{\circ}$
70'	3°	$57,5^{\circ}$
80'	$2,5^{\circ}$	final 60°

$$1 \text{ Kw} / 10 \text{ min} = 143,33 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ Kw} / 80 \text{ min} = 1146,66 \text{ Kcal}$$

$$\text{Calor esp. agua} = 1$$

$$\text{" " alcohol } 95^{\circ} = 0,715$$

$$\text{" " Laton} = 0,0939$$

$$\text{Cantidad agua} = 20 \text{ litros}$$

$$\text{" alcohol} \approx 4 \text{ Kg.}$$

$$\text{Laton} \approx 10 \text{ Kg.}$$

Se considera como T inicial tanto para los metales como para los líquidos $\approx 26^{\circ}C$; En los 10 minutos iniciales se acumulan las siguientes cantidades de calor con un ΔT de $6^{\circ}C$:

$$\text{alcohol: } 4 \text{ Kg} \times 0,715 \times 6^{\circ} = 17,16 \text{ Kcal.}$$

$$\text{metal: } 10 \text{ Kg} \times 0,0939 \times 6^{\circ} = 5,63 \text{ "}$$

$$\text{agua: } 20 \text{ Kg} \times 1 \times 6^{\circ} = \frac{120}{142,79} \text{ "}$$

$$\text{Rendimiento en 10 min} = \frac{100 \times 142,79}{143,33} = \boxed{99,62\%}$$

(con T final de $32^{\circ}C$)
y sin aislación

En 80 minutos se acumulan las siguientes cantidades de calor con un ΔT de $34^{\circ}C$

$$\text{alcohol: } 4 \text{ Kg} \times 0,715 \times 34^{\circ} = 97,24 \text{ Kcal}$$

$$\text{metal: } 10 \text{ Kg} \times 0,0939 \times 34^{\circ} = 31,92 \text{ "}$$

$$\text{agua: } 20 \text{ Kg} \times 1 \times 34^{\circ} = \frac{680}{809,16} \text{ "}$$

$$\text{Rendimiento en 80 min.} = \frac{100 \times 809,16}{1146,66} = \boxed{70,56\%}$$

(con T final de $60^{\circ}C$. sin
aislación)

Nota: se efectúan 5 mediciones con resultados semejantes
la T se mide con termometro de bulbo
la fuente de calor es una resistencia eléctrica de 1 Kw

TABLA II : Caso de superficie de trabajo común

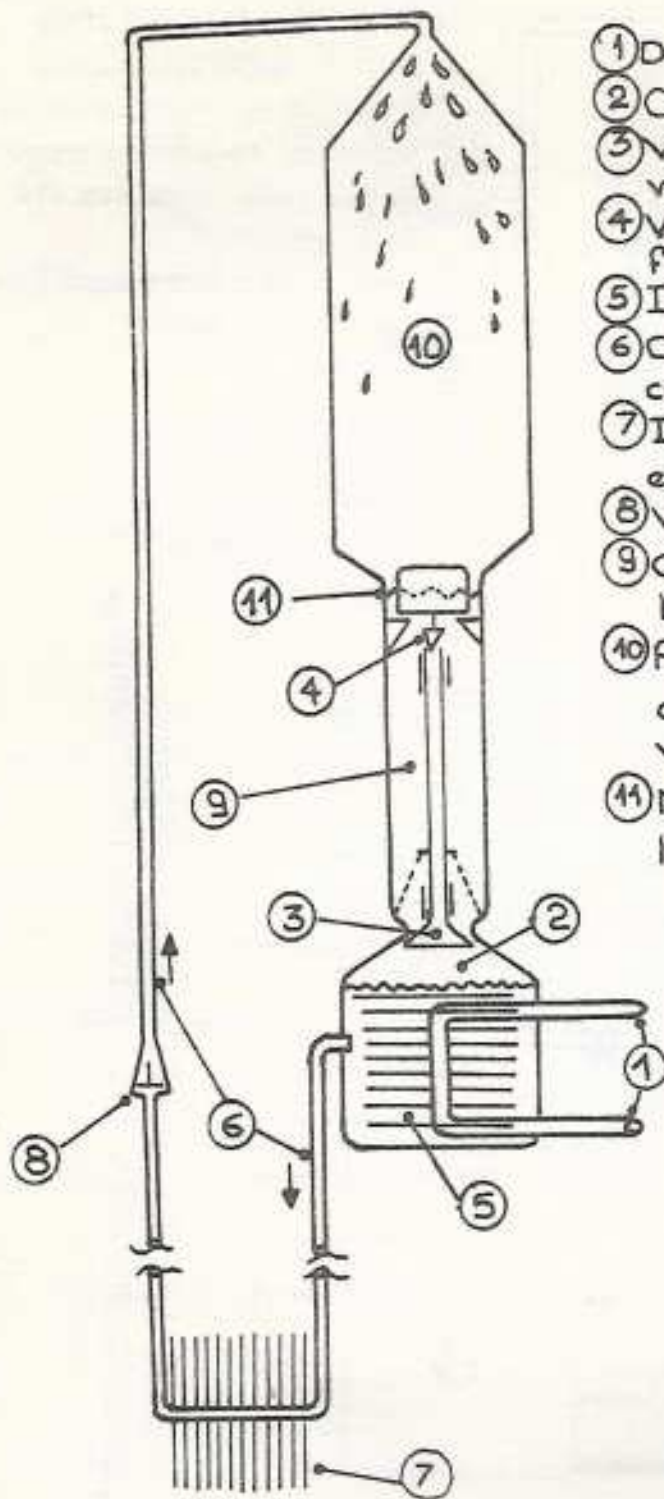
Planta enfriadora			Sistema de potencia (para planta enfriadora)		
FLUIDO :	Temperatura en °C	Presión absoluta en Kg/cm ²	FLUIDO :	°C	Kg/cm ²
ISOBUTANO (CH ₃) ₂ CH			ETER ETILICO		
Condensador	+30°	4,18	Fase de trabajo	+83°	4,46
Evaporador	-15°	0,92	Fase de recarga	+30°	0,863

TABLA III : Caso de superficie de trabajo independiente

Planta enfriadora			Sistema de potencia (para maquina operatriz genérica)		
FLUIDO :	°C	Kg/cm ²	FLUIDO :	°C	Kg/cm ²
amoniacó NH ₃			Freón 22 CHClF ₂		
Condensador	+40°	15,85	Fase de trabajo	+70°	31,5
Evaporador	-25°	1,56	Fase de recarga	+35°	14
			Presión máxima útil		17,5

TABLA IV : Alternativa al caso anterior

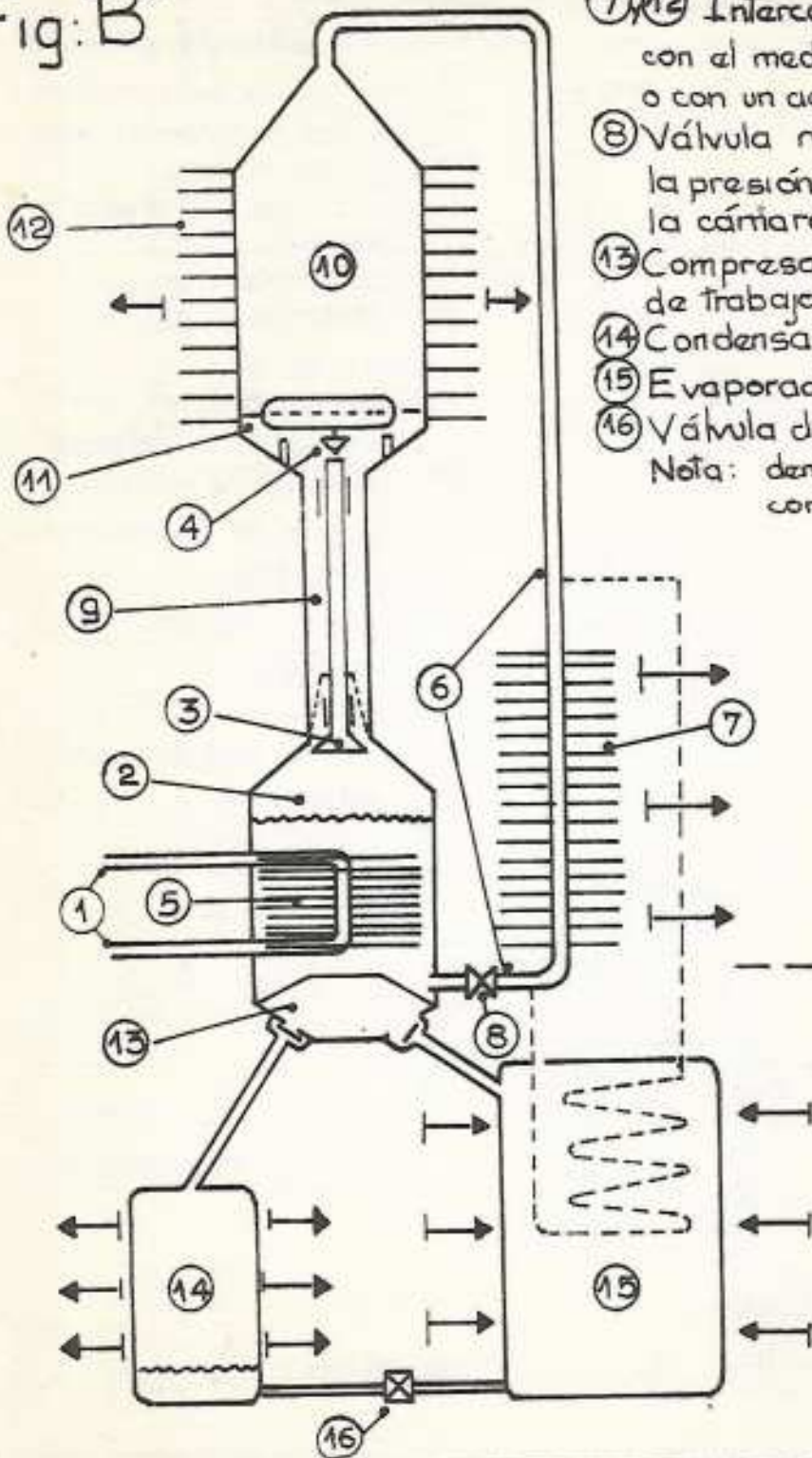
Planta enfriadora			Sistema de potencia (o motor exotérmico)		
FLUIDO :	°C	Kg/cm ²	FLUIDO	°C	Kg/cm ²
freón 12 CCl ₂ F ₂			Freón 22 CHClF ₂		
Condensador	+40°	9,8	Fase de trabajo	+64°	26
Evaporador	-15°	1,7	Fase de recarga	+40°	16
			Presión máxima útil		10



- ① De y a la fuente de calor
- ② Cámara de evaporación
- ③ Válvula automática con
vástago hueco
- ④ Válvula de vapor con
flotador
- ⑤ Intercambiador
- ⑥ Conductos de líquido
caliente - frío
- ⑦ Intercambiador con
el acumulador de calor
- ⑧ Válvula de no retorno
- ⑨ Cámara de acumulación
líquido frío
- ⑩ Pulmon - cámara de
condensación de
vapor
- ⑪ Nivel de apertura de
la válvula 4

Fig: "A"

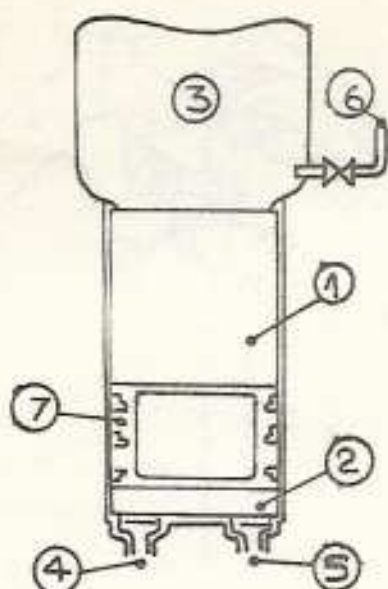
Fig: B



- ⑦, ⑫ Intercambiadores con el medio ambiente o con un acumulador de calor
 - ⑧ Válvula regulada según la presión máxima de la cámara 2
 - ⑬ Compresor con superficie de trabajo común
 - ⑭ Condensador
 - ⑮ Evaporador
 - ⑯ Válvula de expansión
- Nota: demás números como en fig. A -

Motor exotermico
 Sistema de refrigeración por compresión u otra máquina operativa
 de baja temperatura

Superficie de trabajo común con la matriz



- ① Cilindro motor
- ② Cilindro operatriz
- ③ Cámara de evaporación
- ④ Al condensador
- ⑤ Del evaporador
- ⑥ Conduto a la cámara de condensación de vapor
- ⑦ Pistón libre

Fig. "C"

Superficie de trabajo independiente

- ① Cilindro motor
- ② Cilindro operatriz
- ③ Cámara de evaporación
- ④ Presión atmosférica
- ⑤ Presión en el 100% de la carrera = a la presión de recarga de 3
- ⑥ Pulmón neumático con la misma presión de 5
- ⑦ Líquido hidráulico
- ⑧ Al condensador
- ⑨ Del evaporador
- ⑩ Conduto a la cámara de condensación de vapor.

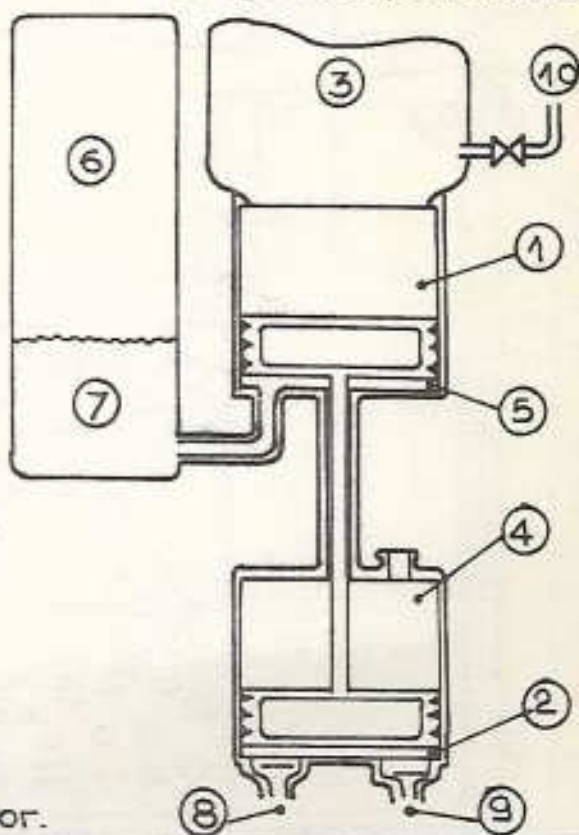


Fig: D

