

# ENSAYO DE TUBOS DE CALOR

Erico Frigerio y Luis Saravia\*

INENCO - Facultad de Ciencias Exactas UNSa  
Buenos Aires 177 - 4400 Salta  
Tel. y Fax: 087-251034

## RESUMEN.

El objetivo del trabajo realizado fue obtener información acerca de la capacidad de transferencia térmica de los tubos de calor que se fabricaran en nuestro laboratorio. Para ello se montó un dispositivo experimental sencillo en el cual se probaron tubos con metanol y, recientemente, uno con butano. Se describe en esta presentación el esquema experimental y los resultados obtenidos hasta el presente.

## INTRODUCCION.

Los tubos de calor son elementos simples que transfieren calor en forma efectiva por medio de la evaporación en un extremo y condensación en el otro de un fluido apropiado contenido en un tubo sellado. (Fig. 1).

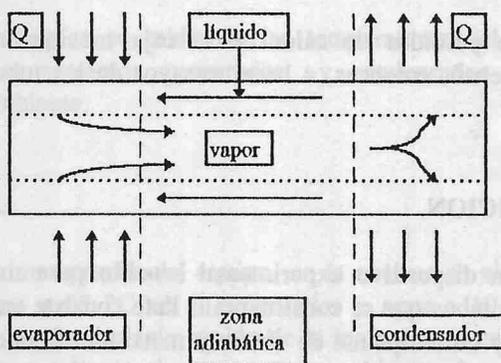


Fig.1: esquema de tubo de calor

Los fluidos elegidos en nuestro caso fueron metanol y butano ya que se desea emplear dichos tubos en el desarrollo de un equipo de enfriamiento que use al cielo como fuente fría, de manera que la zona de trabajo estará comprendida entre los  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y temperatura ambiente.

En una presentación anterior [1], se describió un pequeño equipo de enfriamiento que consta de una placa radiadora, un recinto aislado con un tanque de agua a enfriar y dos tubos de calor con metanol como fluido de intercambio. Un ensayo realizado en Abra Pampa no arrojó resultados satisfactorios (fig. 2) por lo que se inició el testeado del



equipo en laboratorio. Pruebas subsiguientes, en las cuales se enfrió la placa radiadora con hielo, tampoco arrojaron resultados prometedores. La figura 3 muestra uno de estos ensayos. Se observa un rápido descenso de la temperatura del agua del tanque durante la primer hora hasta unos 12 °C y luego una tendencia a estabilizarse a unos 8 °C. La temperaturas de los tubos se separan debido a la distribución despareja del hielo

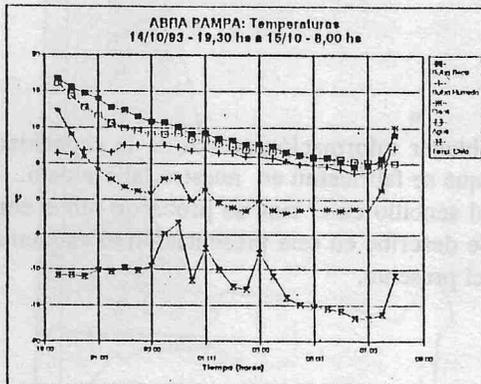


Figura 2

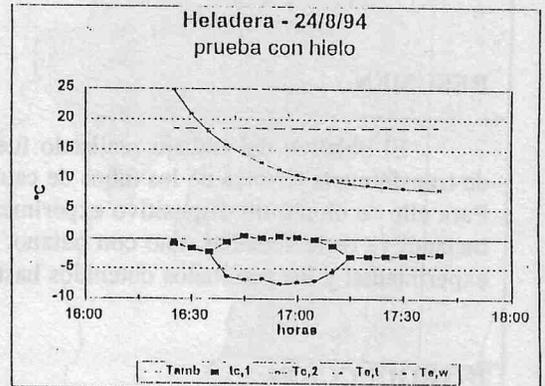


Figura 3

sobre la placa.

Las pruebas de pérdidas de calor de la caja mostraron que éstas no eran significativas y se comenzó, entonces, a hacer ensayos de los tubos de calor en forma individual.

### ESQUEMA DE MEDICION.

Se ha montó un dispositivo experimental sencillo para medir la capacidad de transportar calor de los tubos que se construyeran. Este consiste en un vaso Dewar de 1 litro en el evaporador y un recipiente de vidrio y metal en el condensador, aislado con poliestireno expandido de 5 cm de espesor. Las dimensiones del recipiente son 0,25m x 0,25m x 0,45m, disponiendo así de un volumen mucho mayor en el condensador que en el evaporador, de manera que pudiera funcionar como reservorio de calor.

Un termóstato conectado al recipiente permite mantener, una masa de agua contenida en él, a la temperatura deseada. El termóstato usado permite alcanzar temperaturas de -20 °C, aunque en los ensayos se usaron sólo temperaturas cercanas a 0 °C.

El montaje se realizó en sentido vertical (fig. 4), el vaso Dewar abajo, el recipiente arriba, y con el tubo a ensayar atravesando el fondo de este último. La longitud de los tubos ensayados es de 1 m, de los cuales 0,30 m corresponden al

evaporador y hasta un máximo de 0,45 m al condensador. Los tubos fueron probados sin ningún tipo de aleteo en los extremos para mejorar la transferencia térmica.

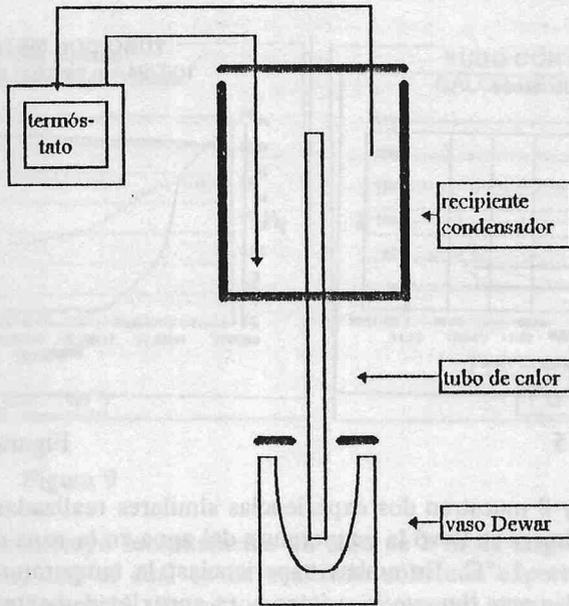


Fig. 4: disposición de los elementos

Con termocuplas se midieron las temperaturas del agua en el vaso y en el recipiente, en los extremos evaporador y condensador de los tubos, en la zona adiabática y la ambiente.

## RESULTADOS.

En una primer prueba del equipo, en la cual no se aisló la sección adiabática, se comenzó con agua a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el evaporador y agua a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el condensador. La figura 5 muestra un decaimiento rápido de la temperatura en el evaporador, llegando en aproximadamente una hora a la temperatura ambiente. A partir de aquí se produce un cortocircuito térmico en donde el tubo extrae calor del ambiente a través de la sección adiabática y no del vaso Dewar, acortándose en consecuencia la longitud efectiva del tubo. La figura siguiente muestra los resultados de una experiencia en la cual se eliminó la sección adiabática. Puede observarse que el tubo extrajo calor del agua en el evaporador. En esta última experiencia se comenzó con agua a temperatura por debajo de la ambiente en el evaporador, enfriándola hasta  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

En las siguientes experiencias se aisló cuidadosamente la sección adiabática con poliestireno expandido, de manera que la temperatura ambiente no influyera significativamente en esta zona, con lo cual se pudo enfriar el agua en el Dewar por debajo de la temperatura ambiente hasta un límite cercano a los  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

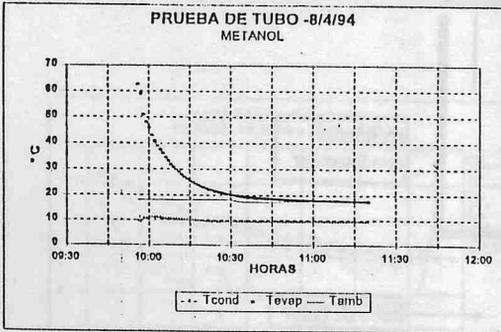


Figura 5

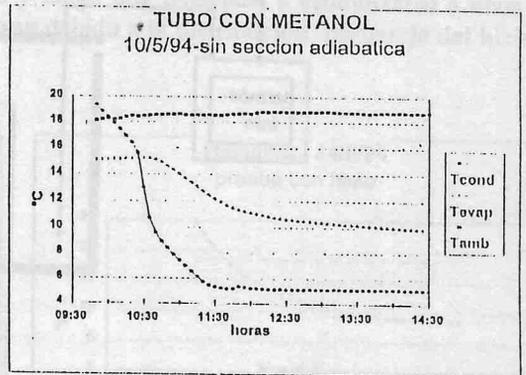


Figura 6

Las figuras 7 y 8 muestran dos experiencias similares realizadas utilizando tubos con metanol. En la primera se llevó la temperatura del agua en la zona del condensador a 5°C y en la segunda a -1 °C. En ambas experiencias, la temperatura del agua en el evaporador bajó rápidamente durante la primer hora aproximadamente, tendiendo luego a una temperatura de alrededor de 10 °C. Este hecho se aprecia mejor en las figuras 9 y 10. De esta última se puede ver que el tubo ensayado transfiere 200 W a 50°C, 50W a 20°C y prácticamente nada a 10 °C.

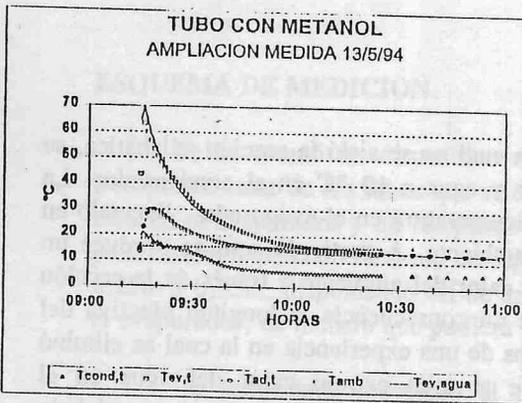


Figura 7

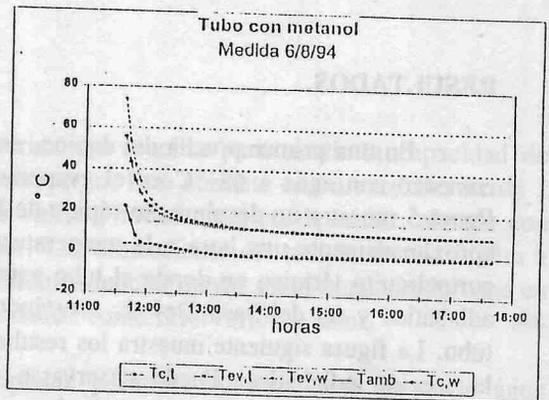


Figura 8

El comportamiento descrito se ha verificado en todos las experiencias realizadas. En un ensayo realizado en el Brace Research Institut de Canadá de un tubo de 2 m de largo con metanol, se obtuvieron los mismos resultados. En la oportunidad, las medidas se realizaron a una temperatura ambiente de 28 °C y se enfrió con hielo.

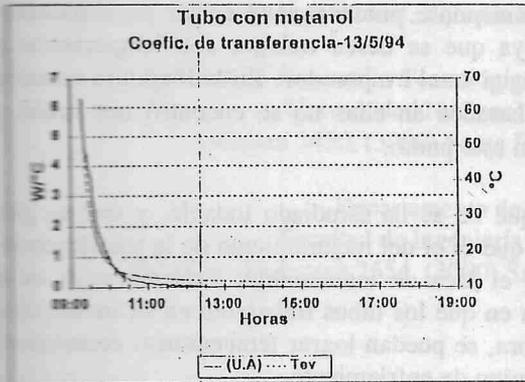


Figura 9

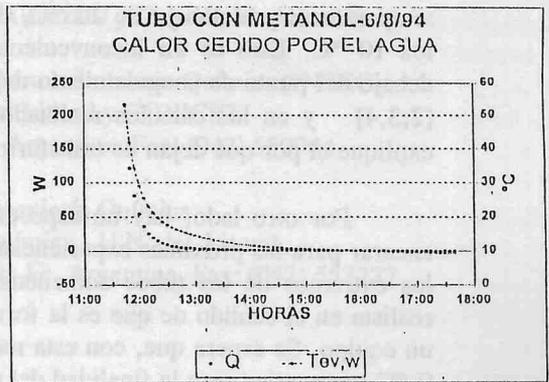


Figura 10

Se ha construyó recientemente un tubo de 2 m de largo con butano como fluido de intercambio, con el cuál se ha realizado sólo una experiencia. Los resultados se muestran en la figura 11. En esta ocasión se comenzó con el agua en el evaporador a temperatura ambiente ( $23\text{ }°C$ ) y se ha enfriado con una mezcla frigorífica de hielo y sal. La temperatura del agua en el evaporador bajó  $10\text{ }°C$  en dos horas hasta alcanzar el valor de  $11\text{ }°C$  al final de la experiencia, mostrando un comportamiento similar a los anteriores.

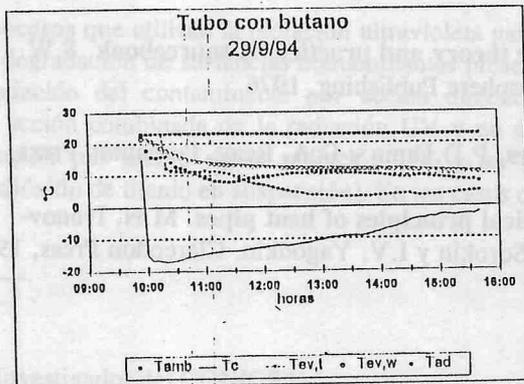


Figura 11

## CONCLUSIONES.

Las experiencias realizadas con tubos con metanol muestran una gran transferencia de calor a temperaturas mayores de 30 °C y otra mucho menor a temperaturas por debajo de 20 °C, deteniéndose prácticamente en las proximidades de los 10 °C. Esto es un inconveniente ya que se desea trabajar con temperaturas por debajo del punto de congelamiento del agua en el evaporador. En la literatura consultada [2,3,4] y en los cálculos realizados basados en ellas no se encontró una razón que explique el por qué dejan de transferir en este punto.

Por otro lado, hay un aspecto que no se ha estudiado todavía, y que se piensa encarar para las próximas experiencias, que es el del mejoramiento de la transferencia en los extremos de los tubos aumentando el área de intercambio. Esta situación es más realista en el sentido de que es la forma en que los tubos trabajarán en su instalación en un equipo. Se espera que, con esta mejora, se puedan lograr temperaturas cercanas a los 0 °C, necesarias para la finalidad del equipo de enfriamiento.

## BIBLIOGRAFIA.

- [1] **Equipo de enfriamiento por radiación nocturna: un primer prototipo.** E. Frigerio y L. Saravia. Actas de la 16a. Reunión de trabajo de ASADES, La Plata, 1993.
- [2] **Heat pipe theory and practice. A sourcebook.** S.W. Chi. Hemisphere Publishing, 1976.
- [3] **Heat pipes.** P.D.Dunn y D.A. Reay. Pergamon Press, 1976.
- [4] **The physical principles of heat pipes.** M.N. Ivanovskii, V.P. Sorokin y I.V. Yagodkin. Clarendon Press, 1982.