

"COLECTORES DE DOS EXTREMOS EN TUBOS EVACUADOS"

Mario Diaz y Nahuel Salvo

Escuela de Física. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales. Universidad Nacional de San Luis.
Chacabuco y Pedernera (5700). San Luis.

INTRODUCCION

Los requerimientos de energía en forma de calor a temperaturas intermedias aumentan a la par del desarrollo industrial. En un país industrializado, existe una demanda de este rango de alrededor del 20% de la energía total gastada en forma de calor.

Luego, es importante estudiar y construir colectores solares que sean eficientes en este rango de temperaturas y resulten económicamente competitivos. De esta manera colaborarán al reemplazo gradual de las fuentes convencionales de energía.

El tipo de colectores, que con este fin, estamos estudiando y desarrollando en el Laboratorio de Energía Solar de la U.N.S.L. son los contenidos en tubos evacuados.

Con el propósito de cumplir con el requerimiento que sean económicos, y en base al acuerdo logrado con el Laboratorio de Física de la Universidad Técnica Federico Santa María, nos dedicamos a colectores hechos totalmente en vidrio. Esto exige el desarrollo de superficies selectivas en cintas muy delgadas y determinadas técnicas de pegado.

En este trabajo realizamos un estudio teórico de colectores de dos extremos. El sentido del mismo es que actualmente existen varios desarrollos de colectores evacuados con distintas geometrías para el receptor pero de un extremo. El hecho de trabajar con un extremo es para solucionar los problemas de dilatación que se originan en la unión del receptor y la cubierta de vidrio.

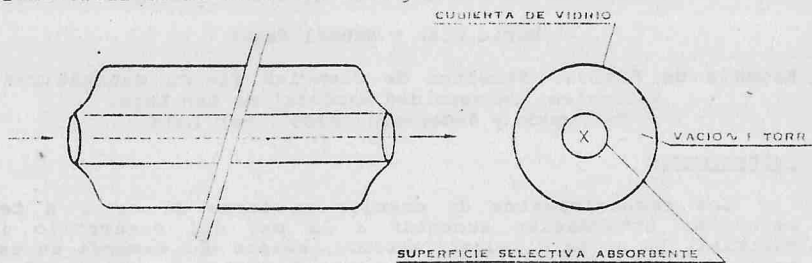
Como nuestra propuesta es para receptores de vidrio, tendríamos una unión vidrio vidrio que presentaría un problema de dilatación mal malejable.

Decidimos estudiar dos geometrías para el receptor cilíndrico y placa, ya que hemos realizado con anterioridad el estudio de colectores de un extremo con receptores de esta geometría. De esta manera podemos comparar los resultados, evaluados y sacar conclusiones. [1], [2].

RECEPTOR CILINDRICO

Se trata de un colector muy simple, donde el receptor es cilíndrico de vidrio cubierto por una cinta de Cu de 0.02 mm de espesor cuya superficie ha sido tratada con cromo negro. Como cubierta de este receptor utilizamos otro cilindro de vidrio de 50 mm de diámetro. Se unen los extremos de estos cilindros de manera que se forme una cavidad hermética entre ellos, donde se practica un vacío de unos pocos torr. El fluido de trabajo puede

entrar por un extremo del receptor y salir por el otro. De ahí el nombre de colector de dos extremos. Una vista longitudinal y otra transversal se muestran en la figura.



Pensamos el problema con la suposición que la temperatura de la superficie de los cilindros depende sólo de la longitud. En consecuencia, para un corte transversal se puede calcular la temperatura en el espacio entre los cilindros resolviendo un problema de potencial muy sencillo. Expresado en sobre temperatura de cubierta y llamando t_1 a la temperatura de receptor es:

$$t = (\ln r / \ln (r_1/r_2)) \cdot t_1 \quad (1)$$

donde r_1 es el radio del receptor cilíndrico
 r_2 es el radio del cilindro extremo o cubierta.

Como hemos supuesto que t_1 varía sólo con la longitud la cantidad de calor absorbida por el fluido será dado por:

$$d \text{ cp } A \text{ v } dt_1/dz = G - Q_{\text{rad}} - Q_{\text{cond}} \quad (2)$$

donde: d : densidad del fluido de trabajo
 cp : calor específico del fluido de trabajo
 A : sección transversal de anillo
 v : velocidad del fluido en el anillo
 G : radiación en el absorbedor por unidad de longitud
 z : longitud del colector

Las pérdidas por radiación Q_{rad} se calculan como el intercambio entre dos superficies cilíndricas y las pérdidas por conducción están dadas por

$$Q_{\text{con}} = -k_0 \int_0^{z_1} r_1 (dt/dr) dr$$

k_0 : conductividad del medio entre la cubierta y el receptor.
 La derivada respecto de r se evalúa en $r=r_1$.
 por (1) es:

$$Q_{\text{con}} = -2 \pi k_0 / \ln(r_1/r_2) \cdot t_1$$

luego (2) resulta:

$$\text{cp } A \text{ v } dt_1/dz = G - 2\pi r_1 \epsilon \left[(t_1 + T_0)^4 - T_0^4 \right] + 2 \pi k_0 / (\ln(r_1/r_2)) t_1$$

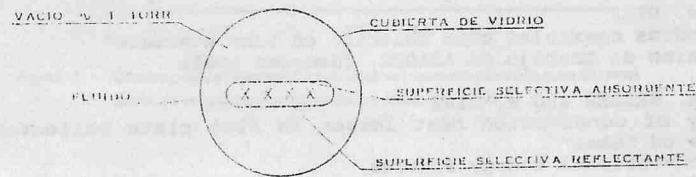
donde : constante de Stefan Boltzman
 ϵ : emitancia
 T_0 : temperatura absoluta de la cubierta de vidrio

Resolvemos esta ecuación diferencial no lineal utilizando el método de diferencias finitas. Logramos así el rendimiento y la distribución de temperatura a lo largo del colector. Estos valores son mostrados en la figura 1 y 2.

La discusión de estos resultados lo hacemos al final al comparar las distintas geometrías y colectores.

RECEPTOR PLACA

Un colector similar al anterior, pero ahora en lugar de un cilindro como receptor tenemos una placa. Esta se consigue mediante el termoformado a partir de un cilindro de vidrio, de manera que se llega a una sección transversal como muestra la figura



Al igual que el tratamiento anterior se supone que la temperatura del receptor y de la cubierta dependen solo de la longitud del colector. De esta manera el problema de potencial tiene condiciones de contornos sencillas.

La dificultad está en la geometría del recinto donde estudiamos el potencial. Pues, es muy difícil resolver la ecuación de Laplace en la simetría en que se plantea el problema. En un trabajo anterior [3] hemos utilizado transformación conforme que soluciona ésta, transformando el recinto en un anillo. Siguiendo esta metodología encontramos las pérdidas conductivas resultando

$$Q_{\text{cond}} = -2 \pi k_0 / \ln \rho \cdot t_1$$

Luego el balance de energía para el receptor es

$$\text{cp } A \text{ v } dt_1/dz = G - 2\pi b \epsilon \left[(t_1 + T_0)^4 - T_0^4 \right] + 2 \pi k_0 / (\ln \rho) t_1$$

Esta ecuación diferencial es resuelta y se logra así, conocer el rendimiento y distribución de temperatura a lo largo del colector. En la figura 3 y 4 hemos representado los valores obtenidos.

CONCLUSIONES

En el caso de colectores con receptor cilíndrico es inmediato que desde el punto de vista del rendimiento no se distinguen. El uso de uno o dos extremos lo decide el arreglo del sistema para optimizar la salida del fluido caliente (fig 5).

Cuando se trabaja con receptor placa es superior el comportamiento del colector de un extremo. Pero debe considerarse al proyectar el sistema la complicación adicional de construcción de uno con respecto a otro (fig 6).

El uso de colectores evacuados hechos totalmente en vidrio en temperaturas intermedias bajas es una alternativa interesante desde el punto de vista del rendimiento y desde el aspecto económico.

REFERENCIAS

[1] A. KELLER y M. DIAZ
"Rendimiento y distribución de temperatura de un colector plano en tubo evacuado. Cálculo teórico y valores experimentales"
V Congreso Latinoamericano de Energía Solar (Valparaíso - Chile - 1986)

[2] M. DIAZ
"Cilindros coaxiales como colector en tubo evacuado"
X Reunión de trabajo de ASADES. (Neuquén 1985).

[3] A. KELLER and M. DIAZ
"Study of conduction heat losses in flat plate collectors in evacuated tubes"
Non-Conventional Energy Sources.
ACIP Series - Volume 3
World Scientific Publishing Co. (Singapore 1984)

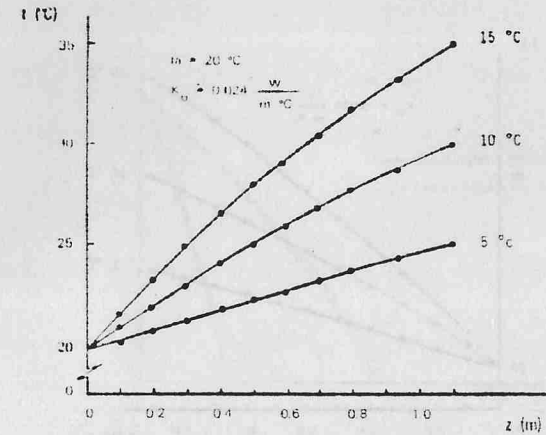


Figura 1. Distribución de temperatura a lo largo del receptor cilíndrico para distintos salios de temperatura entre entrada y salida del fluido.

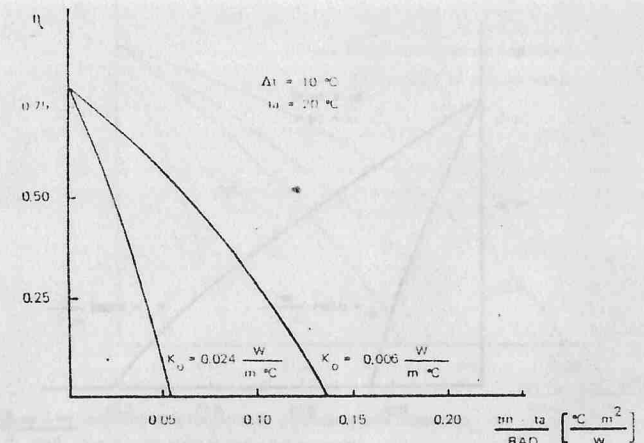


Figura 2. Rendimiento del colector con receptor cilíndrico para un salto de temperatura entre entrada y salida del fluido de $t = 10^{\circ}\text{C}$ y distintas conductividades:

$$K_0 = 0,024 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \text{ (aire)} \quad \text{y} \quad K_0 = 0,006 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \text{ (Xenón)}$$

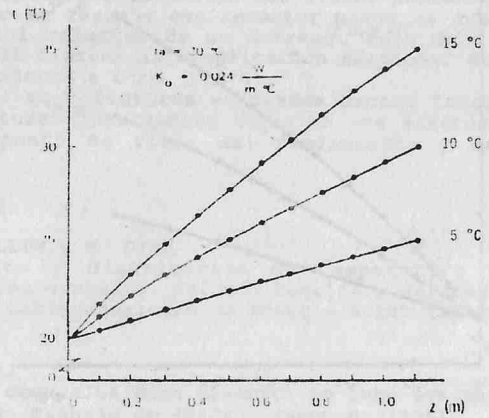


Figura 3. Distribución de temperatura a lo largo del receptor placa para distintos saltos de temperatura entre entrada y salida del fluido.

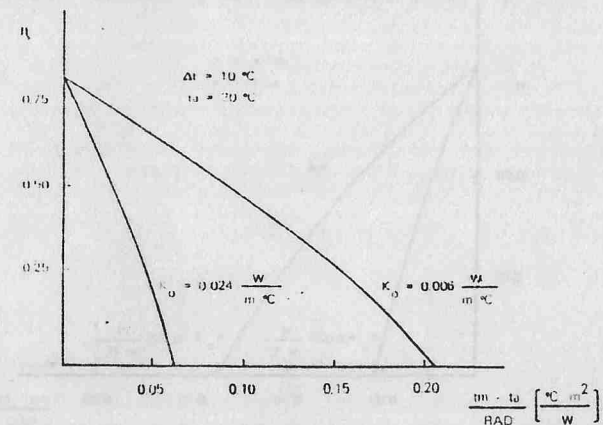


Figura 4. Rendimiento del colector con receptor placa para un salto de temperatura entre entrada y salida del fluido de $t = 10^{\circ}\text{C}$ y distintas conductividades: $K_0 = 0.024 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}$ (aire) y $K_0 = 0.006 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}$ (Xenón)

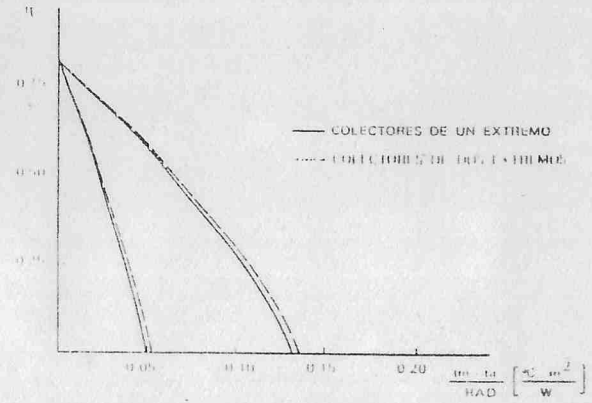


Figura 5. Comparación de las curvas de rendimiento para colectores con receptor cilíndrico de uno y dos extremos.

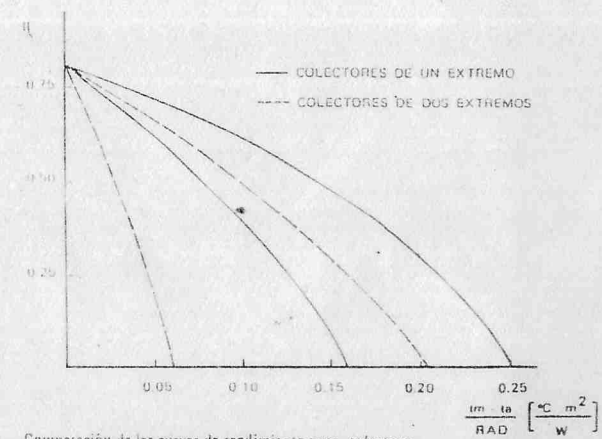


Figura 6. Comparación de las curvas de rendimiento para colectores con receptor placa de uno y dos extremos.