

## 2. MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA CON LA TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO (Y CON EL CAUDAL DE AGUA).

### TEORÍA

El panel solar recibe energía del Sol y transfiere una parte de la misma al agua que circula a través del mismo. Se ha mostrado en el experimento N.º 1 que el panel posee una eficiencia de conversión que dependerá de un determinado número de factores.

Suponiendo que el panel solar se utilice exclusivamente para el calentamiento de agua, es normal que se requiera que el agua se encuentre a una temperatura elevada. El experimento siguiente estudiará cómo la eficiencia del panel varía en función de la temperatura del agua de entrada.

A mayores temperaturas de entrada del agua, la temperatura media del panel aumentará. Esto tendrá dos efectos principales.

1. La superficie negra del panel reemitirá más radiación de calor desde su superficie. La mayor parte de dicha radiación (a una longitud de onda mayor que la radiación incidente) quedará detenida por la cubierta de plástico transparente. Sin embargo, parte del calor se perderá y esto reducirá la eficiencia global.
2. El interior del panel, revestido por un aislante térmico, estará más caliente y, por tanto, las pérdidas del panel por convección y por conducción serán mayores. En un entorno real, también existirán los factores viento y lluvia, que se han de añadir a este efecto de pérdida de calor.

### PROCEDIMIENTO

Se supone que se ha instalado una unidad siguiendo el procedimiento de las páginas 7 a 10.

Siguiendo el procedimiento operativo de la página 11, ajustar el panel al ángulo deseado (ángulo óptimo) según el procedimiento de referencia de la página 21 o ajustarlo a cualquier otro ángulo deseado.

Ajustar el control de caudal del panel (13) a 30 g/s y ajustar la válvula de control del caudal de purga (19) para que habilite un caudal razonablemente grande. Intentar conseguir un caudal de purga que llene el cilindro de medición de 500 ml en aproximadamente 30 segundos (1 litro/minuto).

1. Monitorizar las temperaturas del sistema T1 a T3 hasta que el sistema alcance la estabilidad y luego registrar los parámetros siguientes. Observar que el caudal de purga debe medirse utilizando el cilindro de medición y un cronómetro, tal como se describe en la página 13.
2. Cerrar la válvula de control del caudal de purga (19) para reducir el caudal y permitir de nuevo que se estabilice el sistema. Repetir las mediciones como antes.
3. Repetir el procedimiento para caudales de purga cada vez menores. Observar que, debido a la presión en el sistema (1,5 Bar en el indicador), es posible que las temperaturas T2 y T3 del agua en el panel estén por encima de los 100 °C. Sin embargo, prestar **MUCHA ATENCIÓN** para que no se cierre el control del caudal de purga a plena luz del día, dado que el sistema puede entrar en ebullición y originar presiones por encima del límite seguro de 3 Bar. Esto originará que la válvula de alivio de presión (8) descargue agua y vapor hirviendo

Ángulo del panel = 52°

| Muestra N.º                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 |
|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|---|---|
| $\dot{q}_{Solar}$ Flujo solar W/m <sup>2</sup> | 995  | 990  | 995  | 995  | 990  |   |   |
| T1 agua de entrada                             | 12,3 | 14,6 | 15,4 | 16,5 | 17,7 | - | - |
| T2 agua a panel °C                             | 21,2 | 34,0 | 41,2 | 52,7 | 66,7 | - | - |
| T3 agua a purga °C                             | 30,7 | 42,6 | 49,3 | 57,5 | 73,3 | - | - |
| T4 aire ambiente °C                            | 23,0 | 23,0 | 23,0 | 23,0 | 23,0 | - | - |
| V volumen de purga ml                          | 500  | 500  | 500  | 500  | 480  | - | - |
| t tiempo para volumen                          | 31   | 49   | 63   | 83   | 129  | - | - |
| $\dot{m}_{panel}$ Caudal de panel              | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | - | - |

**CÁLCULOS**

Para la muestra N.º 5

Flujo solar  $\dot{q}_{Solar} = 990 \text{ W/m}^2$

A partir de los Datos útiles de la página 18 el área efectiva del panel es  $A_p = 1.6 \text{ m}^2$

El calor efectivo disponible para el panel es

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Solar} &= \dot{q}_{Solar} \times A_p \\ &= 990 \times 1.6 \\ &= 1584 \text{ W}\end{aligned}$$

La temperatura de entrada de agua fría es  $T_1 = 17.7^\circ\text{C}$

La temperatura de entrada al panel es  $T_2 = 66.7^\circ\text{C}$

La temperatura del agua que sale del panel y va a la purga es de  $T_3 = 73.3^\circ\text{C}$

Temperatura media del panel

$$\begin{aligned}T_{Mean} &= \frac{T_2 + T_3}{2} \\ &= \frac{66.7 + 73.3}{2} \\ &= 70^\circ\text{C}\end{aligned}$$

El caudal de agua caliente a la purga es

$$\begin{aligned}\dot{m}_{Bleed} &= \frac{480}{129} \\ &= 3.72 \text{ g/s}\end{aligned}$$

El calor aportado por parte del sistema al agua de refrigeración es

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Water} &= \dot{m}_{Bleed} \times C_p (T_3 - T_1) \\ &= \frac{3.72}{1000} \times 4.18 \times 10^3 (73.3 - 17.7) \\ &= 864 \text{ W}\end{aligned}$$

Por tanto la eficiencia instantánea del panel es

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{\dot{Q}_{Water}}{\dot{Q}_{Solar}} \times 100\% \\ &= \frac{864}{1584} \times 100\% \\ &= 54.5\%\end{aligned}$$

Puede trazarse un gráfico de la eficiencia del panel en función de la temperatura media del mismo. Dicho gráfico se muestra en la página siguiente.

Como se esperaba, a medida que la temperatura media del panel aumenta, la eficiencia global del panel disminuye.

Si el tiempo lo permite, podrá repetirse el procedimiento para un abanico de diferentes caudales de circulación de agua en el panel. Con ello, se cambiará el tiempo de residencia del agua en el panel y se modificará el coeficiente de transferencia de calor por convección en los pasos de caudal de agua del panel.

Panel Efficiency % v Mean Temperature

