

### PRACTICA 3

#### ESTUDIO DE LA TRANSMISIÓN DE CALOR CON EL APARATO ET-100

#### INTRODUCCIÓN TEORICA.

**La conducción** se produce por una diferencia de temperaturas existente entre dos sistemas o entre dos partes de un sistema. La energía se transmite por contacto directo entre partículas. El flujo de calor se dirige de la región de mayor temperatura a la de menor.

Ley de Fourier. Ecuación general de la conducción

$$j = -k \frac{dt}{dx}$$

para el caso particular de una placa plana la ecuación queda:

$$q = Q/S = -k(t_1 - t_2)/e = C \cdot (t_1 - t_2) = (t_1 - t_2)/R$$

donde:

$k$  = Conductividad

$C$  = Conductancia térmica

$R$  = Resistencia térmica

**La convección** es debida a los movimientos de masa que tienen lugar dentro de un fluido. La transmisión de energía entre las partículas del fluido sigue el mecanismo de la conducción, pero el transporte de energía a lo largo del espacio se debe, sobre todo, al movimiento macroscópico del fluido.

Se distingue dos tipos de convección:

**Natural.** Provocada por las diferencias de densidad que existen en un fluido debidas a diferencias de temperatura.

**Forzada.** Provocada por una causa mecánica externa.

Para determinar el intercambio térmico entre la superficie de un sólido y el fluido que lo rodea, se define, en primer lugar, un coeficiente de convección ( $h_c$ ):

$$q = Q/S = h_c (t_s - t_g)$$

donde:

$q$  = flujo de calor por convección entre una superficie y un fluido

$t_s$  = temperatura superficial del sólido

$t_g$  = temperatura de la masa del fluido alejada de la superficie.

**hc**= coeficiente de convección

## **EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA**

Vamos a calcular el coeficiente de conductividad del corcho. Para ello calcularemos, en régimen estacionario, el flujo de calor que pasa a través de una placa de corcho. Una vez evaluado, y sabiendo la superficie (S), espesor (e) y la diferencia de temperaturas existentes entre la parte interior y exterior de la placa, podemos calcular el coeficiente de conductividad,  $k$ , a partir de la ley de transmisión de calor por conducción.

$$Q = [k \cdot S \cdot (t_p - t_s)] / e$$

Colocamos el corcho sobre la placa calefactora y fijamos la temperatura de la placa ( $t_p = 40^\circ$ ). Aislamos el otro lado de la placa de forma que podamos considerar que todo el calor se transmite a través del corcho.

La potencia suministrada a la placa para mantener la temperatura es la que ha atravesado el corcho, Q.

En la placa calefactora tiene lugar un proceso cíclico. Cuando la temperatura baja, la resistencia se conecta hasta que vuelve a alcanzarse la temperatura  $t_s$ . El valor de este tiempo,  $t$ , viene dado por el número que aparece sobre el marcador tiempo de calefacción. El número sobre tiempo del ciclo sigue corriendo hasta que la resistencia vuelve a conectarse por haber vuelto a bajar la temperatura. Al tiempo total transcurrido lo llamamos  $c$ .

**Tabla de datos**

|                                               |         |        |        |
|-----------------------------------------------|---------|--------|--------|
| <b><math>t_p</math> (°C)</b>                  | 40      | 40     | 40     |
| <b><math>t_s</math> (°C)</b>                  | 28.5    | 29     | 28.75  |
| <b><math>t</math></b>                         | 11.5    | 11     | 11.25  |
| <b>(s)</b>                                    | 11.712  | 11.161 | 10.481 |
| <b><math>c</math> (s)</b>                     | 61.3    | 59.829 | 55.537 |
| <b><math>t / c</math></b>                     | 0.191   | 0.1865 | 0.1887 |
| <b><math>W_{max} = V^2/R</math></b>           | 39.34   | 39.18  | 38.34  |
| <b><math>W = Q = W_{max} \cdot t</math></b>   | 7.5163  | 7.307  | 7.2356 |
| <b><math>k = e \cdot W / S \cdot t</math></b> | 0.05314 |        |        |

Material: corcho Espesor: 0.05m

Longitud lado: 0.275m Superficie: 0.0615m<sup>2</sup>

Vamos a calcular el coeficiente de transmisión térmica superficial,  $h$ , entre una superficie plana y el aire en reposo. El método de cálculo es similar al caso de la lámina de corcho.

Para calcular el valor de  $h$  tendremos en cuenta que la transmisión de calor de la placa al aire tiene lugar simultáneamente por convección y radiación. El coeficiente conjunto ( $h = h_r + h_c$ ) lo calcularemos teniendo en cuenta la potencia que es necesario suministrar para que la temperatura de la placa permanezca constante y aplicando la expresión:

$$Q = h \cdot S \cdot (t_p - t_a)$$

Repetiremos los cálculos para distintas inclinaciones:

**Horizontal:**

|                      |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|
| <b>tp (°C)</b>       | 40     | 40     | 40     |
| <b>ts (°C)</b>       | 21.25  | 21.45  | 21.05  |
| <b>t</b>             | 18.75  | 18.55  | 18.95  |
| <b>(s)</b>           | 10.258 | 10.618 | 9.898  |
| <b>c (s)</b>         | 52.337 | 52.548 | 52.126 |
| <b>= / c</b>         | 0.195  | 0.202  | 0.1899 |
| <b>Wmax = V2/R</b>   | 39.28  | 39.54  | 39.02  |
| <b>W=Q=Wmax .</b>    | 7.6596 | 7.987  | 7.4099 |
| <b>h=Q/S·(tp-ta)</b> | 6.6453 |        |        |

**Vertical**

|                      |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|
| <b>tp (°C)</b>       | 40     | 40     | 40     |
| <b>ts (°C)</b>       | 20.5   | 20.5   | 20.75  |
| <b>t</b>             | 19.5   | 19.5   | 19.25  |
| <b>(s)</b>           | 12.394 | 12.178 | 12.610 |
| <b>c (s)</b>         | 48.944 | 49.076 | 48.812 |
| <b>= / c</b>         | 0.2532 | 0.2481 | 0.2583 |
| <b>Wmax = V2/R</b>   | 39.56  | 39.99  | 39.13  |
| <b>W=Q=Wmax .</b>    | 10.016 | 9.921  | 10.107 |
| <b>h=Q/S·(tp-ta)</b> | 6.6453 |        |        |

**Superficie cilíndrica:**

Calcularemos ahora el coeficiente de transmisión térmica superficial entre una superficie cilíndrica y el aire. Utilizamos una capa calefactora con revestimiento negro que colocamos en el interior de un tubo aislado con poliuretano de diámetro interior 9.5cm y altura 29 cm.

Fijamos una temperatura de 40°C en el regulador.

**Convección natural:**

|                      |       |         |        |
|----------------------|-------|---------|--------|
| <b>tp (°C)</b>       | 40    | 40      | 40     |
| <b>ts (°C)</b>       | 20.7  | 20.5    | 20.9   |
| <b>t</b>             | 19.5  | 19.5    | 19.25  |
| <b>(s)</b>           | 5     | 4.4     | 4.1    |
| <b>c (s)</b>         | 18    | 19.7    | 22.6   |
| <b>= / c</b>         | 0.277 | 0.223   | 0.227  |
| <b>Wmax = V2/R</b>   | 52.6  | 50.3    | 54.9   |
| <b>W=Q=Wmax .</b>    | 11.94 | 11.2169 | 12.426 |
| <b>h=Q/S·(tp-ta)</b> |       | 8.18    |        |

**Convección forzada.**

|                      |       |       |        |
|----------------------|-------|-------|--------|
| <b>tp (°C)</b>       | 40    | 40    | 40     |
| <b>ts (°C)</b>       | 20.8  | 20.8  | 20.8   |
| <b>t</b>             | 19.5  | 19.5  | 19.25  |
| <b>(s)</b>           | 6     | 6.2   | 5.8    |
| <b>c (s)</b>         | 13.2  | 13.8  | 14.7   |
| <b>= / c</b>         | 0.454 | 0.434 | 0.403  |
| <b>Wmax = V2/R</b>   | 52.6  | 51.2  | 53.9   |
| <b>W=Q=Wmax .</b>    | 23.88 | 22.22 | 21.721 |
| <b>h=Q/S·(tp-ta)</b> |       | 15.51 |        |