



Examen Final. Segundo Parcial. Curso 2004/2005. 22 de junio de 2005.

Apellidos .....

Nombre: ..... Grupo oficial: .....

**Problema 2º:** (2.25 puntos)

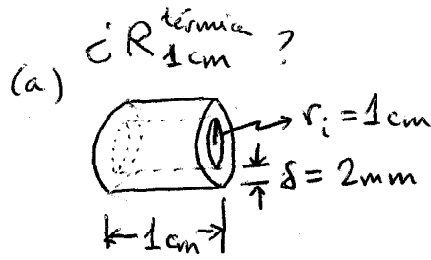
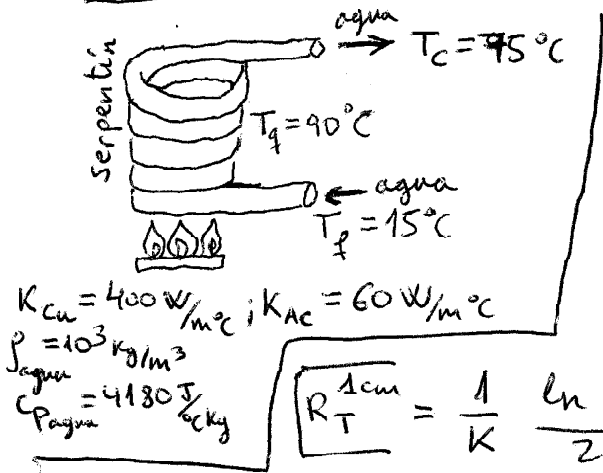
El calentador de butano de la instalación de agua caliente de una vivienda consta básicamente de un quemador alrededor del cual se enrolla una tubería de sección circular (serpentín). La tubería del serpentín es de cobre, tiene una longitud de 8 m, radio interior 1 cm y espesor 2 mm.

En el estado estacionario de funcionamiento, la llama de butano mantiene la pared exterior de la tubería a una temperatura  $T_q = 90^\circ\text{C}$ , transfiriendo calor al agua circulante. A la entrada del serpentín la temperatura del agua es  $T_f = 15^\circ\text{C}$ , y a su salida es  $T_c = 75^\circ\text{C}$ .

- Calcula la resistencia térmica que ofrece un tramo de tubería de 1 cm de longitud.
- Calcula la potencia calorífica que recibe el agua en el *primer* centímetro de tubería del serpentín, suponiendo que ahí la temperatura del interior de la tubería es constante y prácticamente igual a la temperatura del agua *a la entrada* del serpentín. Determina también la potencia calorífica que recibe el agua en el *último* centímetro del serpentín, suponiendo que la temperatura interior de la tubería es también allí constante, pero ahora igual a la temperatura del agua *a la salida*.
- Si una longitud  $L = 4$  m de tubería del serpentín se reemplaza por un tramo de tubería de igual longitud, radio interior y espesor, pero de acero en vez de cobre, calcula la resistencia térmica equivalente del conjunto.
- Si el caudal de agua que circula por el serpentín es  $G = 6$  litros/min, calcula la masa de agua que cada segundo sale del serpentín, y el calor que debe transferir el quemador a dicha masa de agua para calentarla.
- Si el poder calorífico de la combustión del butano es 46 MJ/kg, y sabiendo que una bombona de 12 kg dura 5 horas funcionando continuamente, determina la eficiencia (energía aprovechada/energía consumida) del quemador.

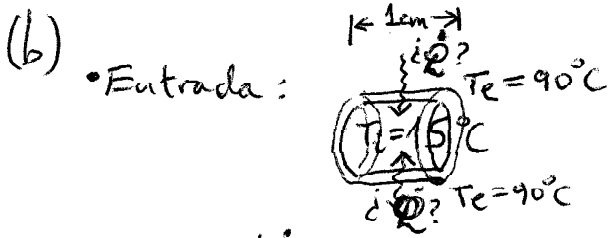
Datos adicionales:  $k_{\text{cobre}} = 400 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ;  $k_{\text{acero}} = 60 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ;  $\rho_{\text{agua}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $c_{p,\text{agua}} = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ .

SOLUCIÓN 2º PROBLEMA DEL 2º PARCIAL DEL FINAL JUNIO 05

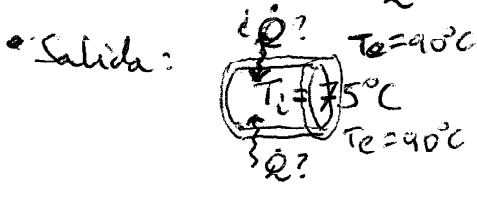


Por ser una pared cilíndrica, es:

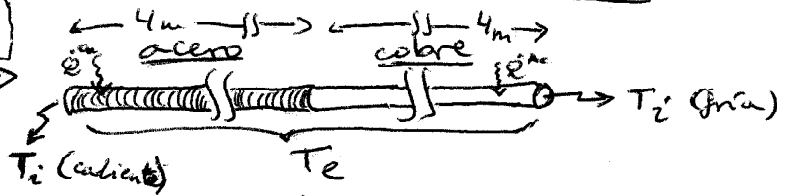
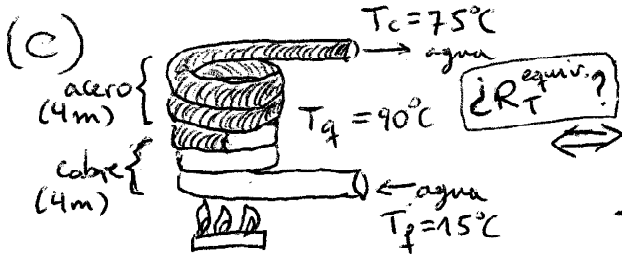
$$R_T^{1cm} = \frac{1}{K} \frac{\ln\left(\frac{r_i + \delta}{r_i}\right)}{2\pi L} = \frac{1}{400 \text{ W/m}^\circ\text{C}} \frac{\ln\left(\frac{1.2 \text{ cm}}{1 \text{ cm}}\right)}{2\pi \cdot 0.01 \text{ m}} = 7.25 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W}$$



$$\dot{Q}_{1cm \text{ entrada}} = \frac{\Delta T_{ent}}{R_T^{1cm}} = \frac{90^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{7.25 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W}} = 10.338 \text{ '63 W}$$



$$\dot{Q}_{1cm \text{ salida}} = \frac{\Delta T_{sal.}}{R_T^{1cm}} = \frac{90^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{7.25 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W}} = 2.067 \text{ '72 W}$$



$$R_{eq}^{-1} = (R_T^{cu})^{-1} + (R_T^{Ac})^{-1}$$

$$R_T^{cu} = \frac{1}{400 \text{ W/m}^\circ\text{C}} \frac{\ln\left(\frac{1.2 \text{ cm}}{1 \text{ cm}}\right)}{2\pi \cdot 4 \text{ m}} = 1.81 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$R_T^{Ac} = \frac{1}{60 \text{ W/m}^\circ\text{C}} \frac{\ln\left(\frac{1.2 \text{ cm}}{1 \text{ cm}}\right)}{2\pi \cdot 4 \text{ m}} = 1.21 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$R_{eq} = \left[ \frac{1}{1.81 \cdot 10^{-5}} + \frac{1}{1.21 \cdot 10^{-4}} \right]^{-1} = [63.410 \text{ '28}]^{-1} = 1.58 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Las tuberías de cobre y acero están asociadas en PARALELO para la transmisión de calor — en serie para el flujo de agua

(d)  $\dot{c}m_{1s}$  por el serpentín?  $\dot{c}Q?$  para calentarla (de 15°C a 75°C)?

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_{1s} = \rho V_{1s} \quad G = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow V_{1s} = G \cdot 1s \Rightarrow \boxed{m_{1s} = \rho G \cdot 1s} = 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 6 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0.1 \text{ kg}$$

$$\boxed{Q(1s) = \rho_p m_{1s} \Delta T} = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 0.1 \text{ kg} \cdot (75 - 15)^\circ\text{C} = 25.080 \text{ J (cada s)}$$

(e) ¿Eficiencia del quemador ( $E_f = \frac{E_{aprovechada}}{E_{consumida}}$ )? si

- 1 bombona 12 kg dura 5 h
- Poder calorífico butano = 46 MJ/kg

$$\boxed{E_{aprov.}} = Q(5 \text{ horas}) = Q(1s) \times 5 \text{ h} \times 3600 \frac{s}{h} =$$
$$= 25.080 \frac{\text{J}}{s} \times 18.000 s = \boxed{451'4 \cdot 10^6}$$

$$\boxed{E_{consumida}} = 46 \text{ MJ/kg} \times 12 \text{ kg} = \boxed{552 \cdot 10^6 \text{ J}}$$

(bombona)

$$\boxed{E_f} = \frac{E_{aprov.}}{E_{consum.}} = \frac{451'4 \cdot 10^6 \text{ J}}{552 \cdot 10^6 \text{ J}} = \boxed{0'818} \quad (81'8\%)$$