Flujo de calor neto entre cuerpos negros.

Para cuantificar el flujo neto de calor entre dos cuerpos negros, se puede realizar usando la siguiente expresión:

$$q = \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

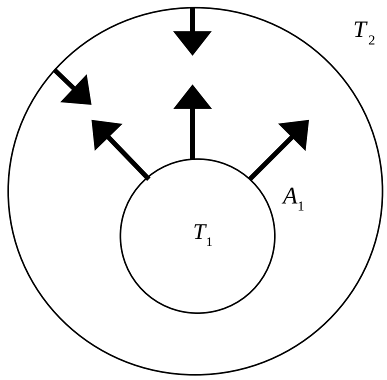


Figura 1.7 Flujo de calor neto entre cuerpos negros

Flujo de calor neto entre un cuerpo gris y un cuerpo negro

Para la situación en la cual el cuerpo 1 es un cuerpo gris y el cuerpo 2 es un cuerpo negro, el flujo de calor, se calcula mediante:

$$q = \sigma A_1 \varepsilon_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

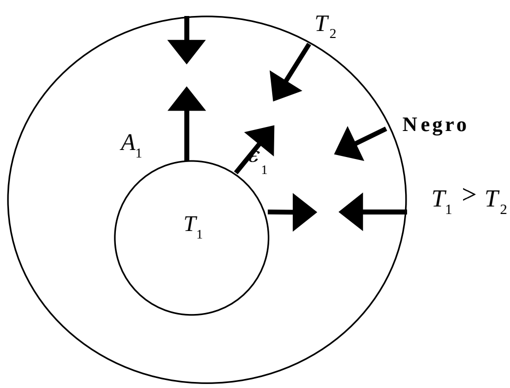


Figura 1.8 Flujo de calor entre un cuerpo gris y un cuerpo negro.

Analogía eléctrica para transferencia de calor.

Una práctica muy utilizada para la resolución de problemas de transferencia de calor, es la aplicación de la analogía eléctrica, la cual establece una analogía entre las siguientes variables:

Electricidad	**Transferencia de calor**
Intensidad, i	Flujo de calor, q
Voltaje, V	Temperatura, T
Ley de Ohm, $I = \dfrac{\Delta V}{\text{Re}\,lec}$	$q = \dfrac{\Delta T}{R\ \text{tér}}$

En esencia, la analogía eléctrica consiste en identificar la resistencia térmica, $R_{térm}$.

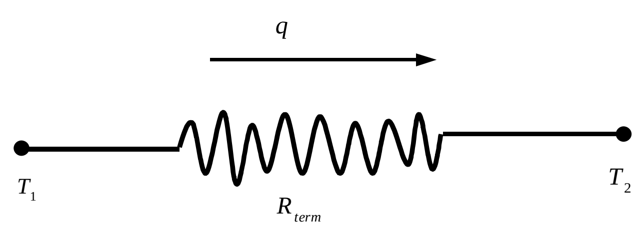


Figura 1.9 Analogía eléctrica

A continuación se realiza la determinación de la resistencia térmica, asociada a cada mecanismo.

Conducción

$$q = KA\,\frac{T_1 - T_2}{L} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{KA}}$$

de manera que $R_{term} = R_c$

$$R_c = \frac{L}{KA}$$

Convección

$$q = hA\,(T_1 - T_2)$$

$$R_h = \frac{1}{hA}$$

Radiación

$$q = \sigma A \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{T_1 - T_2}{\sigma A \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)}}$$

$$R_r = \frac{T_1 - T_2}{\sigma A \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)}$$

Con frecuencia se habla de un coeficiente de transferencia de calor por radiación, el cual se expresa mediante:

$$h_r = \frac{\sigma \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)}{(T_1 - T_2)}$$

Los resultados anteriores se pueden resumir en la Tabla 1.3:
Tabla 1.3 Resistencia Térmica para cada mecanismo

Mecanismo	Resistencia
Conducción	$\frac{L}{KA}$
Convección	$\frac{1}{hA}$
Radiación	$\frac{T_1 - T_2}{\sigma \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)}$

Ejemplo 1.1 Se desea calcular el calor transferido por conducción a través de una placa de vidrio de conductividad térmica, $K = 0.8[\frac{W}{mK}]$, espesor, L= 1 cm y Área de 12 m^2. Las temperaturas externas e internas de la placa de vidrio son: $T_1 = 3°C$ y $T_2 = -1°C$, respectivamente.

Solución

Datos

$A = 12\,\mathrm{m}^2$

$K = 0.8[\frac{W}{m^\circ K}]$

$T_1 = 3^\circ C$

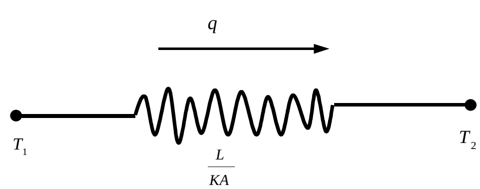
$L = 1\,\mathrm{cm} = 0.01\mathrm{m}$

$T_2 = -1^\circ C$

$$q^k = \frac{KA}{L}(T_1 - T_2)$$

$$q^k = \frac{0.8x12}{0.01}(4) = 3840\ [W]$$

$$R^k = \frac{L}{KA} = \frac{0.01}{0.8 \cdot 12} = 0.0010417\ \ [K/W]$$



$\frac{L}{KA} = R^k =$ Resistencia por conducción

Figura 1.10 Analogía eléctrica para el ejemplo 1.1

Paredes compuestas

Paredes en serie

En la practica se presentan paredes compuestas por diversos materiales, en la figura 1.11 se esquematiza una pared compuesta de tres materiales a,b,c dispuestas en serie.

En la figura se presenta el circuito eléctrico análogo al problema térmico de las tres paredes conectadas en serie.

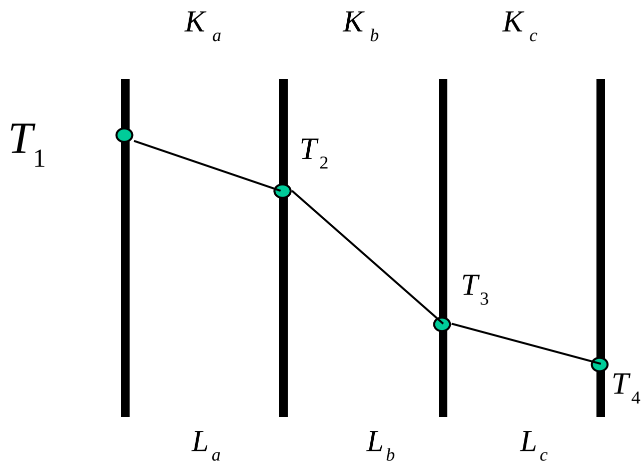


Figura 1.11 Paredes compuestas conectadas en serie

Circuito eléctrico análogo

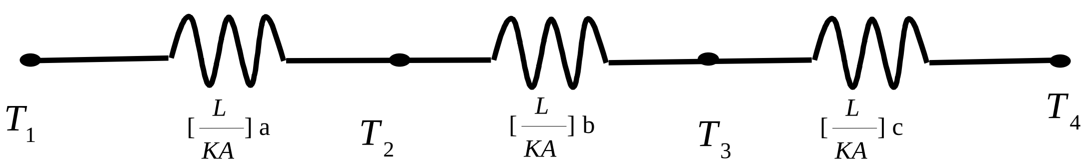
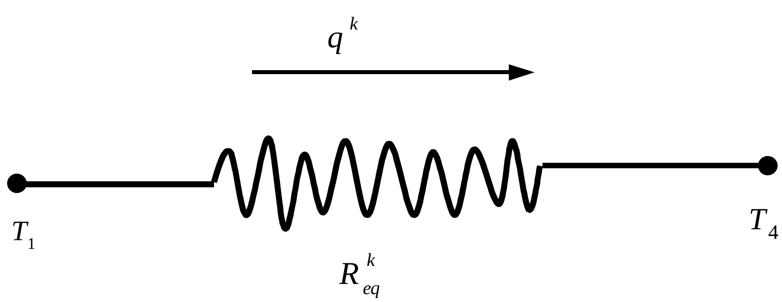


Figura 1.12 Circuito eléctrico análogo para paredes compuestas conectadas en serie



$$R_{eq}^k = [\frac{L}{KA}]a + [\frac{L}{KA}]b + [\frac{L}{KA}]c$$

Figura 1.13 La resistencia térmica equivalente, R_{eq}^k, para paredes conectadas en serie

La resistencia térmica equivalente, R_{eq}^k, para paredes conectadas en serie, se calcula recordando que cuando las resistencias se encuentran en serie, la resistencia equivalente es la suma de las resistencias individuales.

$$q = \frac{T_1 - T_4}{(\frac{L}{KA})a + (\frac{L}{KA})b + (\frac{L}{KA})c}$$

Paredes compuestas conectadas en paralelo

A continuación se ilustra la situación de una pared compuesta formada por dos materiales, a,b que están conectadas en paralelo.

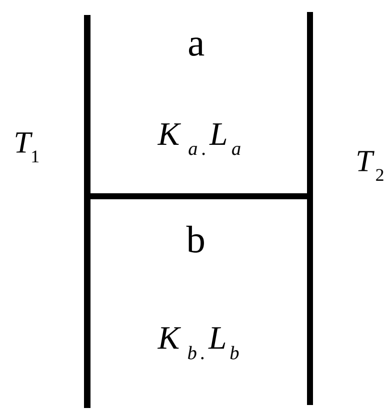


Figura 1.14 Pared compuesta conectada en paralelo

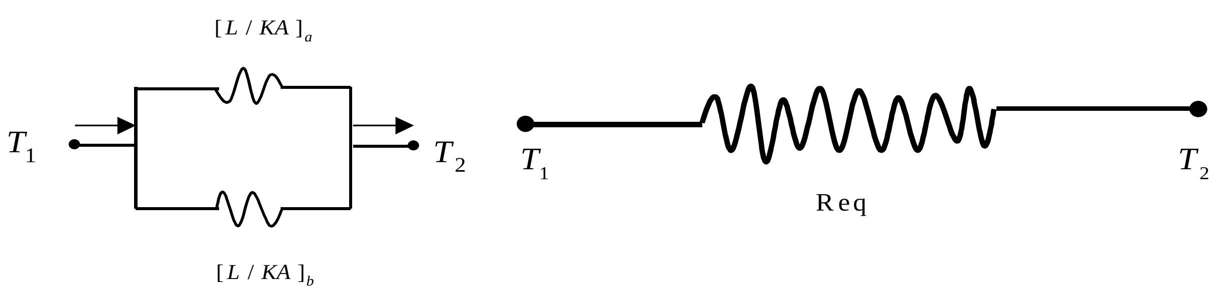


Figura 1.15 Circuito eléctrico análogo para una pared compuesta conectada en paralelo

La resistencia térmica equivalente se calcula recordando que la resistencia equivalente de resistencia conectadas en paralelo viene dado por:

$$\frac{1}{\mathrm{Re}\ q} = \frac{1}{Ra} + \frac{1}{Rb}$$

$$\operatorname{Re} q = \frac{Ra.Rb}{Ra + Rb}$$

$$\operatorname{Re} q = \frac{(\frac{L}{KA})_a . (\frac{L}{KA})_b}{(\frac{L}{KA})_a + (\frac{L}{KA})_b}$$

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\operatorname{Re} q}$$

Ejemplo 1.2 Los gases de combustión de un horno son separados del ambiente (25 $°C$), por una pared de ladrillo de 0.15 m. El ladrillo tiene una conductividad de $K = 1.2\, W/mK$ (Silica) y una emisividad de 0.8. Bajo condiciones estacionarias se mide la temperatura de la superficie externa la cual es de 100 $°C$, convección adyacente a la pared esta actuando caracterizada por, $h = 20\, W/m^2K$ ¿ Cuál es la temperatura de la superficie interna del ladrillo.?

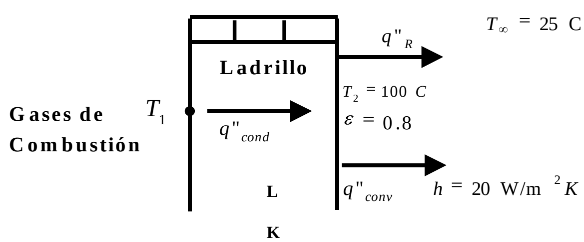


Figura 1.16 Esquema del ejemplo 1.2

Solución

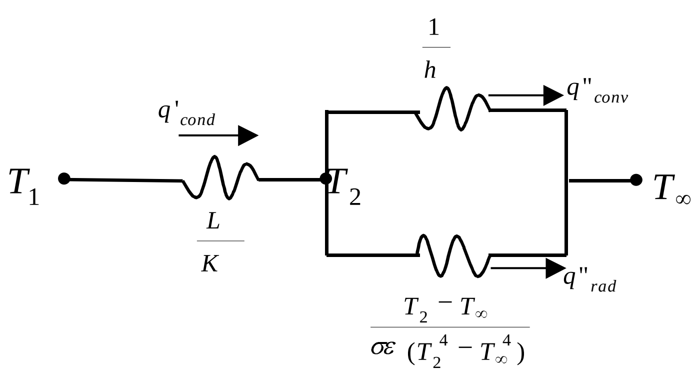


Figura 1.17 Circuito eléctrico análogo para el ejemplo 1.2

Datos

$$T_2 = 100 + 273 = 373 \; K$$

$$T_\infty = 25 + 273 = 298 \; K$$

$$L = 0{,}15 \; m$$

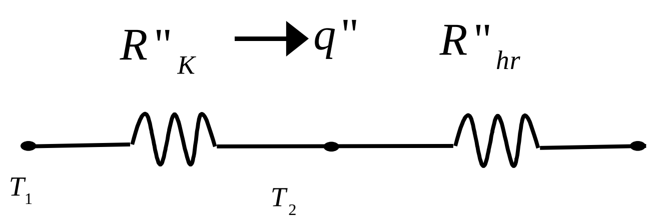
$$K = 1{,}2 \; W / m^\circ K$$

$$q" = \frac{q}{A} \text{ Flujo de calor por unidad de área } (\frac{W}{m^2})$$

$$R"_k = \frac{L}{K} = \frac{0.15}{1.2} = 0{,}1250 \quad \frac{Km^2}{W}$$

$$R"_h = \frac{1}{h} = \frac{1}{20} = 0{,}05 \; (\frac{Km^2}{W})$$

$$R"_r = \frac{T_2 - T_\infty}{\sigma \varepsilon (T_2^4 - T_\infty^4)} = \frac{373 - 298}{5.67 \; .10^{-8} \; x0.8((373)^4 - (298)^4)} = 0{,}14414 \; [\frac{K}{W / m^2})$$



$$\frac{1}{R"_{hr}} = \frac{1}{R"_r} + \frac{1}{R"_h} = \frac{1}{0.1441} + \frac{1}{0.05} = 6{,}935 + 20 = 26{,}935$$

$$R"_{hr} = 0{,}03712 \; [K / W / m^2]$$

$$R"_{eq} = R"_k + R"_{hr}$$

$$R''_{eq} = 0.1621$$

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma (T_2^{\ 4} - T_\infty^4) = 520.3[W / m^2]$$

$$q''_{cond} = q''_{conv} + q''_{rad}$$

$$q''_{cond} = 2020,30 \ [W / m^2]$$

Comprobación

$$\frac{K}{L}(T_1 - T_2) = 2020,30$$

$$T_1 - T_2 = 225,53$$

$$T_1 = 625,5$$

$$T_1 = 352,5 \ C$$