

MÓDULO 1

Análisis de cargas térmicas

LOS CONTENIDOS DEL TEMA SON

- 1.1 TRANSMISIÓN DE CALOR EN PAREDES PLANAS
- 1.2 DIFUSIÓN DE VAPOR A TRAVÉS DE LAS PAREDES
- 1.3 CONDICIONES DE PROYECTO
- 1.4 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR. VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN
- 1.5 CÁLCULO DE CARGAS DE CALEFACCIÓN
- 1.6 CÁLCULO DE CARGAS DE REFRIGERACIÓN

SE INCLUYEN EJEMPLOS Y CASOS PRÁCTICOS

1.1 TRANSMISIÓN DE CALOR EN PAREDES PLANAS

1.1.1 TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONDUCCIÓN

1.1.1.1 LEY DE FOURIER DE LA CONDUCCIÓN DE CALOR

Para una pared (Fig. 1.1) de superficie A , con caras planas y paralelas, formada por un material homogéneo de espesor e y de conductividad térmica λ , la cantidad de flujo térmico \dot{Q} que pasa a través de la pared desde la superficie más caliente (T_{si}) a la superficie más fría (T_{se}), viene dada por la **ley de Fourier de la conducción**:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Considerando la conducción de calor unidireccional (según x) en estado estacionario a través de una pared de área A , espesor $\Delta x = e$ y $\Delta T = T_{se} - T_{si}$, se tiene:

$$\dot{Q} = -\frac{\lambda}{e} \cdot A \cdot (T_{se} - T_{si}) = A \cdot \frac{T_{si} - T_{se}}{e} = A \cdot \frac{T_{si} - T_{se}}{R}$$

donde: \dot{Q} = cantidad de flujo térmico (W); A = superficie de la pared (m^2); e = espesor de la pared (m); T_{si} = temperatura de la superficie interior (K); T_{se} = temperatura de la superficie exterior (K); λ = coeficiente de conductividad térmica del material de la pared ($W/m \cdot K$); λ/e = conductancia térmica ($W/m^2 \cdot K$); $R = e/\lambda$ = resistencia térmica ($m^2 \cdot K/W$).

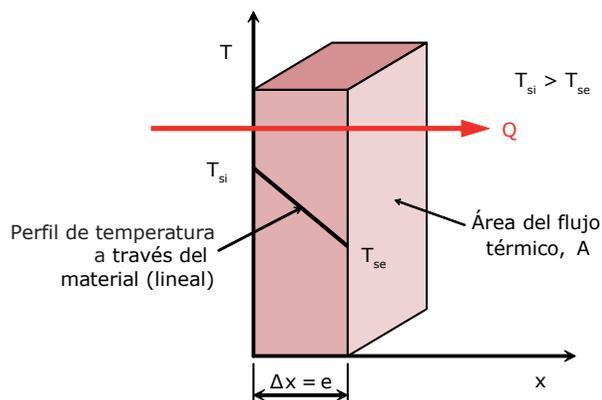


FIG. 1.1 FLUJO TÉRMICO A TRAVÉS DE UNA PARED PLANA

1.1.1.2 COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

No todos los materiales conducen el calor con la misma velocidad. El **coeficiente de conductividad térmica** (λ) de un material es el flujo térmico que atraviesa un metro cuadrado de dicho material, con un espesor de un metro y una diferencia de temperatura de 1 K (1 °C) entre las dos caras del material:

$$\lambda = -\frac{\dot{Q} \cdot \Delta x}{A \cdot \Delta T} = \frac{\dot{Q} \cdot e}{A \cdot (T_{si} - T_{se})}$$

En la Tabla C.1 (Apéndice C) se dan valores de conductividad térmica de algunos materiales.



Recordad que los apéndices pueden descargarse de la web www.canopinna.com

1.1.1.3 DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA PARED

Para calcular la temperatura en el interior de una pared (Fig. 1.2), basta con utilizar la **ecuación de la recta lineal** de distribución de temperaturas:

$$\frac{T_{si} - T}{x} = \frac{T_{si} - T_{se}}{e} \Rightarrow T = T_{si} - \frac{x}{e}(T_{si} - T_{se})$$

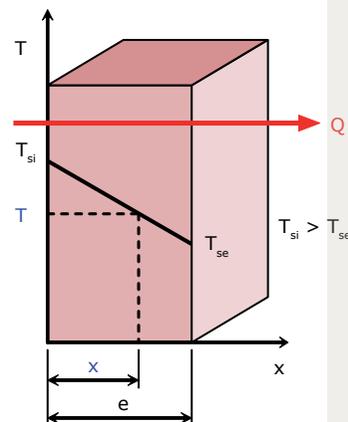


FIG. 1.2 TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE UNA PARED

EJEMPLO 1.1

Una pared tiene un espesor de 30 cm. La temperatura de la superficie interior es de 20 °C y la de la superficie exterior de 8 °C. Calcular la temperatura en un punto interior de la pared situado a 10 cm de la superficie interior.

$$T = T_{si} - \frac{x}{e} (T_{si} - T_{se}) = (20^\circ\text{C}) - \frac{(0,10\text{ m})}{(0,30\text{ m})} \cdot (20^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}) = 16^\circ\text{C}$$

térmico por unidad de área o densidad de flujo térmico (W/m^2), que se calcula con la siguiente expresión:

$$\dot{q}_A = \frac{\dot{Q}}{A} = \lambda \cdot \frac{T_1 - T_2}{e}$$

1.1.1.5 CONDUCTANCIA TÉRMICA

La **conductancia térmica (C)** de un material es el flujo de calor que atraviesa un metro cuadrado de dicho material, y una diferencia de temperatura de 1 K (1 °C) entre sus dos caras:

$$C = \frac{\lambda}{e} = \frac{\dot{Q}}{A \cdot (T_1 - T_2)}$$

1.1.1.6 RESISTENCIA TÉRMICA

La **resistencia térmica** es la inversa de la **conductancia térmica**. Los valores térmicos de diseño pueden venir dados como conductividad térmica de diseño o resistencia térmica de diseño. Si se da la conductividad térmica, se obtendrá la resistencia térmica de la pared:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

donde: R = resistencia térmica ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$); e = espesor de la pared (m); λ = conductividad térmica ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$). Los valores de la resistencia térmica utilizados en los cálculos intermedios se calculan al menos con 3 decimales.

En la Tabla 1.1 se dan las resistencias térmicas de las fábricas de ladrillo cerámico para diferentes espesores del cerramiento:



Conviene aclarar que la conductancia térmica depende del espesor e del material, mientras que la conductividad térmica se refiere a la unidad de espesor del material.



El ladrillo macizo se suele utilizar para obra vista, el ladrillo perforado para paredes de carga, y el ladrillo hueco para compartimentación.

TIPO DE LADRILLO	ESPESOR (e), EN CM, DEL CERRAMIENTO						
	4,0	6,5	9,0	14,0	19,0	29,0	44,0
Ladrillo hueco (tochana)	0,125	0,203	0,281	0,438	0,594	0,906	1,375
Ladrillo perforado (gero)	0,114	0,186	0,257	0,400	0,543	0,829	1,257
Ladrillo macizo (mahón)	0,047	0,076	0,106	0,165	0,224	0,341	0,518

TABLA 1.1 RESISTENCIA TÉRMICA R, EN $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$