



UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Ejemplos

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Lunes 31 de Marzo de 2025

Resumen clase anterior

- Enunciamos la **1^{ra} Ley de la Termodinámica** y su aplicación en **balances de energía**.

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}.$$

donde

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta U + \Delta E_{\text{potencial}} + \Delta E_{\text{cinetica}}.$$

- En sistemas **estacionarios** sólo cambia la energía interna:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta U.$$

Resumen clase anterior

- Vimos que en procesos un cambio en la energía es producido por un **intercambio de calor, trabajo, y/o masa**.

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta W + \Delta Q + \Delta E_{\text{masa}}.$$

- Muchas veces trabajamos con **tasas de energía**:

$$\frac{dE_{\text{sistema}}}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} + \dot{E}_{\text{masa}}.$$

Resumen transferencia de calor

- Ley de Fourier para la **conducción**:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = k_t A \frac{dT}{dx}.$$

- Ley de enfriamiento para la **convección**:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f).$$

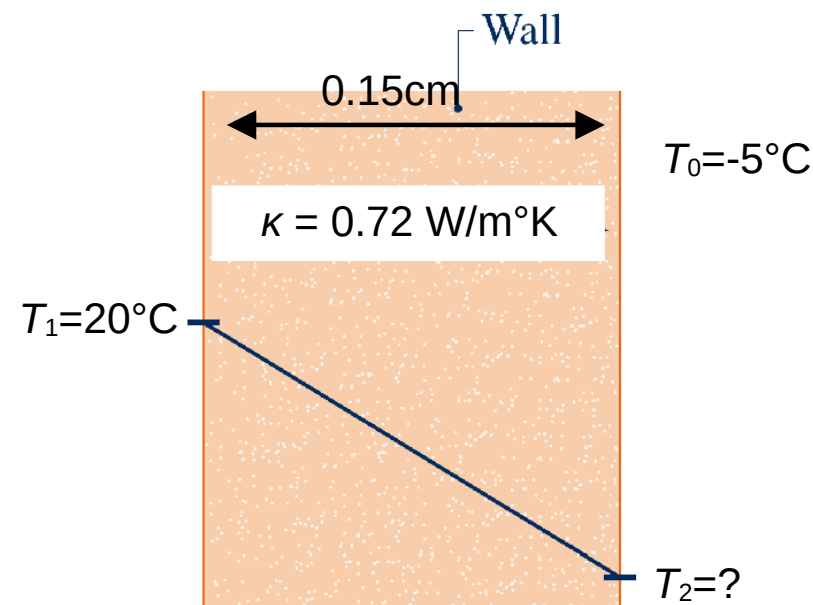
- Ley de Stefan-Boltzmann para la **radiación**:

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \sigma \epsilon A T^4,$$

$$\dot{Q}_{\text{rad,tot}} = \epsilon \sigma A (T_{\text{superficie}}^4 - T_{\text{entorno}}^4).$$

Ejemplo 1:

- Una muralla con un **grosor** de 15cm tiene un **coeficiente de conductividad** de $0.72 \text{ W/m}^\circ\text{K}$. En el régimen estacionario, la **temperatura** en la muralla **disminuye** desde la pared interior con $T_1=20^\circ\text{C}$ hacia el exterior con temperatura T_2 desconocida. Si en el exterior hay una **temperatura ambiente** de -5°C , y el **coeficiente de convección** es de $6 \text{ W/m}^2\text{K}$, **determine la temperatura T_2 y la tasa de calor transferido a través de la muralla por unidad de área.**



Ejemplo 1:

- Una muralla con un **grosor** de 15cm tiene un **coeficiente de conductividad** de 0.72 W/m°K. En el régimen estacionario, la **temperatura** en la muralla **disminuye** desde la pared interior con $T_1=20^\circ\text{C}$ hacia el exterior con temperatura T_2 desconocida. Si en el exterior hay una **temperatura ambiente** de -5°C , y el **coeficiente de convección** es de $6\text{W/m}^2\text{°K}$, **determine la temperatura T_2 y la tasa de calor** transferido a través de la muralla **por unidad de área**.

La tasa por conducción:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} = k_t A \frac{T_1 - T_2}{\Delta x}$$

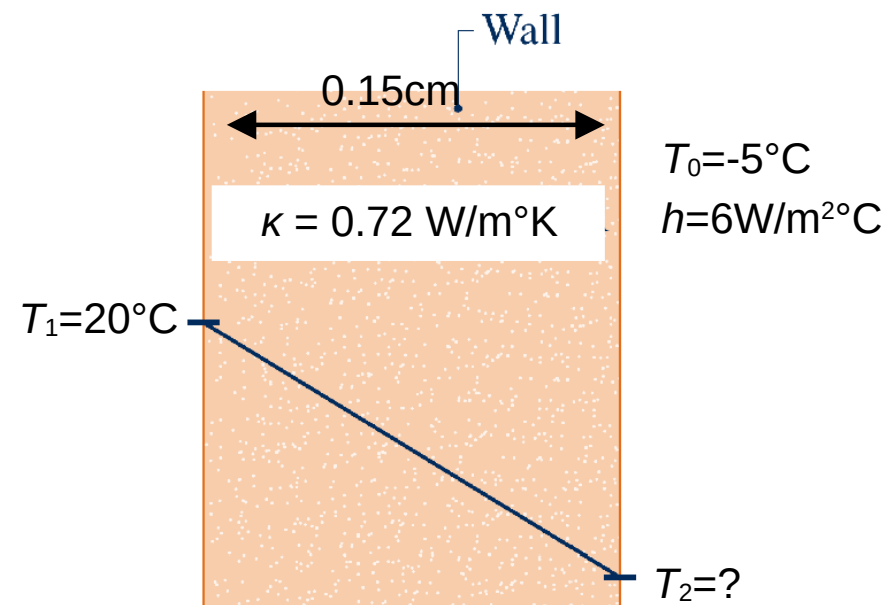
La tasa por convección:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f) = hA(T_2 - T_0).$$

En el régimen estacionario:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{Q}_{\text{conv}}$$

Cuidado con los signos! Estamos imponiendo **calor que sale del interior**.



Ejemplo 1:

- Una muralla con un **grosor** de 15cm tiene un **coeficiente de conductividad** de $0.72 \text{ W/m}^\circ\text{K}$. En el régimen estacionario, la **temperatura** en la muralla **disminuye** desde la pared interior con $T_1=20^\circ\text{C}$ hacia el exterior con temperatura T_2 desconocida. Si en el exterior hay una **temperatura ambiente** de -5°C , y el **coeficiente de convección** es de $6 \text{ W/m}^2\text{K}$, **determine la temperatura T_2 y la tasa de calor transferido a través de la muralla por unidad de área.**

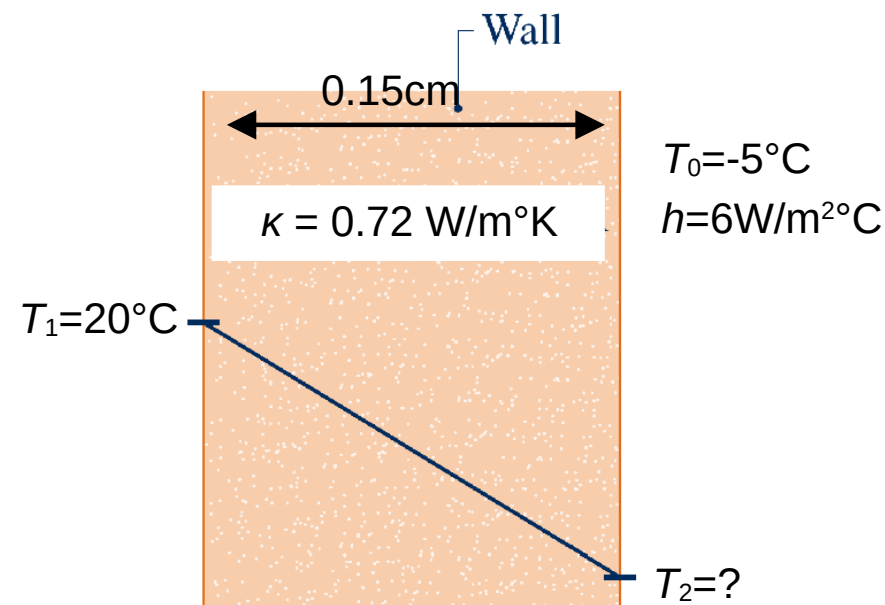
Entonces

$$k_t A \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = h A (T_2 - T_0).$$

Despejando T_2 :

$$T_2 = \frac{h T_0 \Delta x + \kappa_t T_1}{h \Delta x + \kappa_t} \longrightarrow \boxed{T_2 \approx 6^\circ\text{C}}$$

Ojo: Las temperaturas se transformaron a Kelvins durante el cálculo



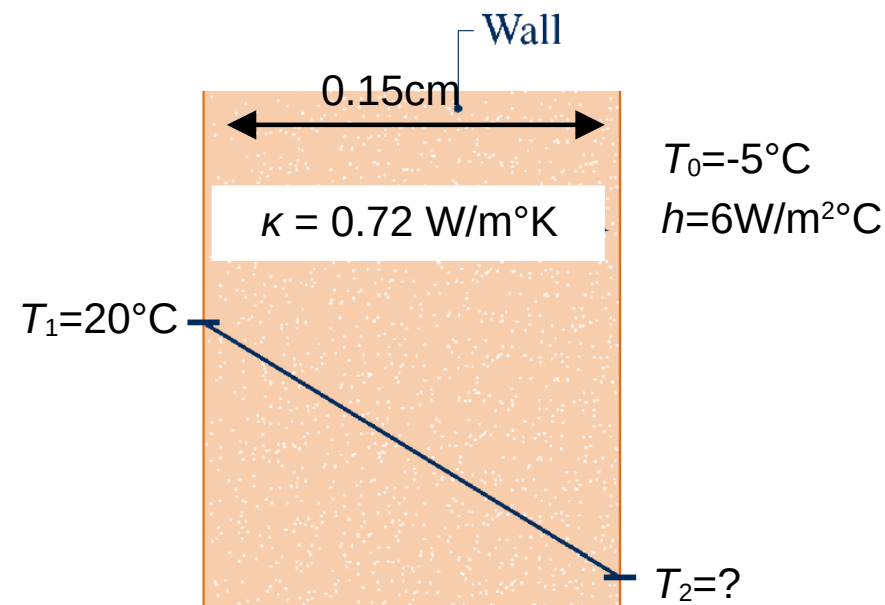
Ejemplo 1:

- Una muralla con un **grosor** de 15cm tiene un **coeficiente de conductividad** de 0.72 W/m°K. En el régimen estacionario, la **temperatura** en la muralla **disminuye** desde la pared interior con $T_1=20^\circ\text{C}$ hacia el exterior con temperatura T_2 desconocida. Si en el exterior hay una **temperatura ambiente** de -5°C , y el **coeficiente de convección** es de $6\text{W/m}^2\text{°K}$, **determine la temperatura T_2 y la tasa de calor** transferido a través de la muralla **por unidad de área**.

Finalmente, la tasa por unidad de área:

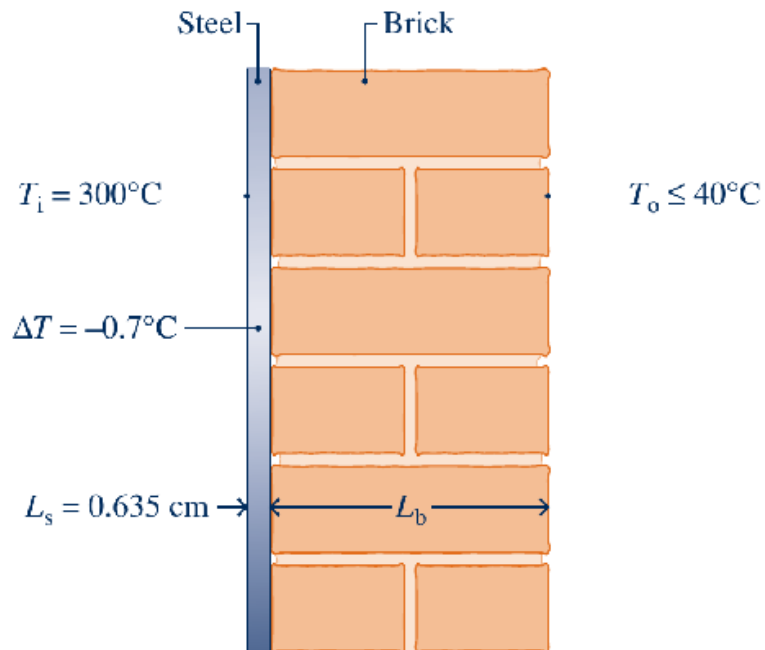
$$\frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{A} = k_t \frac{T_1 - T_2}{\Delta x}$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{A} \approx 67 \text{ W/m}^2}$$



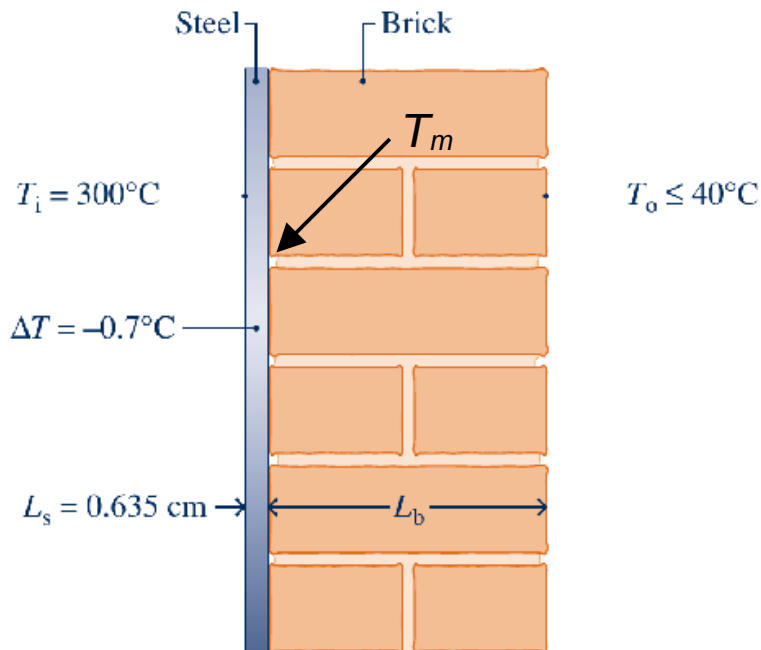
Ejemplo 2:

- La muralla de un horno consiste de una **capa de acero interior** con un **grosor** de 0.635cm y un **coeficiente de conductividad** de 15.1 W/m°K, y de una **capa de ladrillo exterior** con un **coeficiente de conductividad** de 0.72 W/m°K. En el **régimen estacionario**, la **temperatura** en la capa de acero **disminuye** 0.7°C, teniendo una **temperatura interior** de 300°C. Si la **temperatura en el exterior** no es mayor a 40°C. Determine el **grosor** de la **capa de ladrillo** para que esto se cumpla. ¿Cual es la **tasa de conducción** por unidad de área?



Ejemplo 2:

- La muralla de un horno consiste de una **capa de acero interior** con un **grosor** de 0.635cm y un **coeficiente de conductividad** de 15.1 W/m°K, y de una **capa de ladrillo exterior** con un **coeficiente de conductividad** de 0.72 W/m°K. En el **régimen estacionario**, la **temperatura** en la capa de acero **disminuye** 0.7°C, teniendo una **temperatura interior** de 300°C. Si la **temperatura en el exterior** no es mayor a 40°C. Determine el **grosor** de la **capa de ladrillo** para que esto se cumpla. ¿Cual es la **tasa de conducción por unidad de área**?



Las tasas por conducción:

$$\frac{\dot{Q}_{\text{acero}}}{A} = k_{\text{acero}} \frac{T_i - T_m}{L_s}, \quad \frac{\dot{Q}_{\text{ladrillo}}}{A} = k_{\text{ladrillo}} \frac{T_m - T_o}{L_b}.$$

Además, tenemos que:

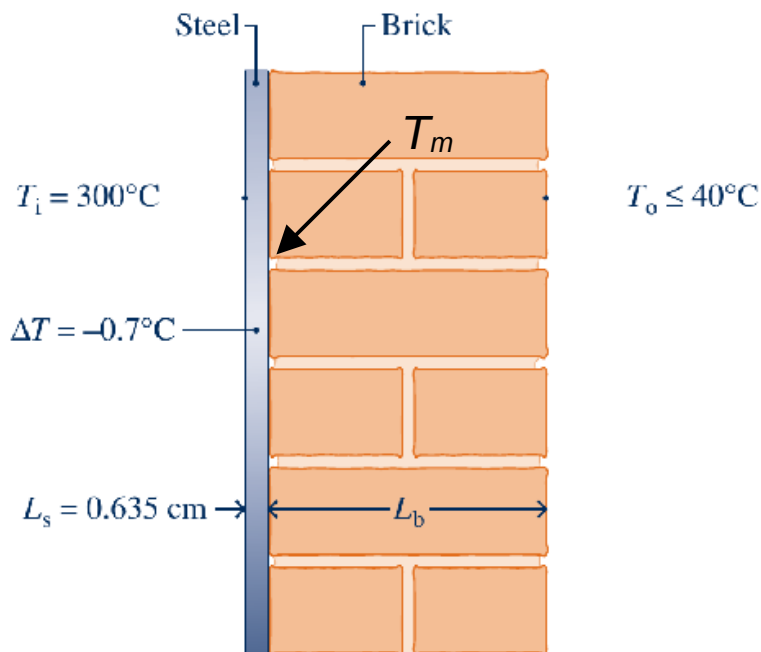
$$\Delta T_{\text{acero}} = T_i - T_m = 0.7^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad T_m = 299.3^\circ\text{C}$$

En el régimen estacionario:

$$\dot{Q}_{\text{acero}} = \dot{Q}_{\text{ladrillo}}$$

Ejemplo 2:

- La muralla de un horno consiste de una **capa de acero interior** con un **grosor** de 0.635cm y un **coeficiente de conductividad** de 15.1 W/m°K, y de una **capa de ladrillo exterior** con un **coeficiente de conductividad** de 0.72 W/m°K. En el **régimen estacionario**, la **temperatura** en la capa de acero **disminuye** 0.7°C, teniendo una **temperatura interior** de 300°C. Si la **temperatura en el exterior** no es mayor a 40°C. Determine el **grosor** de la **capa de ladrillo** para que esto se cumpla. ¿Cual es la **tasa de conducción por unidad de área**?



Intentamos despejar L_b :

$$k_{\text{acero}} \frac{T_i - T_m}{L_s} = k_{\text{ladrillo}} \frac{T_m - T_o}{L_b}.$$

$$L_b = L_s \frac{k_{\text{ladrillo}}}{k_{\text{acero}}} \frac{T_m - T_o}{T_i - T_m} \longrightarrow \boxed{L_b \geq 11.2 \text{ cm}}$$

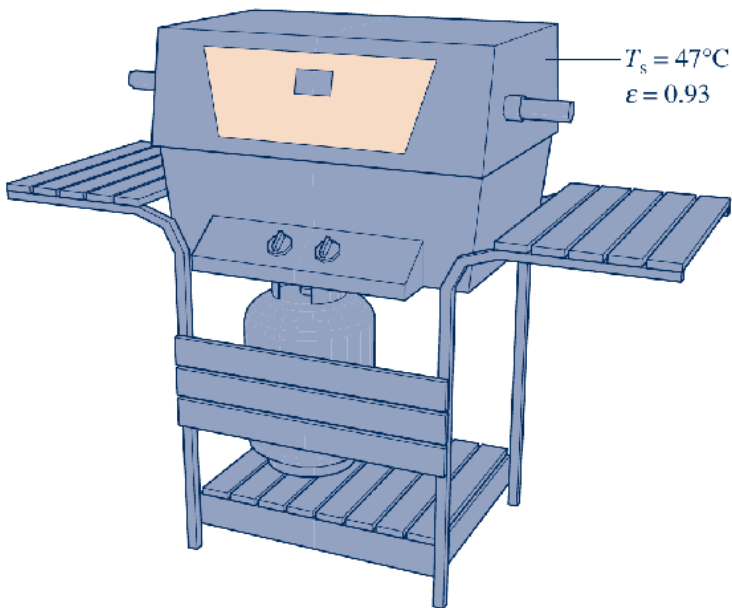
La tasa:

$$\frac{\dot{Q}}{A} = k_{\text{acero}} \frac{T_i - T_m}{L_s} \longrightarrow \boxed{\frac{\dot{Q}}{A} \approx 1.66 \text{ kW/m}^2}$$

Ejemplo 3:

- La **superficie exterior** de una parrilla se encuentra a una **temperatura** de 47°C y tiene una **emisividad** de 0.93. El **coeficiente de convección** entre la tapa y el alrededor, que se encuentra a una **temperatura** de 27°C , es de $10\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Determine la **tasa neta de calor** transferida entre la parrilla y el alrededor por **unidad de área**.

$$T_0 = 27^{\circ}\text{C}$$
$$h = 10\text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$



Ejemplo 3:

- La **superficie exterior** de una parrilla se encuentra a una **temperatura** de 47°C y tiene una **emisividad** de 0.93. El **coeficiente de convección** entre la tapa y el alrededor, que se encuentra a una **temperatura** de 27°C, es de 10W/m²K. Determine la **tasa neta de calor** transferida entre la parilla y el alrededor por **unidad de área**.

La tasa por convección:

$$\frac{\dot{Q}_{\text{conv}}}{A} = h(T_s - T_0) = 10 \text{ W/m}^2\text{K}(20 - 47)\text{C} = 200 \text{ W/m}^2$$

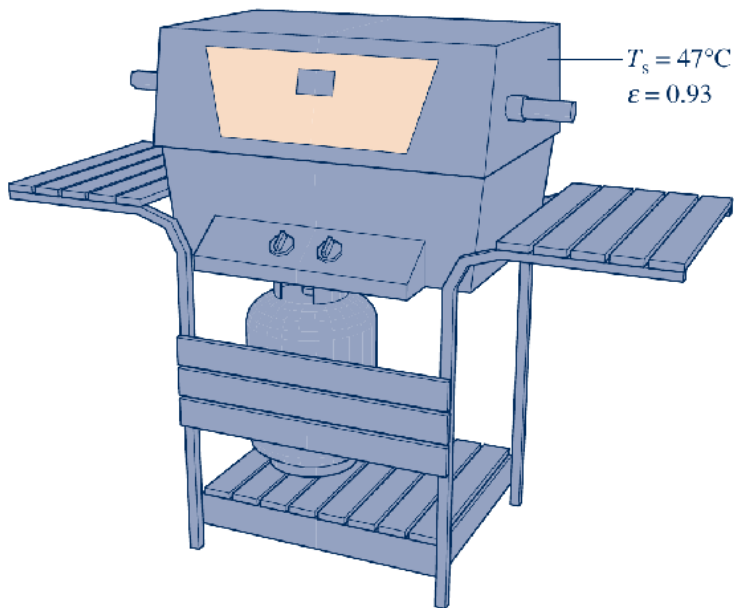
$T_0 = 27^\circ\text{C}$
 $h = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$

La tasa por radiación:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{Q}_{\text{rad,tot}}}{A} &= \epsilon\sigma(T_s^4 - T_0^4) \\ &= 0.95 \times 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} (320^4 - 300^4)\text{K} \\ &= 128 \text{ W/m}^2\end{aligned}$$

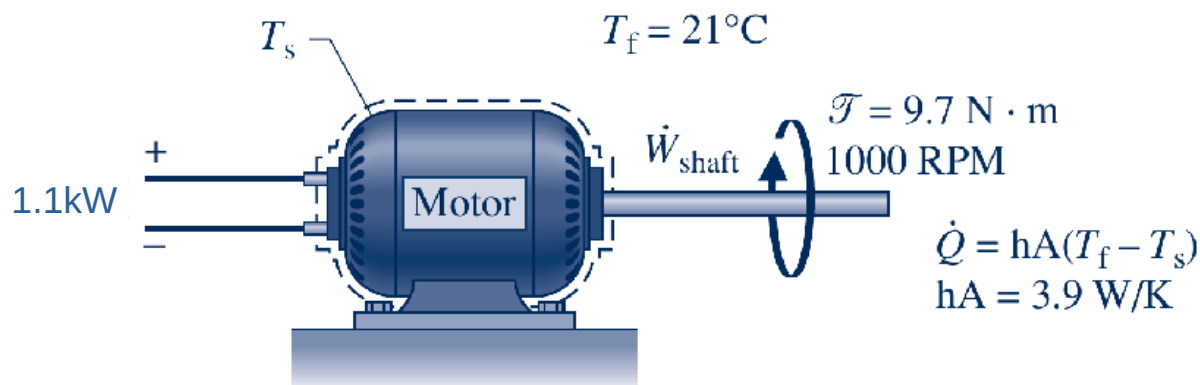
La tasa enta es la suma de ambas:

$$\frac{\dot{Q}_{\text{tot}}}{A} = 328 \text{ W/m}^2$$



Ejemplo 4:

- Un **motor eléctrico** tiene una **potencia** de 1.1 kW. El eje exterior desarrolla un torque de 9.7 Nm y una velocidad de rotación de 1000 RPM. Considerando el estado estacionario, encuentre
 - La **potencia** del eje exterior.
 - La **temperatura superficial** T_s si el calor se transfiere por **convección** a un alrededor a temperatura $T_f=21^\circ\text{C}$.

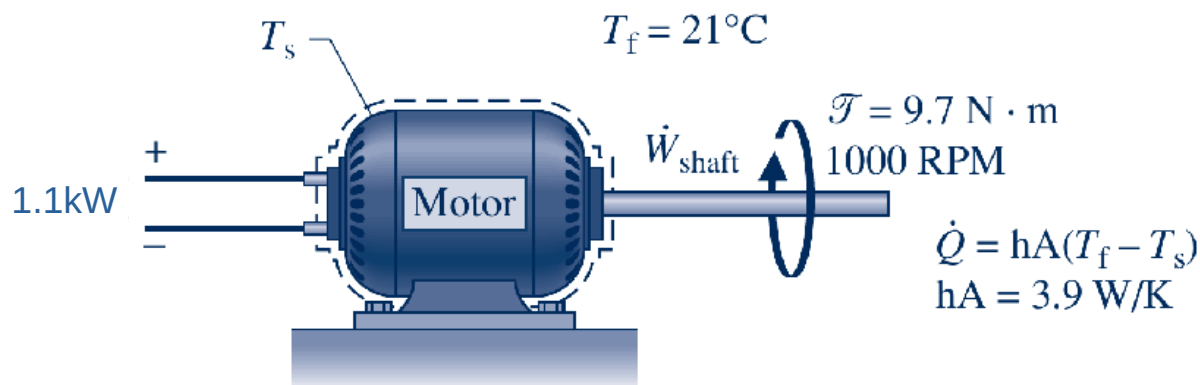


Ejemplo 4:

- Un **motor eléctrico** tiene una **potencia** de 1.1 kW. El eje exterior desarrolla un torque de 9.7 Nm y una velocidad de rotación de 1000 RPM. Considerando el estado estacionario, encuentre
 - La **potencia** del eje exterior.

La potencia del eje:

$$P_{\text{eje}} = \tau \omega$$
$$= 9.7 \text{ Nm} \cdot 1000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \longrightarrow P_{\text{eje}} = 1015 \text{ W}$$



Ejemplo 4:

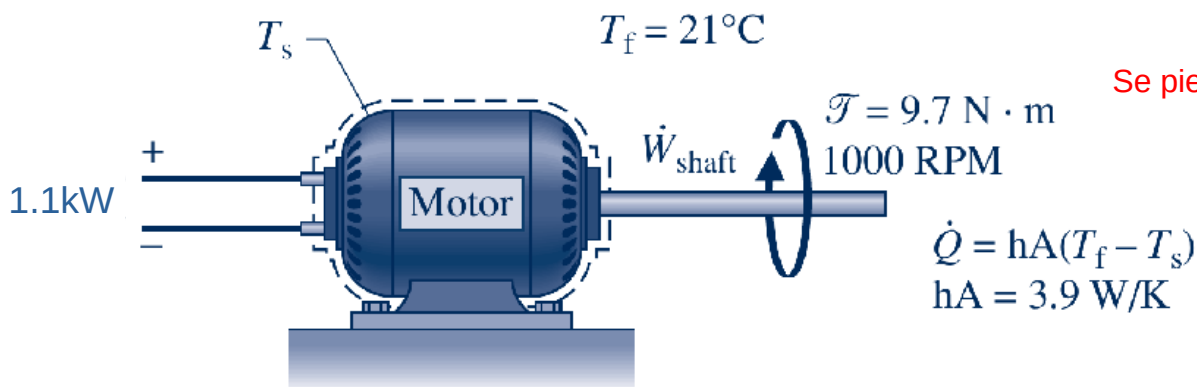
- Un **motor eléctrico** tiene una **potencia** de 1.1 kW. El eje exterior desarrolla un torque de 9.7 Nm y una velocidad de rotación de 1000 RPM. Considerando el estado estacionario, encuentre
 - La **temperatura superficial** T_s si el calor se transfiere por **convección** a un **alredor** a temperatura $T_f=21^\circ\text{C}$.

En el régimen estacionario:

$$\frac{dE}{dt} = 0 \quad \longrightarrow \quad \dot{W}_{\text{elec}} = \dot{Q} + \dot{W}_{\text{eje}}$$

La tasa de calor:

$$\dot{Q} = \dot{W}_{\text{elec}} - \dot{W}_{\text{eje}} = 1100 \text{ W} - 1015 \text{ W} = 85 \text{ W}$$



Imponiendo transferencia por convección:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f).$$

La temperatura superficial:

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{\dot{Q}_{\text{conv}}}{hA} + T_f \\ &= \frac{-85 \text{ W}}{3.9 \text{ W/K}} + 21^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\longrightarrow \boxed{T_s \approx 42.8^\circ\text{C}}$$