

Clase 4: Calefacción solar de piscinas

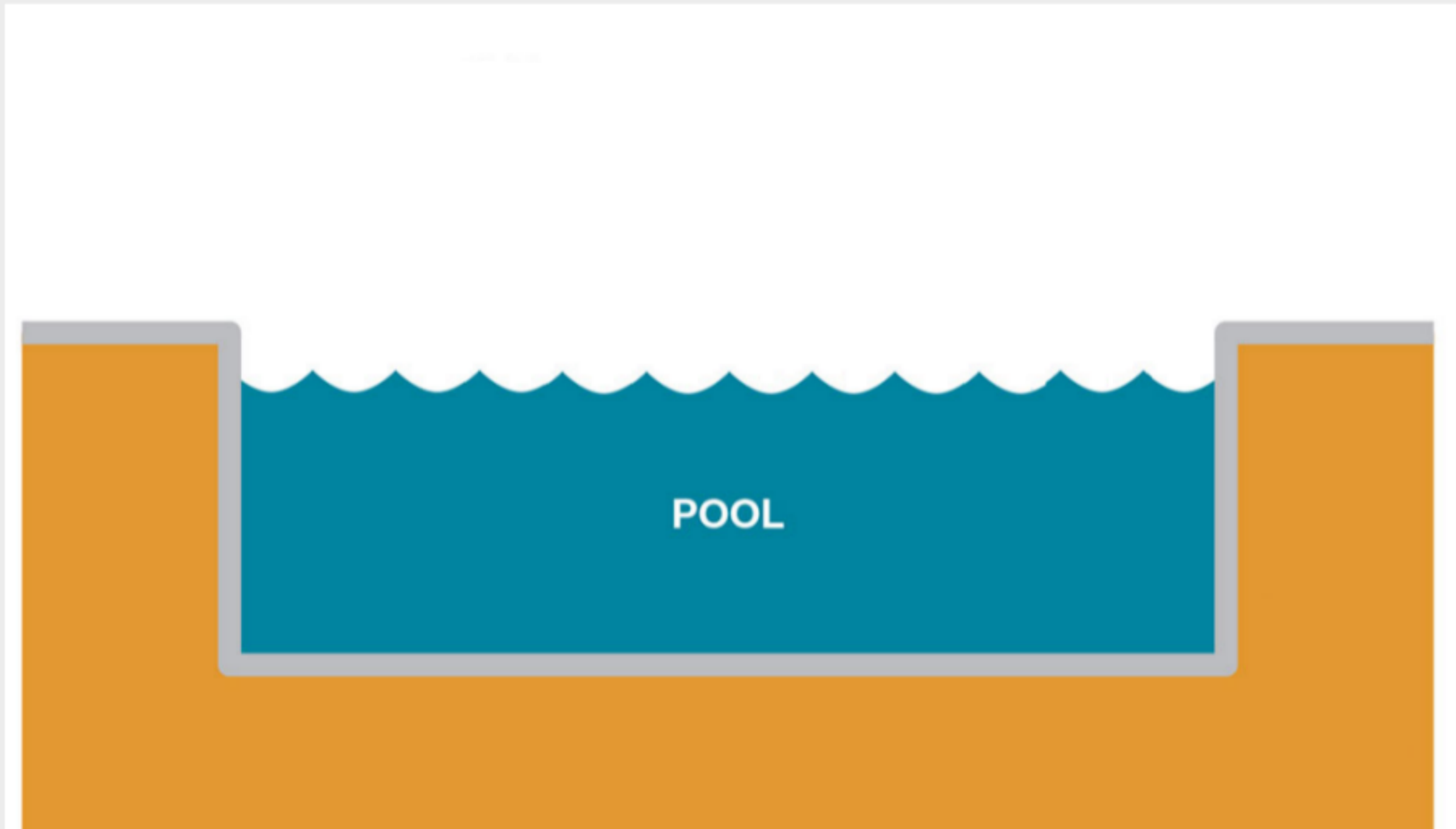
Gerardo Vitale

gvitalepdf@gmail.com

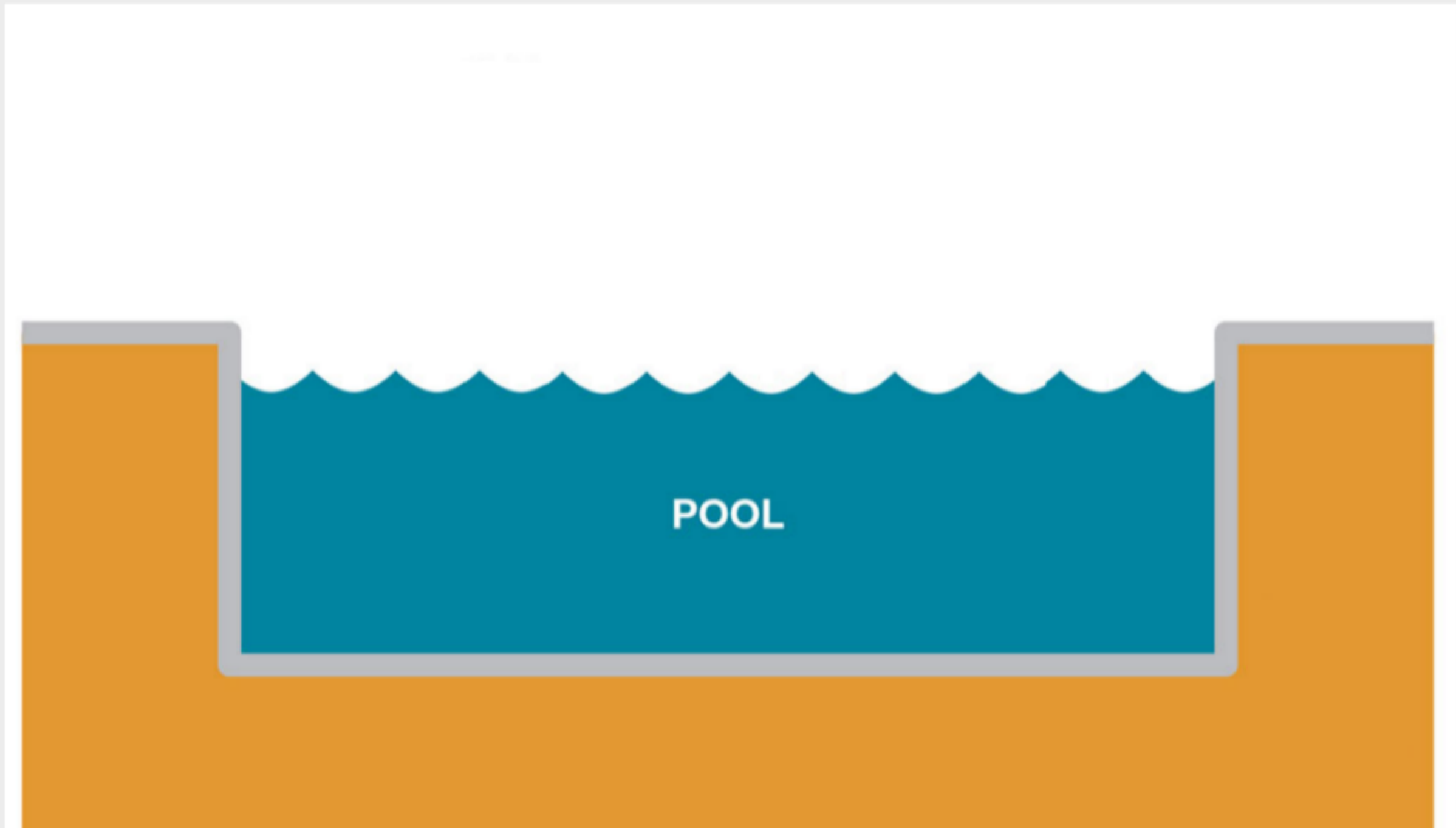


LABORATORIO DE
ENERGÍA SOLAR
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

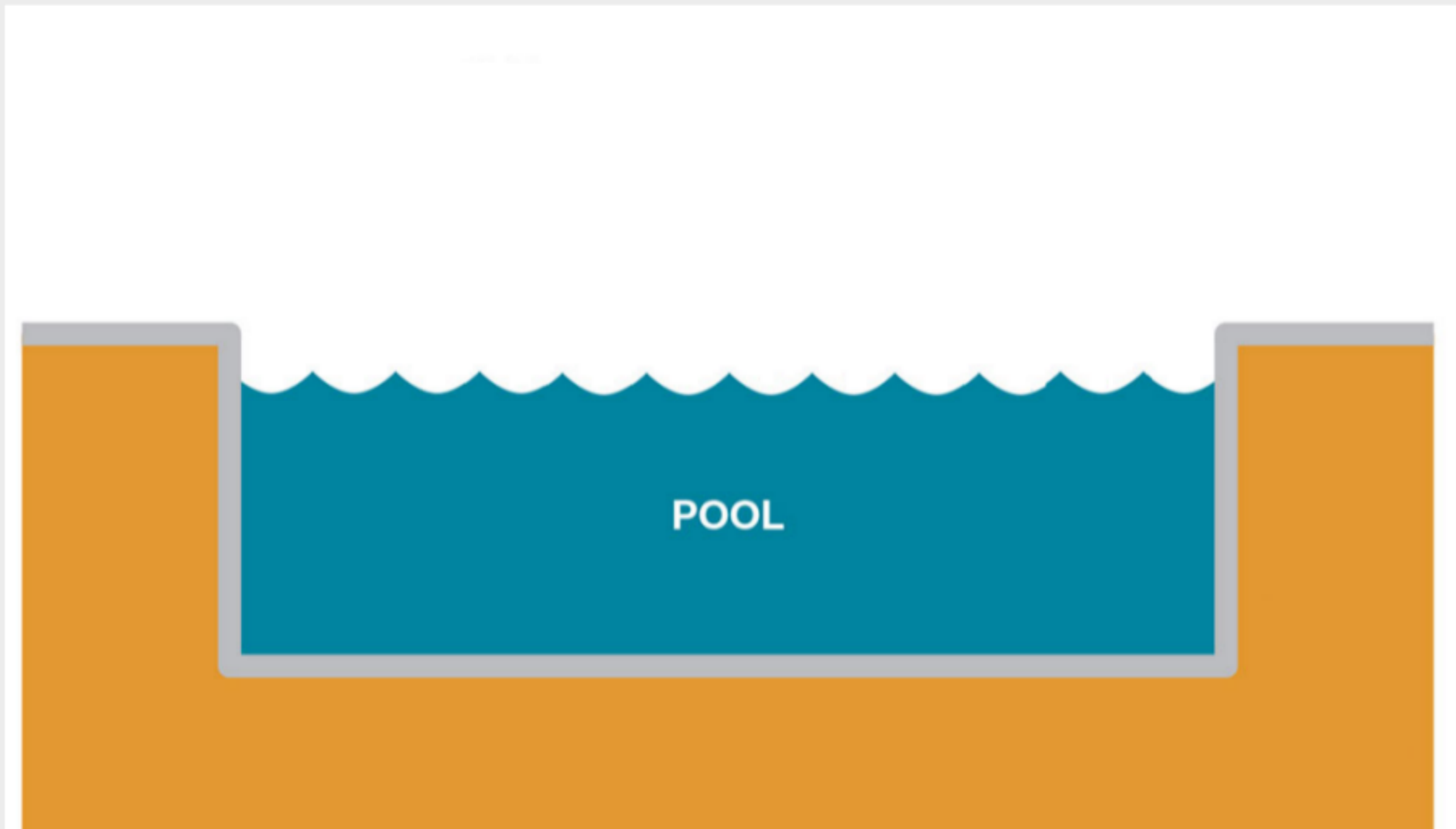
¿Qué problema debemos resolver?



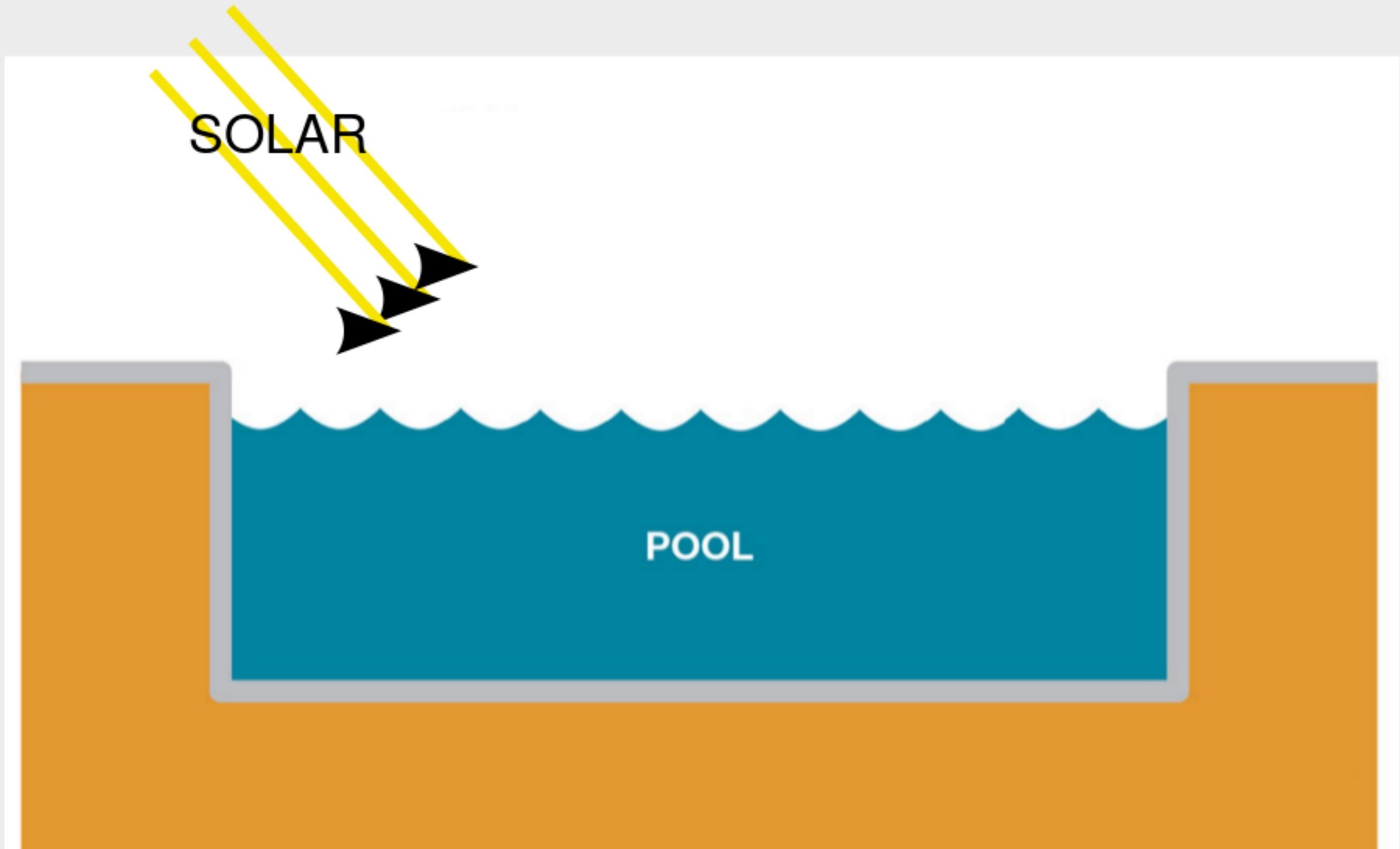
Debemos conocer la demanda de energía de la piscina



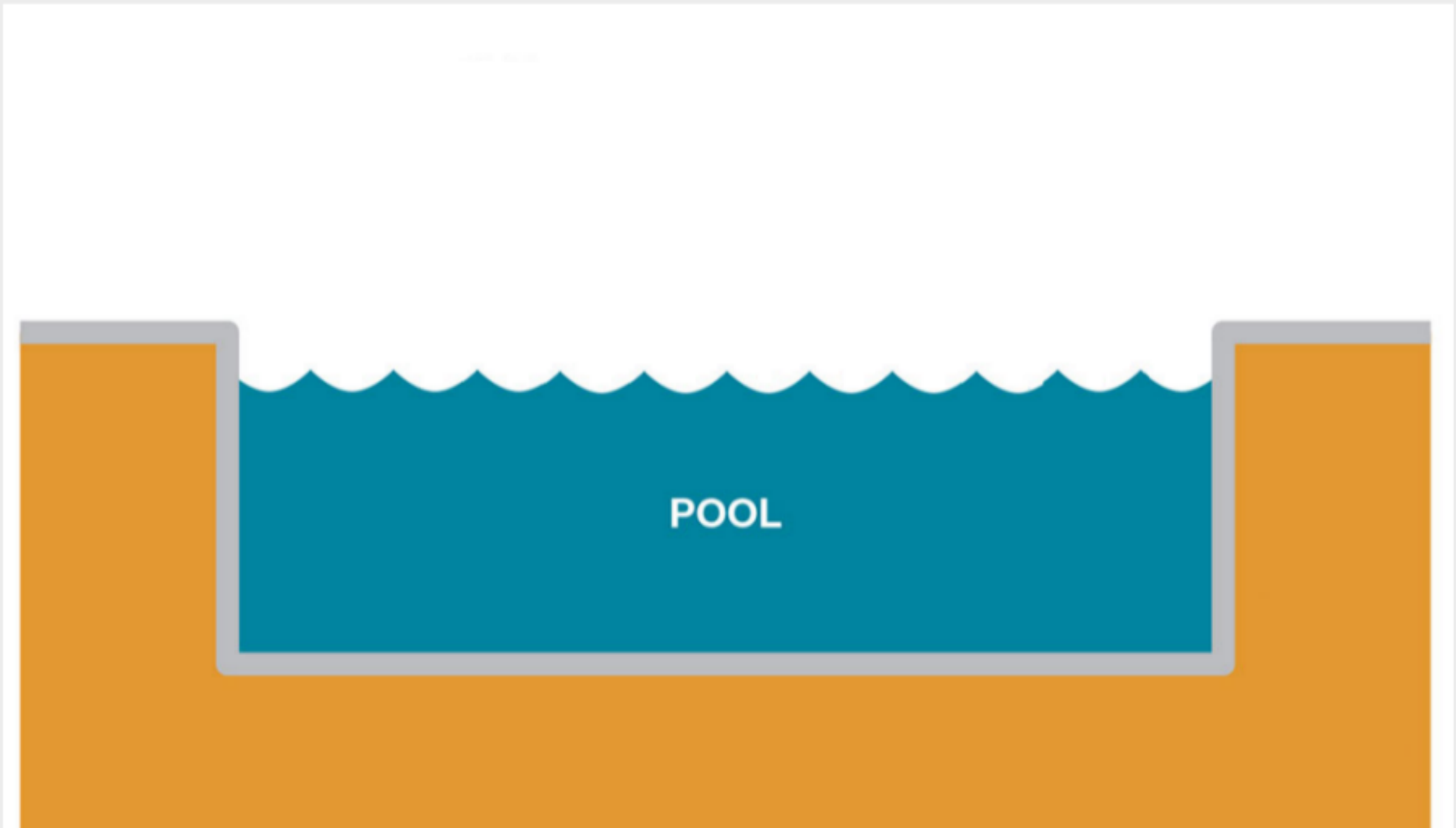
¿Cómo es el balance de energía de la piscina?



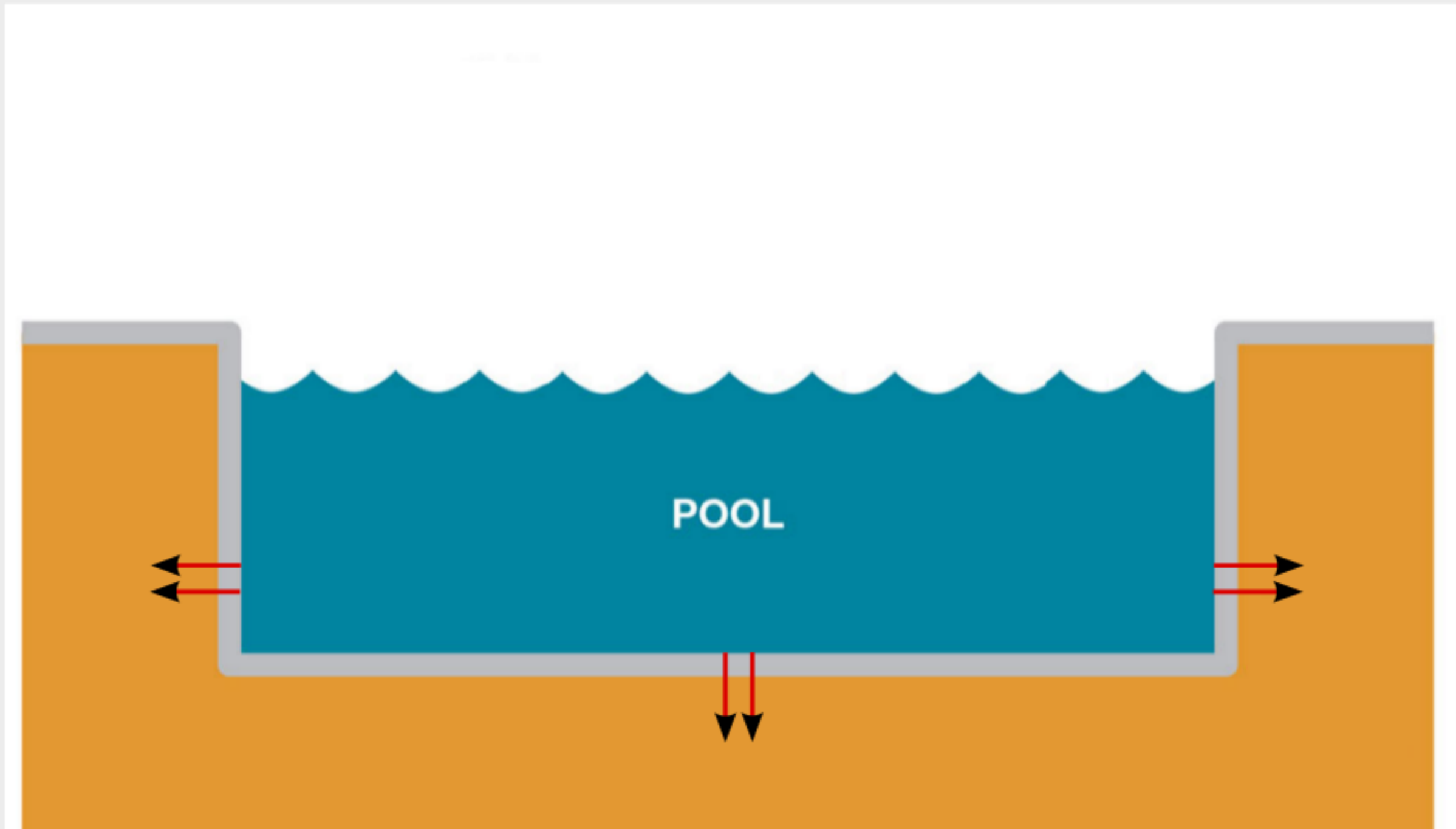
Ganancias



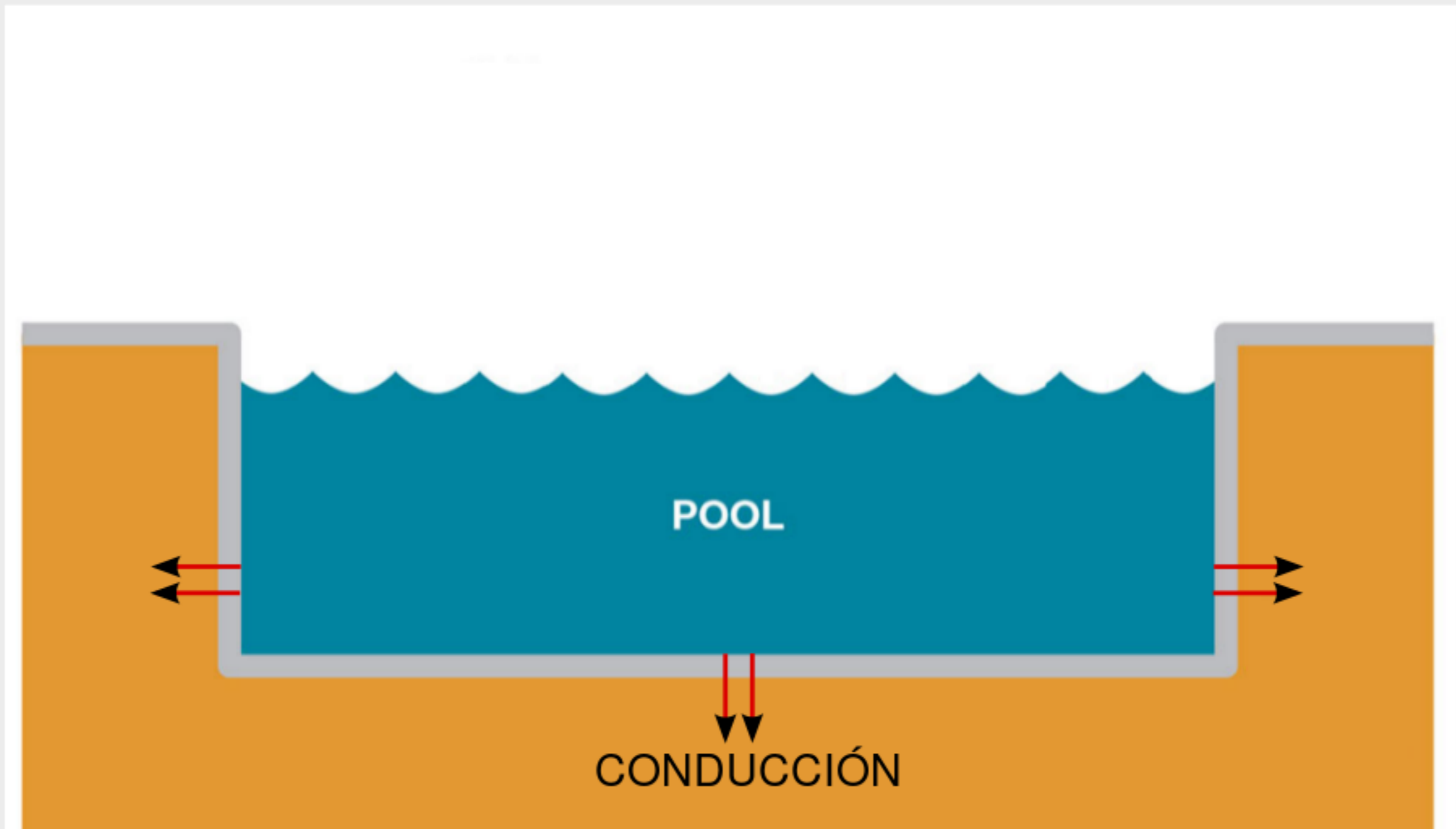
Pérdidas



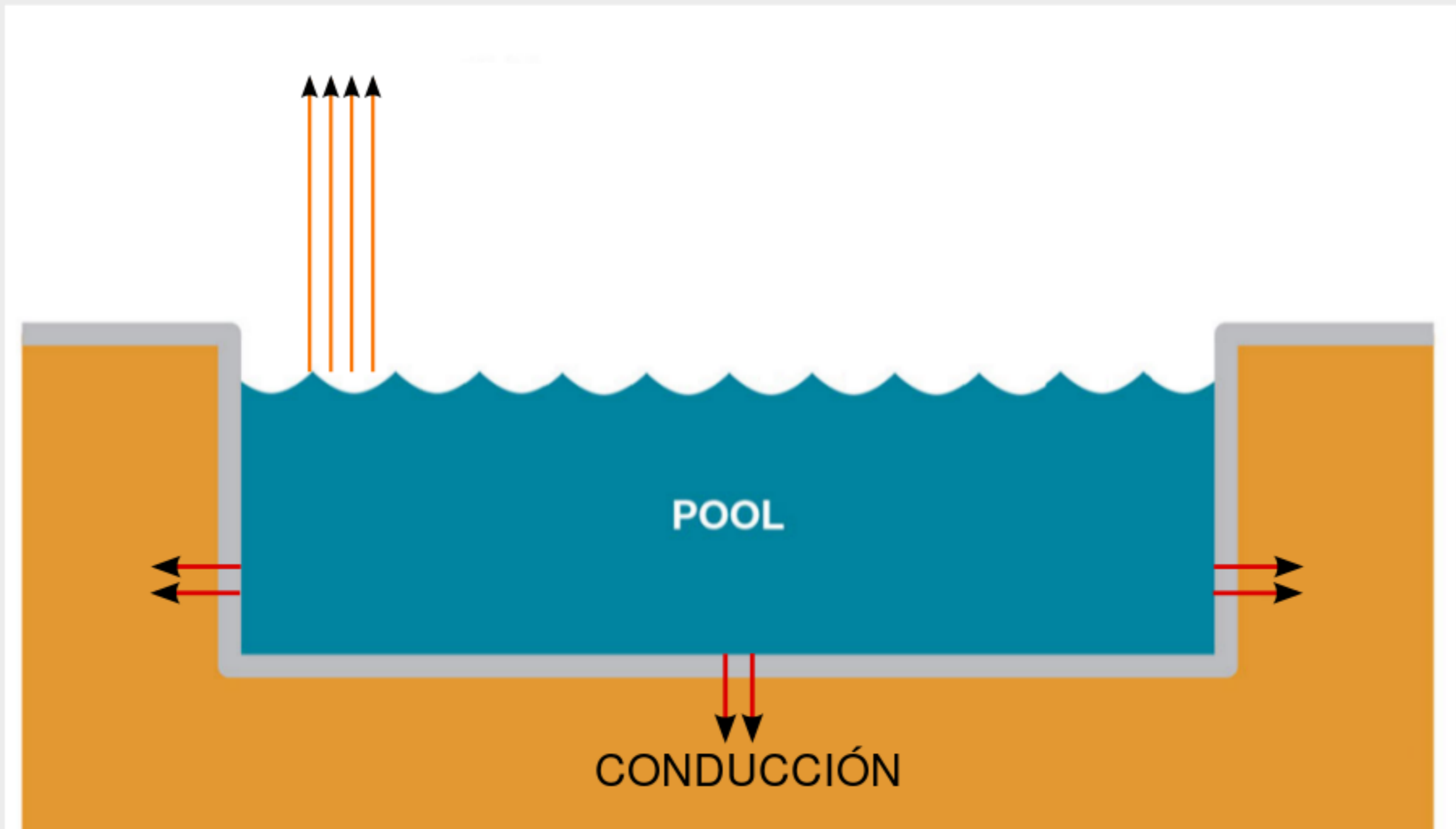
Pérdidas



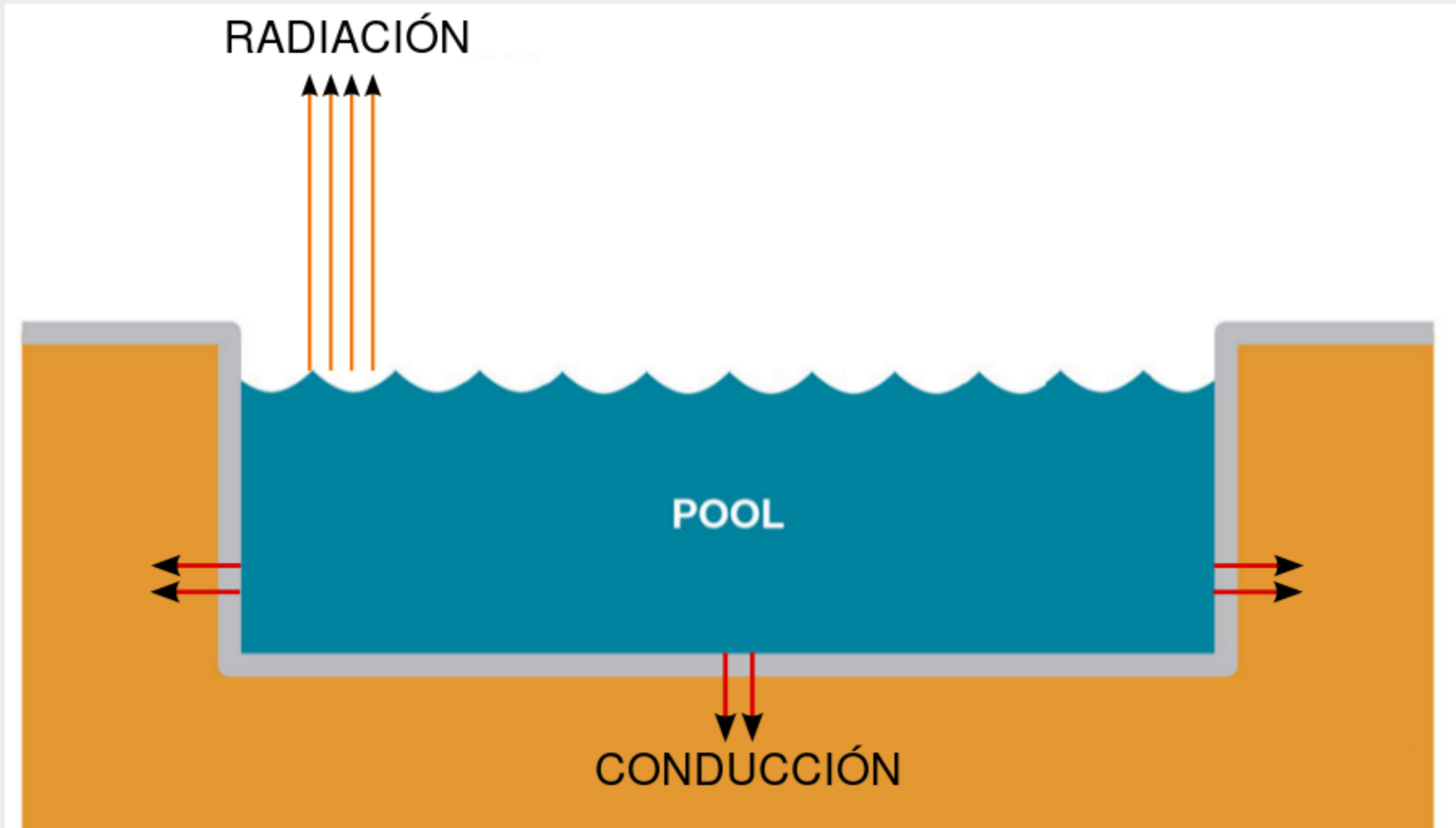
Pérdidas



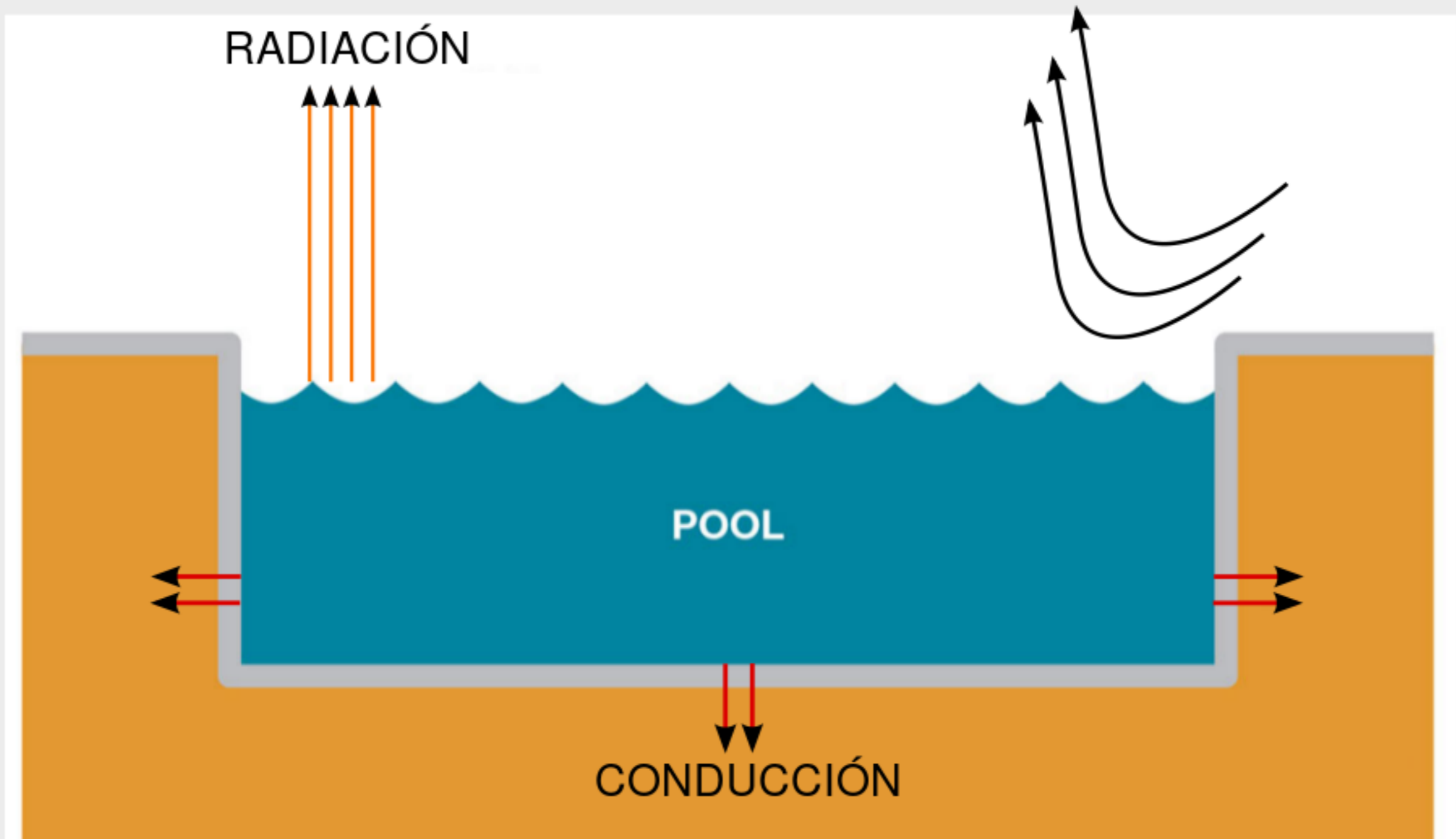
Pérdidas



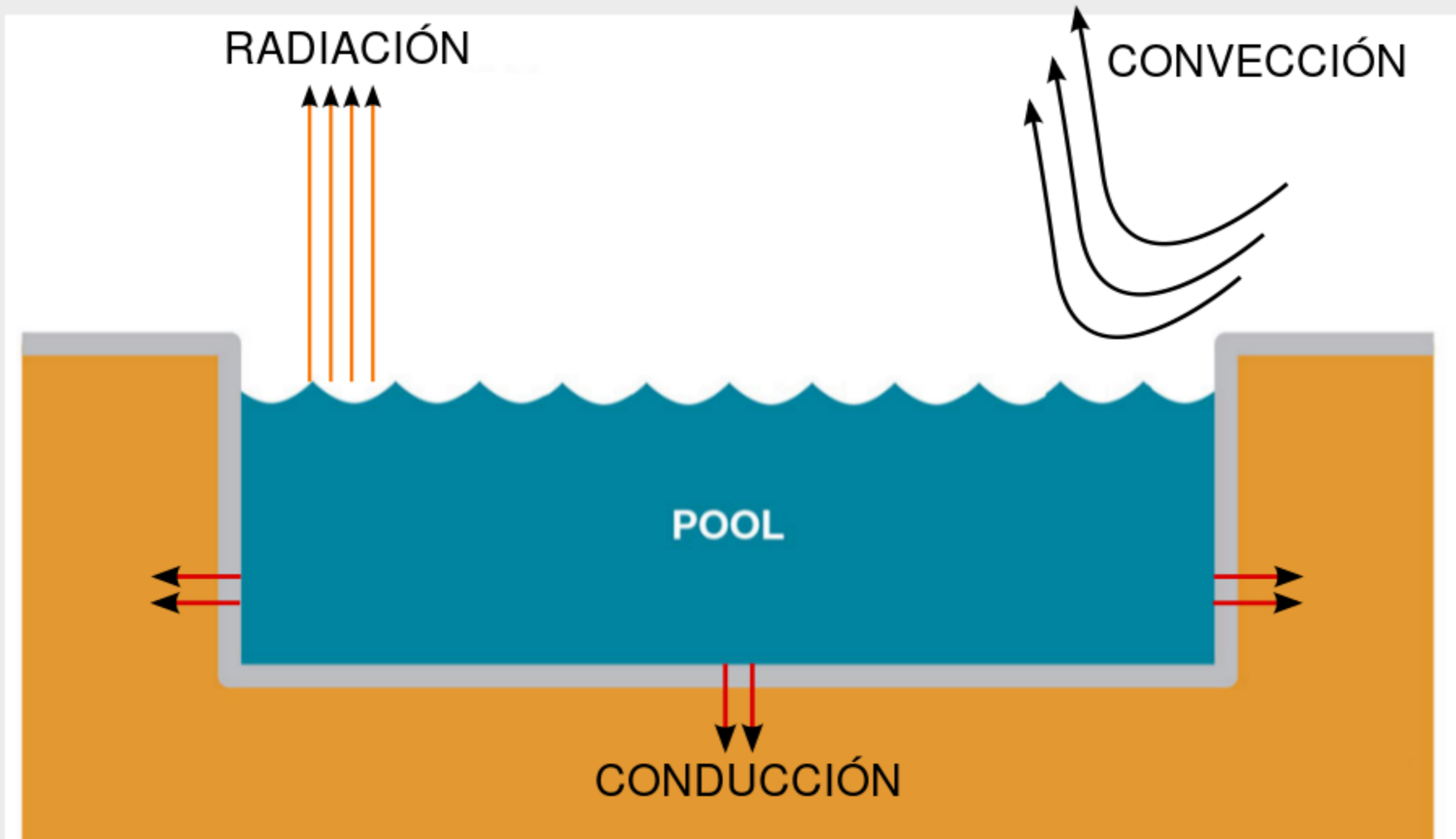
Pérdidas



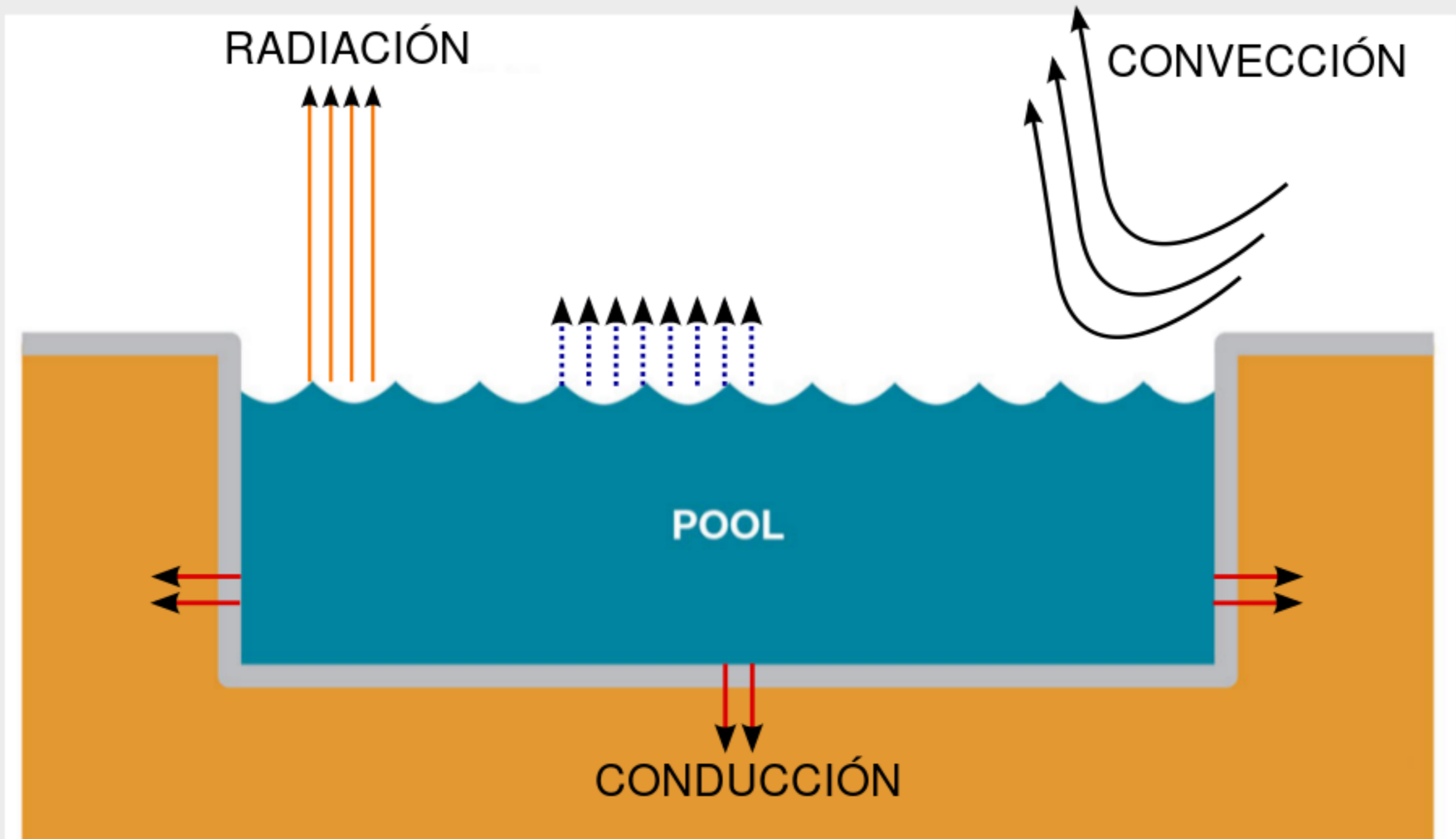
Pérdidas



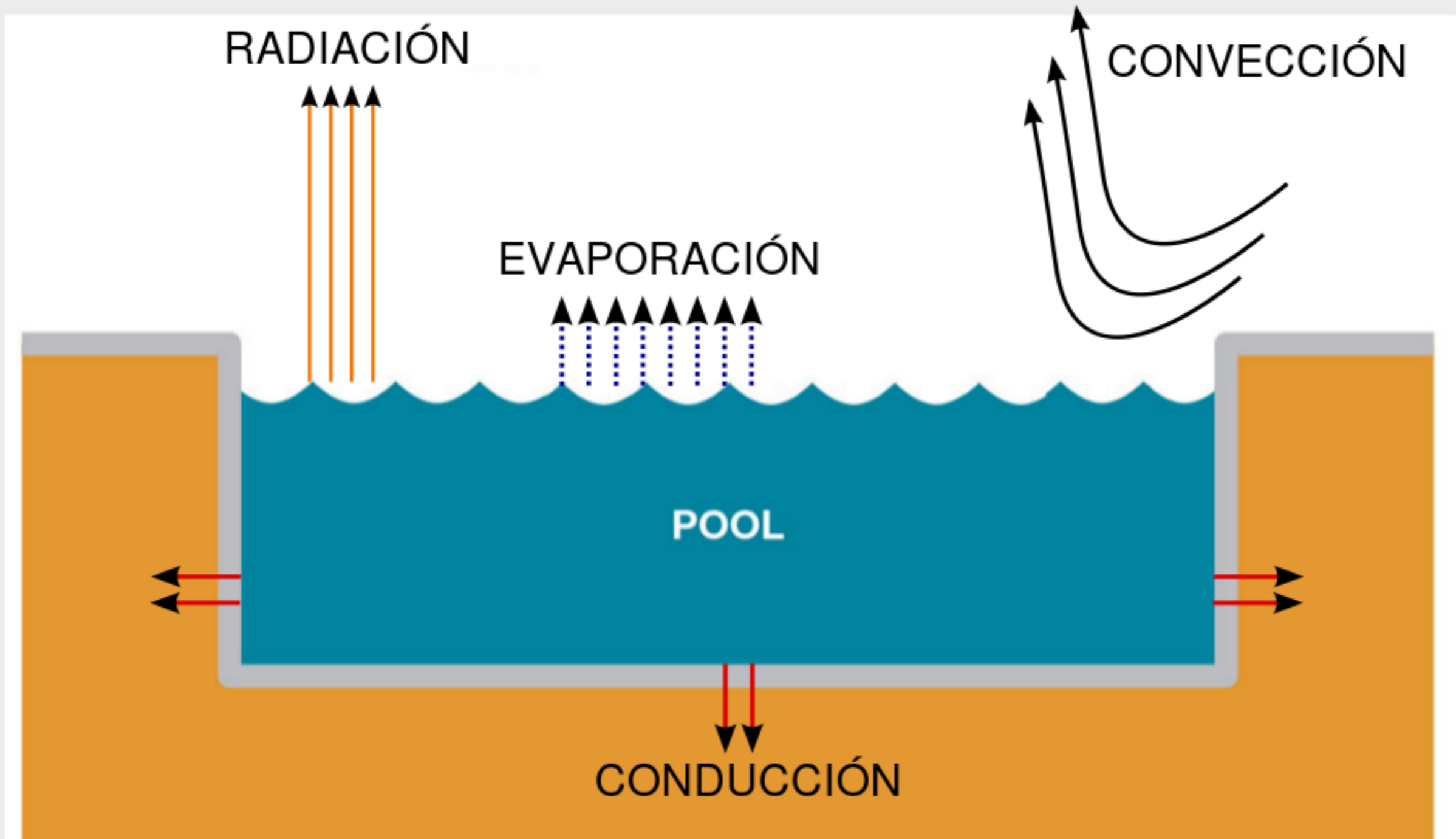
Pérdidas



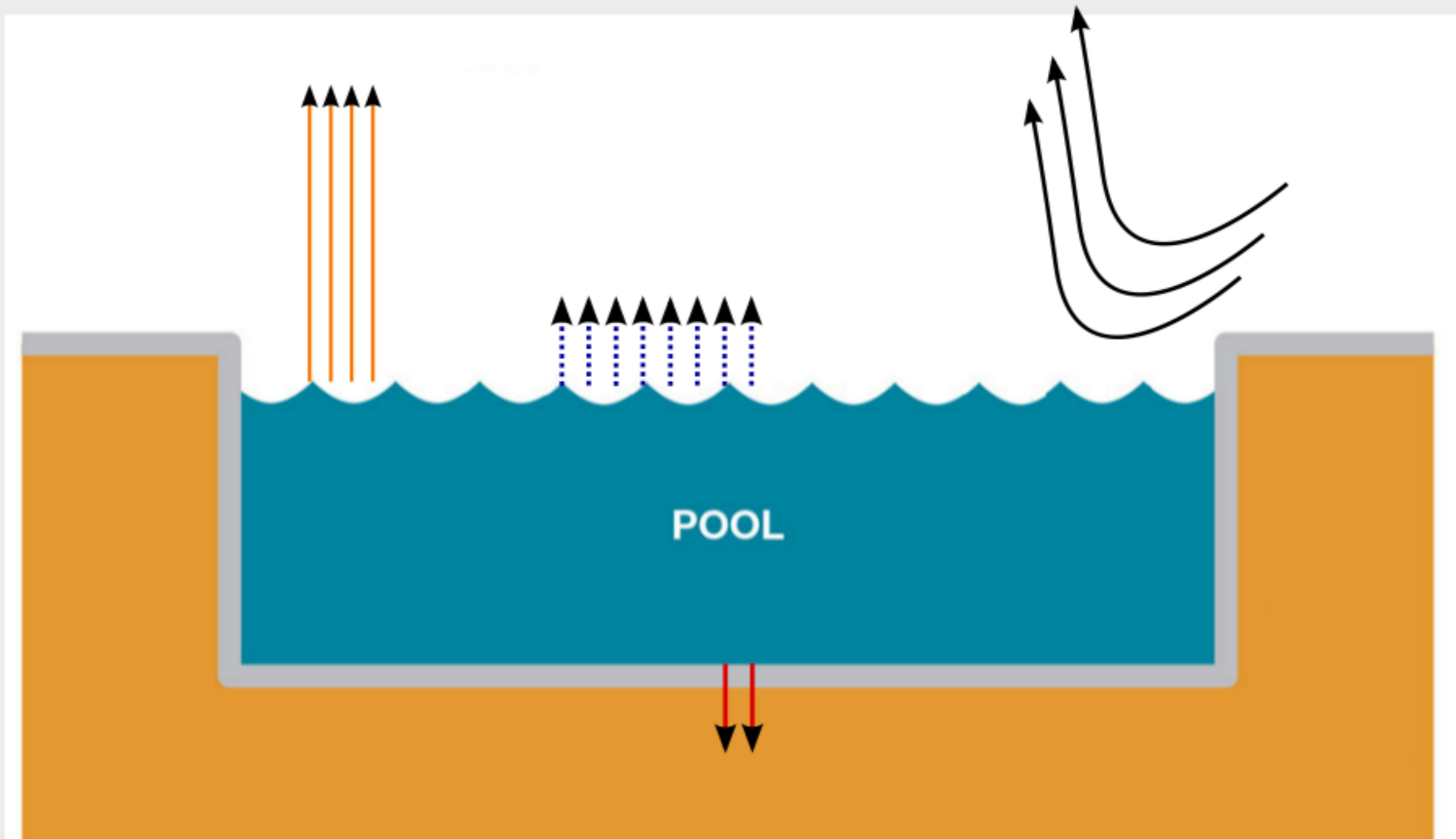
Pérdidas



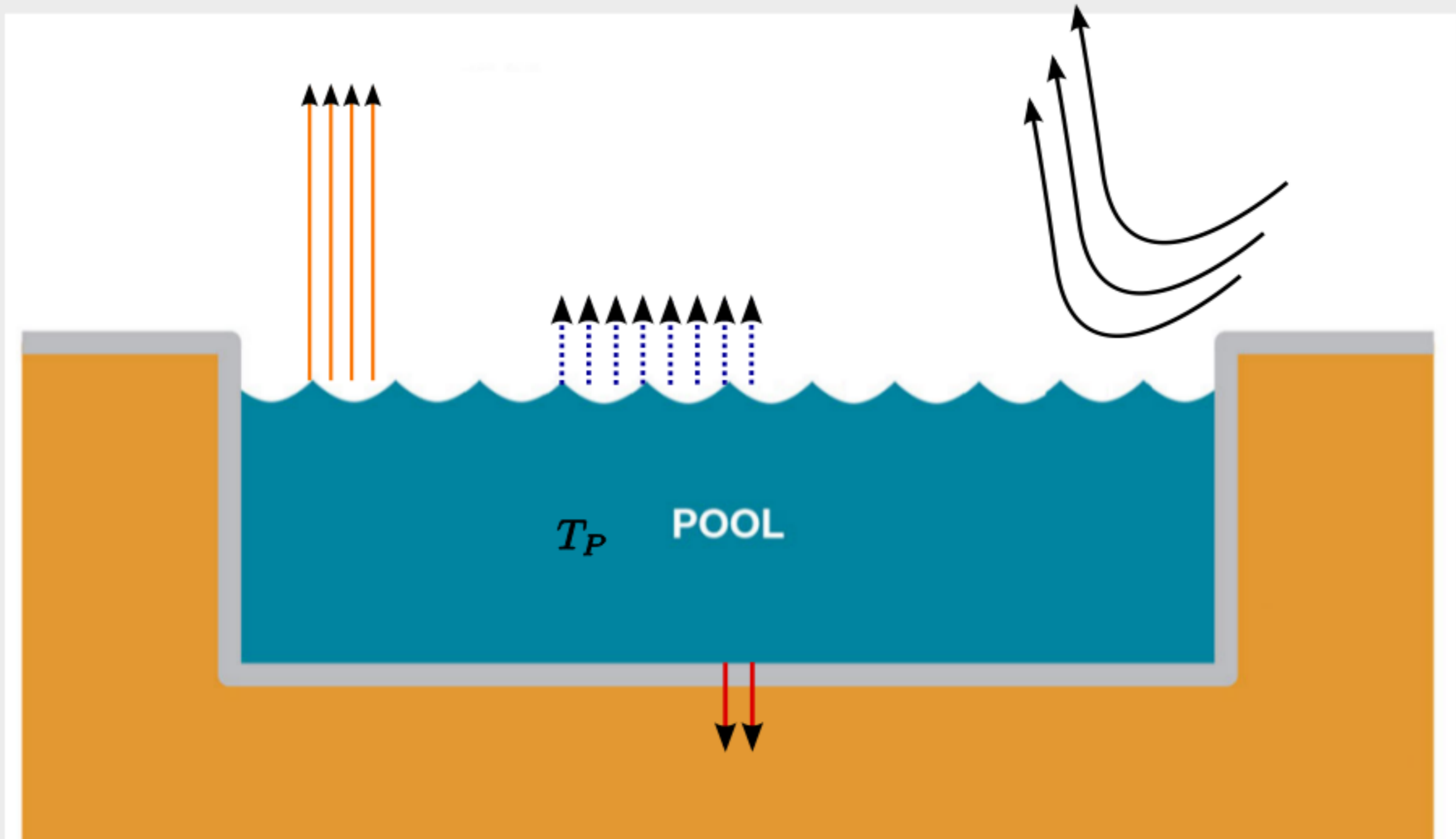
Pérdidas



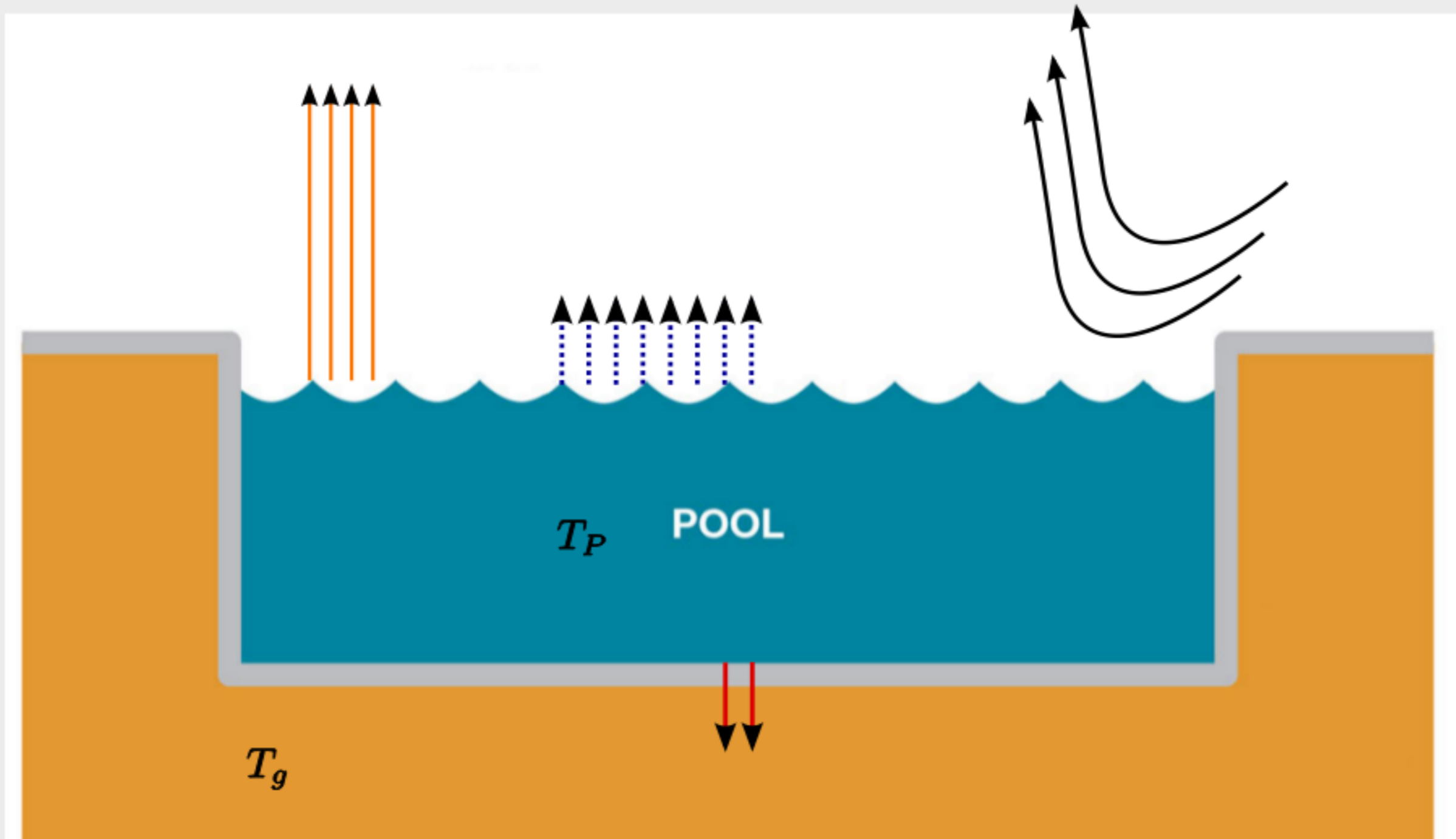
Magnitudes en juego



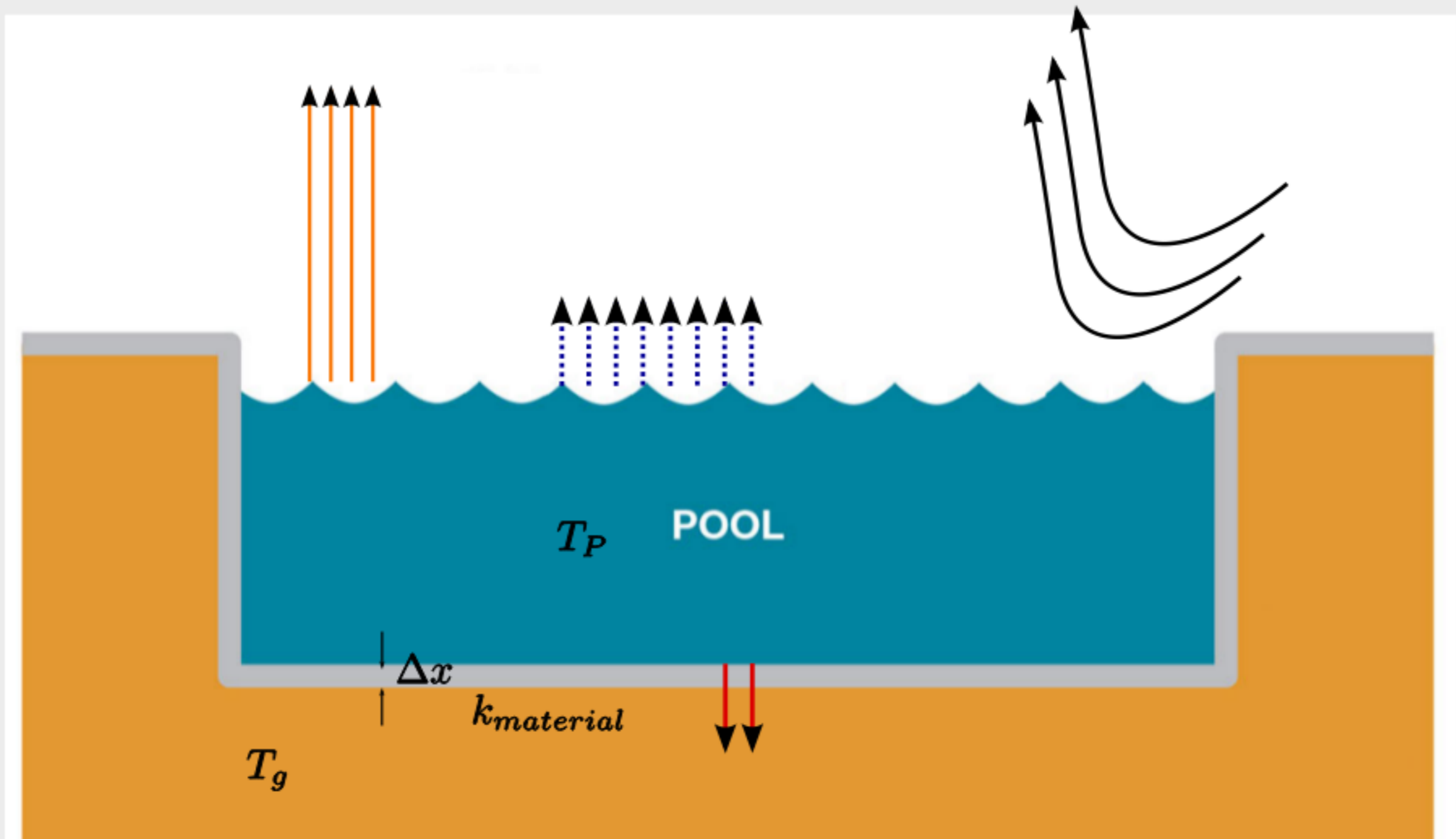
Magnitudes en juego



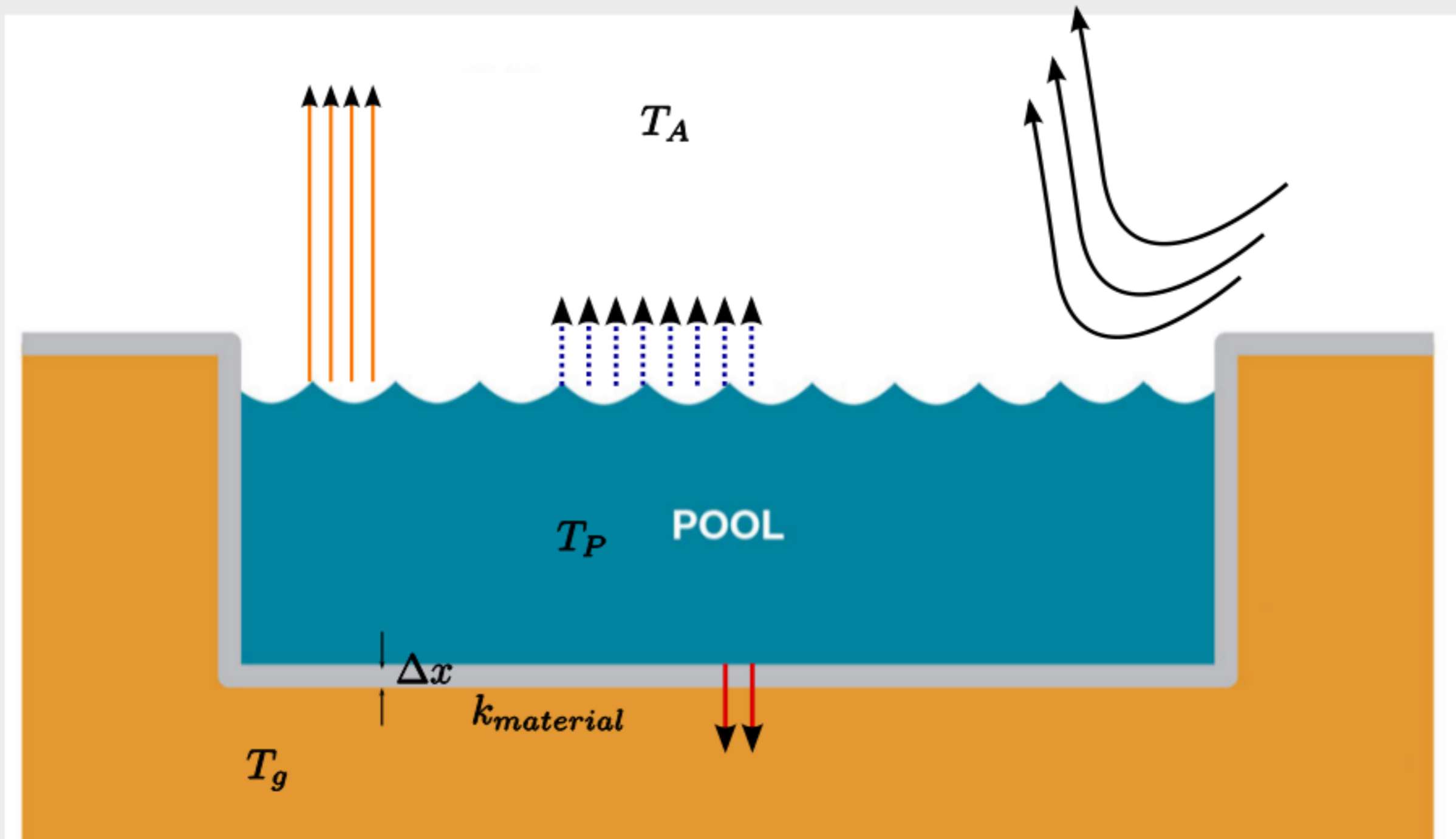
Magnitudes en juego



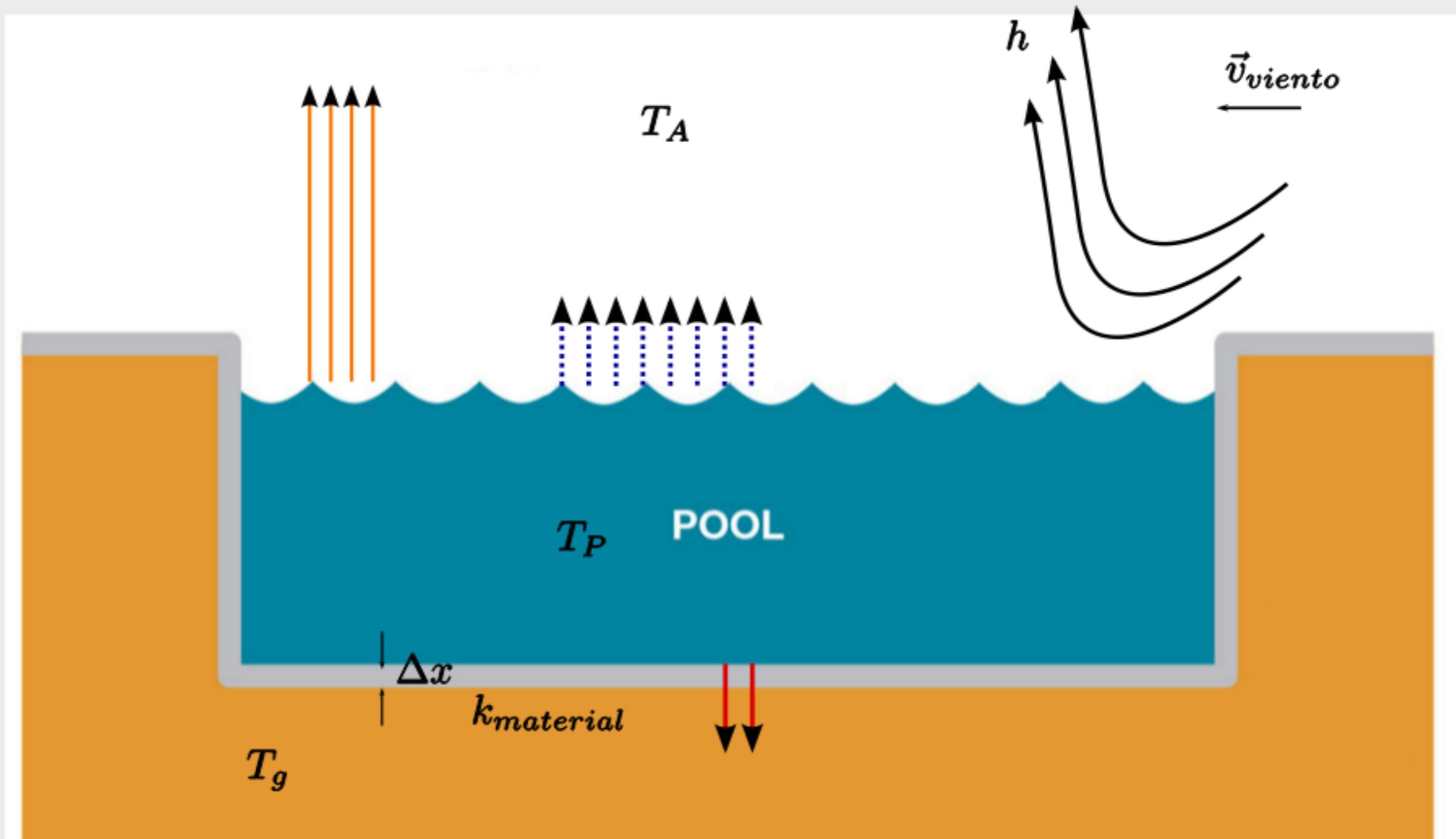
Magnitudes en juego



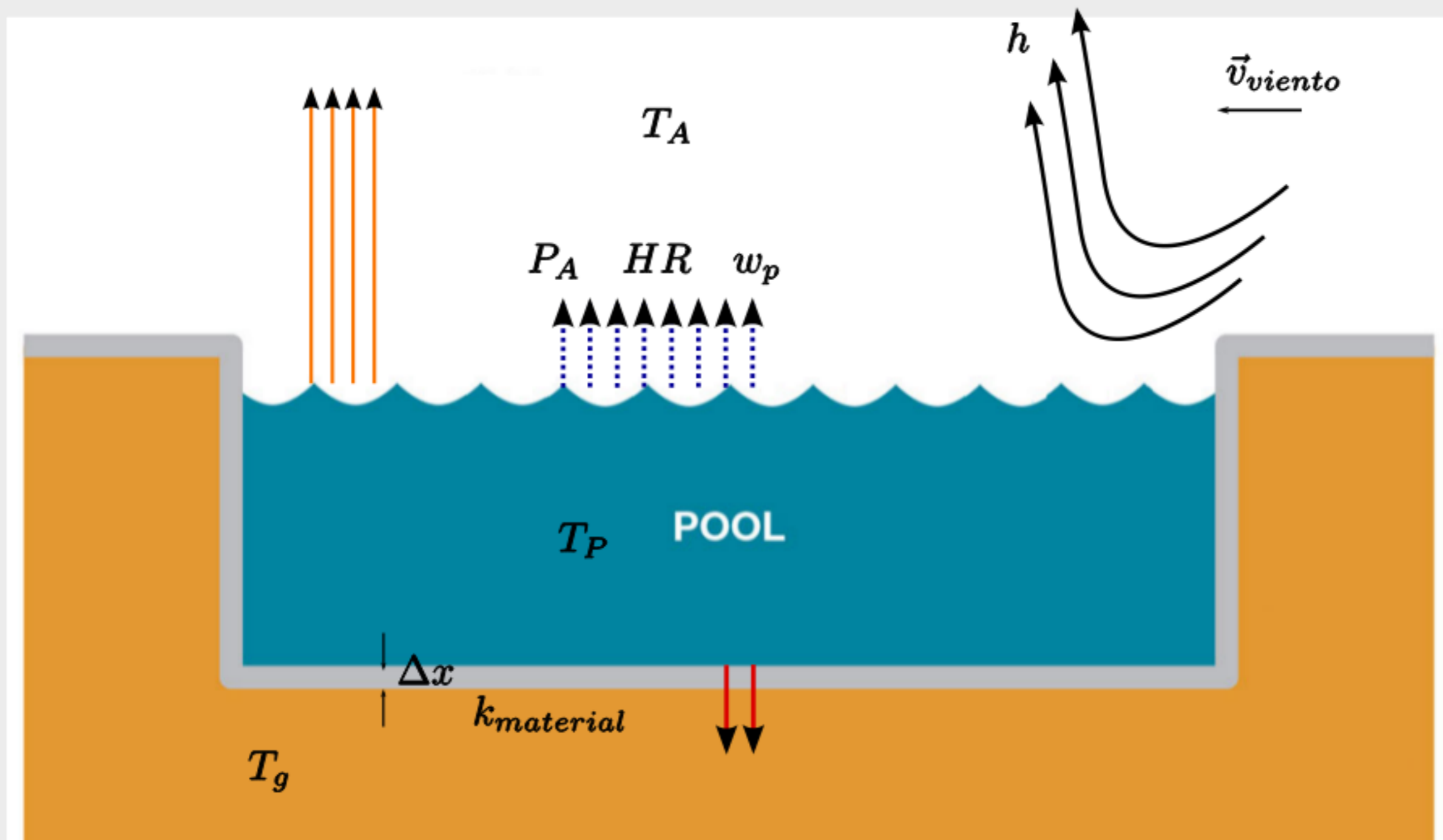
Magnitudes en juego



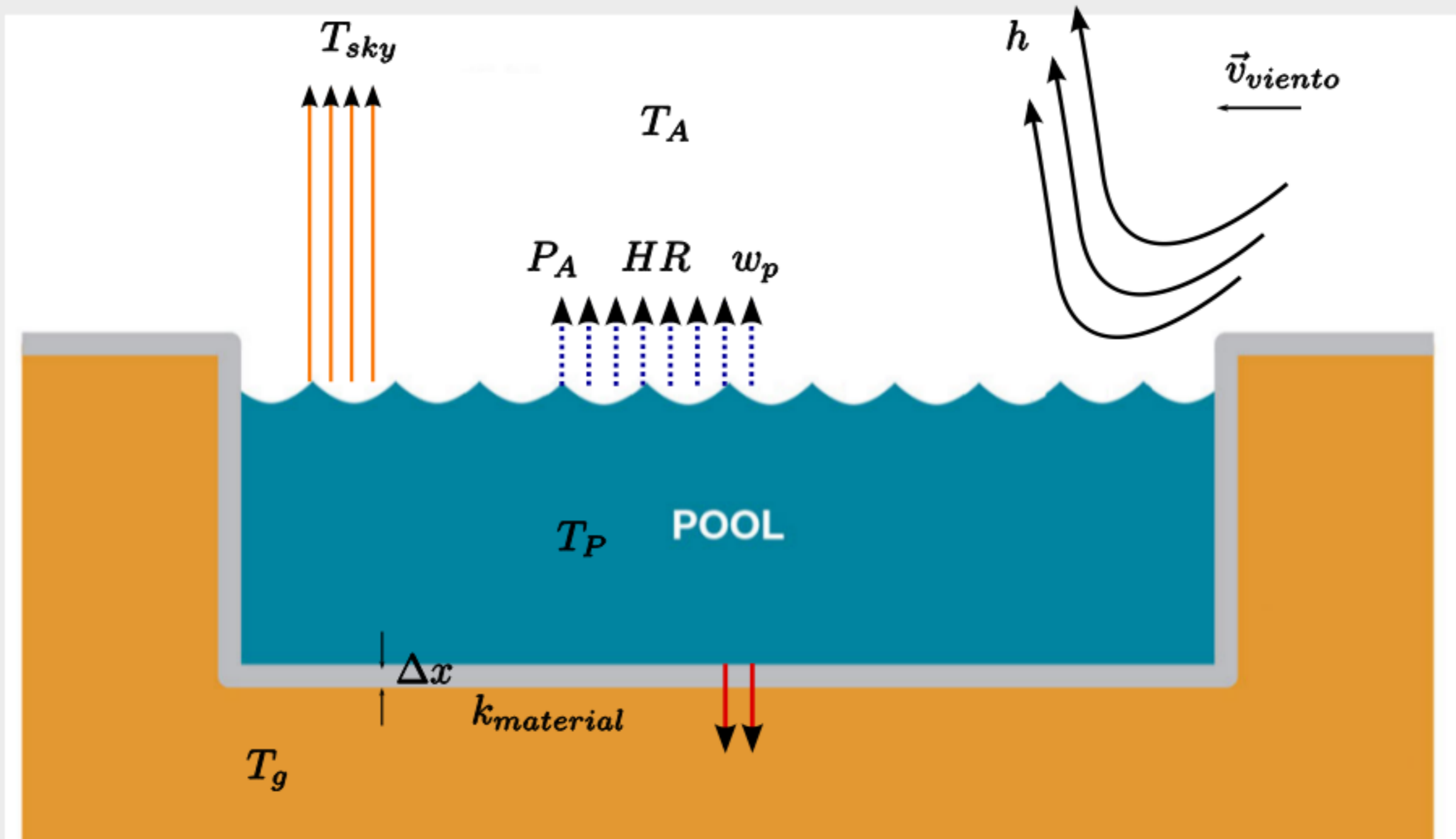
Magnitudes en juego



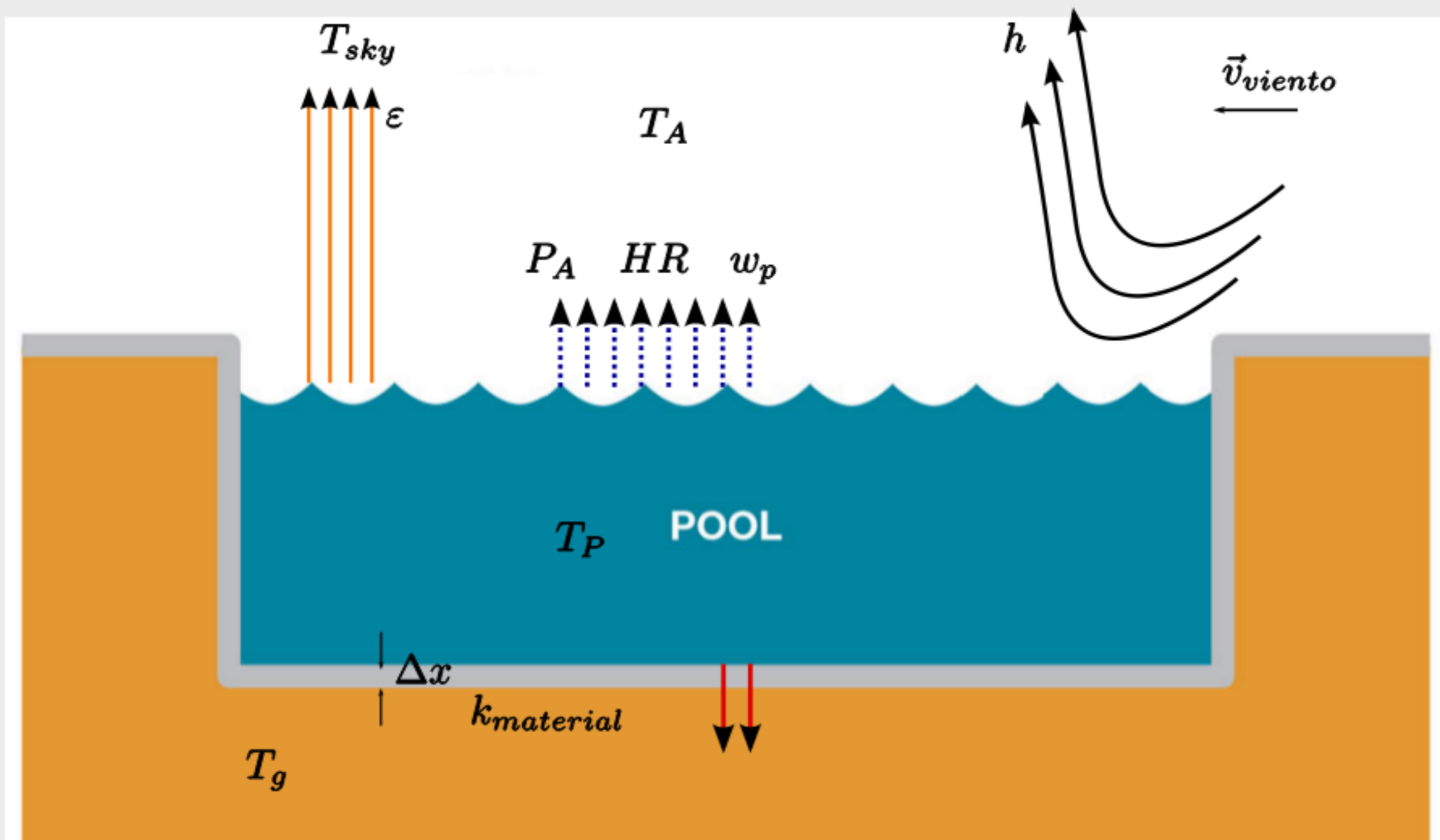
Magnitudes en juego



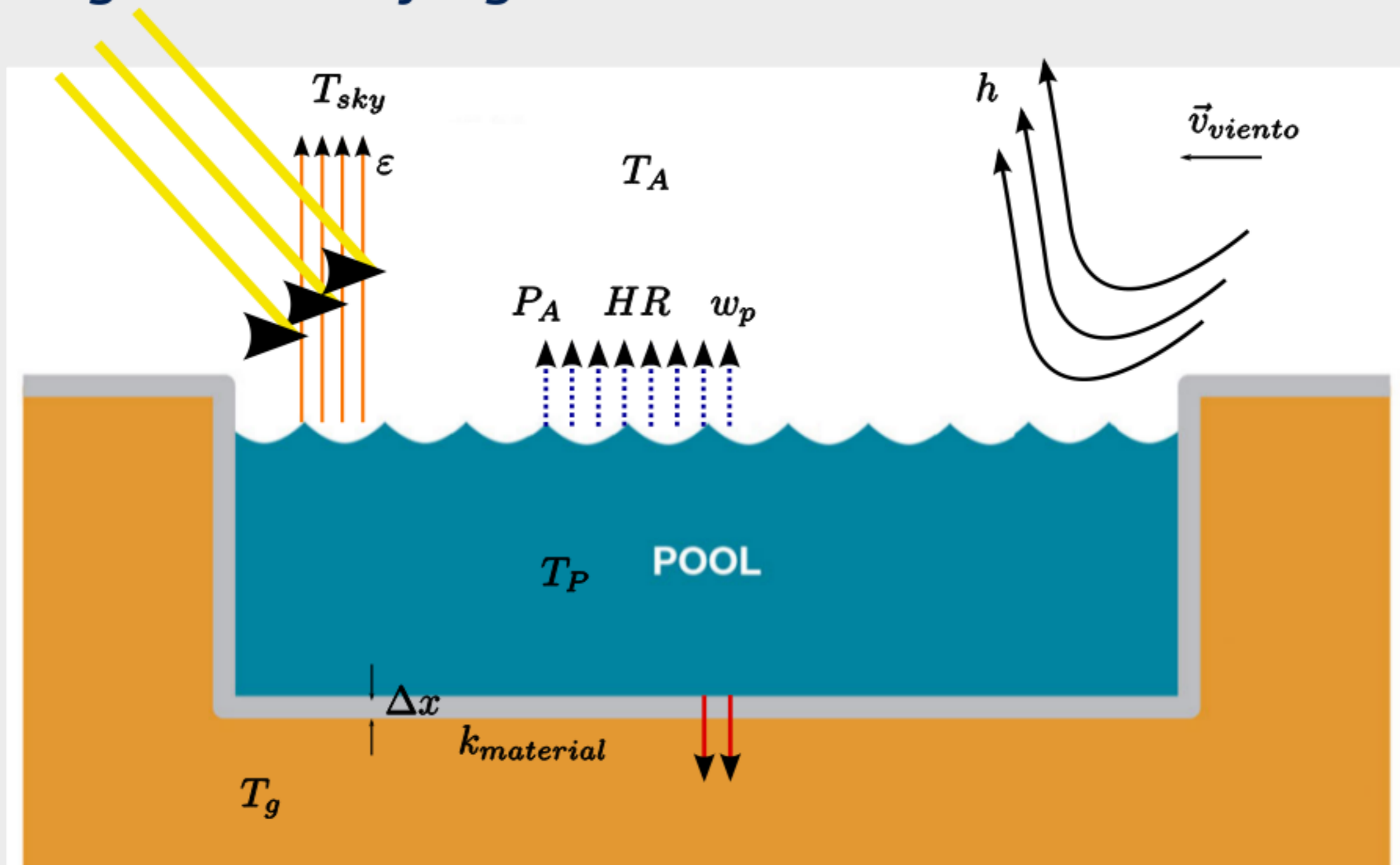
Magnitudes en juego



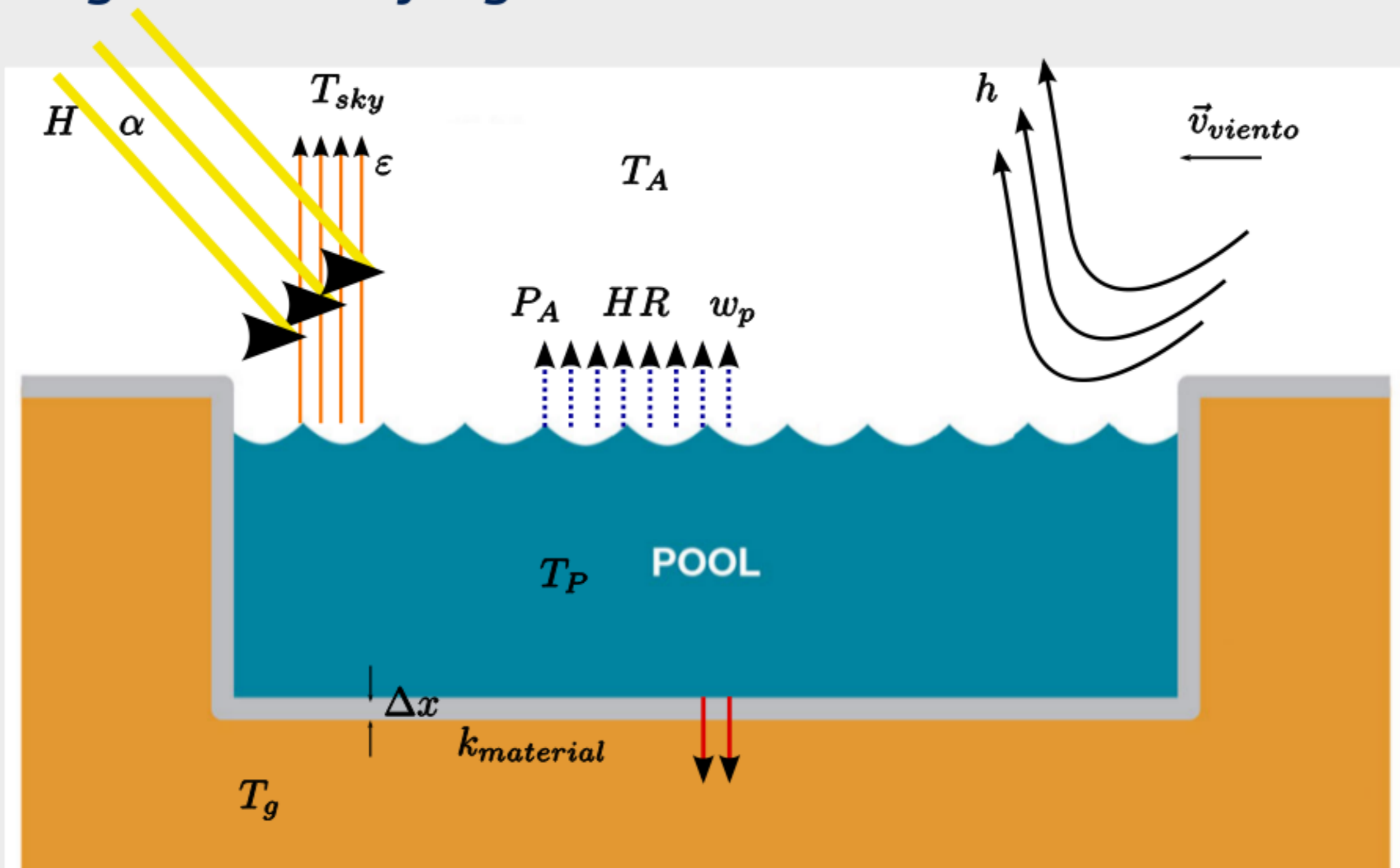
Magnitudes en juego



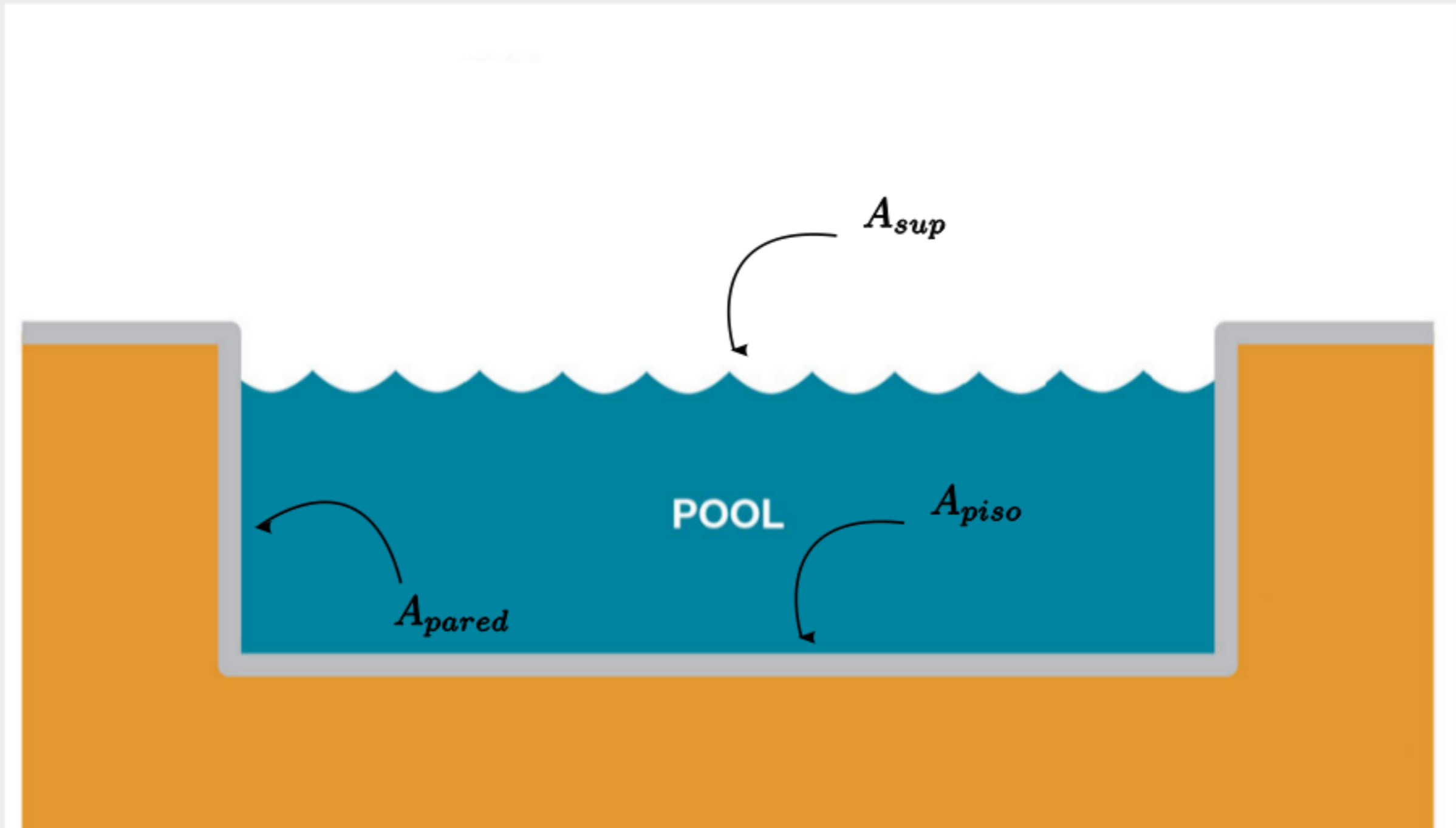
Magnitudes en juego



Magnitudes en juego



Magnitudes en juego



Formalizando:

Formalizando:
Ganancias

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Donde:

- Q_{sol} ——— Es la energía solar absorbida.
 α ——— Es la absorptancia de la piscina.
 H ——— Es la irradiación solar diaria media.
 A_{sup} ——— Es el área superficial de la piscina.

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

Donde:

- Q_{cond} ———> Es la energía perdida por conducción.
 k ———> Es la conductividad de las paredes.
 Δx ———> Es el espesor de las paredes.
 A ———> Es el área de la superficie en contacto con el piso.
 T_P ———> Es la temperatura de preparación.
 T_g ———> Es la temperatura del piso.
 Δt ———> Es el tiempo en segundos.

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

Donde:

Q_{evap} ———> Es la energía perdida por evaporación.

P_A ———> Es la presión atmosférica.

v_v ———> Es la velocidad del viento, próximo a la piscina.

T_A ———> Es la temperatura ambiente.

w_p ———> Es la humedad de saturación del aire a la temperatura de la piscina.

w ———> Es la humedad absoluta del ambiente ambiente.

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t \left. \vphantom{Q_{evap}} \right\} \text{Duffie and Beckman}$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t \left. \vphantom{Q_{evap}} \right\} \text{Duffie and Beckman}$$

Wei, J., H. Sigworth Jr., C. Lederer, and A. H. Rosenfeld, Lawrence Berkeley Laboratory report 9388 (July 1979). "A Computer Program for Evaluating Swimming Pool Heat Conservation."

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

$$Q_{conv} = h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

$$Q_{conv} = h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t \quad \text{Donde} \quad h = 5.7 + 3.8v_v$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

$$Q_{conv} = h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t \quad \text{Donde} \quad h = 5.7 + 3.8v_v$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_{sup} (T_{PK}^4 - T_{skyK}^4)\Delta t$$

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

$$Q_{conv} = h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t \quad \text{Donde} \quad h = 5.7 + 3.8v_v$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_{sup} (T_{PK}^4 - T_{skyK}^4)\Delta t$$

Donde:

Q_{rad} ——— Es la energía perdida por radiación.

ε ——— Es la emitancia de la piscina.

T_{skyK} ——— Es la temperatura de cielo en Kelvin.

Formalizando:

Ganancias

$$Q_{sol} = \alpha H A_{sup}$$

Pérdidas

$$Q_{cond} = \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t$$

$$Q_{evap} = A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t$$

$$Q_{conv} = h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t \quad \text{Donde} \quad h = 5.7 + 3.8v_v$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_{sup} (T_{PK}^4 - T_{skyK}^4)\Delta t$$

Demanda de energía:

La demanda será la suma de pérdidas menos la ganancia solar.

$$L = Q_{cond} + Q_{evap} + Q_{conv} + Q_{rad} - Q_{sol}$$

Sustituyendo tenemos:

$$\begin{aligned} L = & \frac{k}{\Delta x} (A_{piso} + A_{pared})(T_P - T_g)\Delta t + \dots \\ & \dots A_{sup} P_A (35v_v + 43(T_P - T_A)^{1/3})(w_p - w)\Delta t + \dots \\ & \dots h A_{sup} (T_P - T_A)\Delta t + \varepsilon \sigma A_{sup} (T_{PK}^4 - \dots \\ & \dots T_{skyK}^4)\Delta t - \alpha H A_{sup} \end{aligned}$$

EJERCICIO DE APLICACIÓN: F-CHART EN PISCINAS

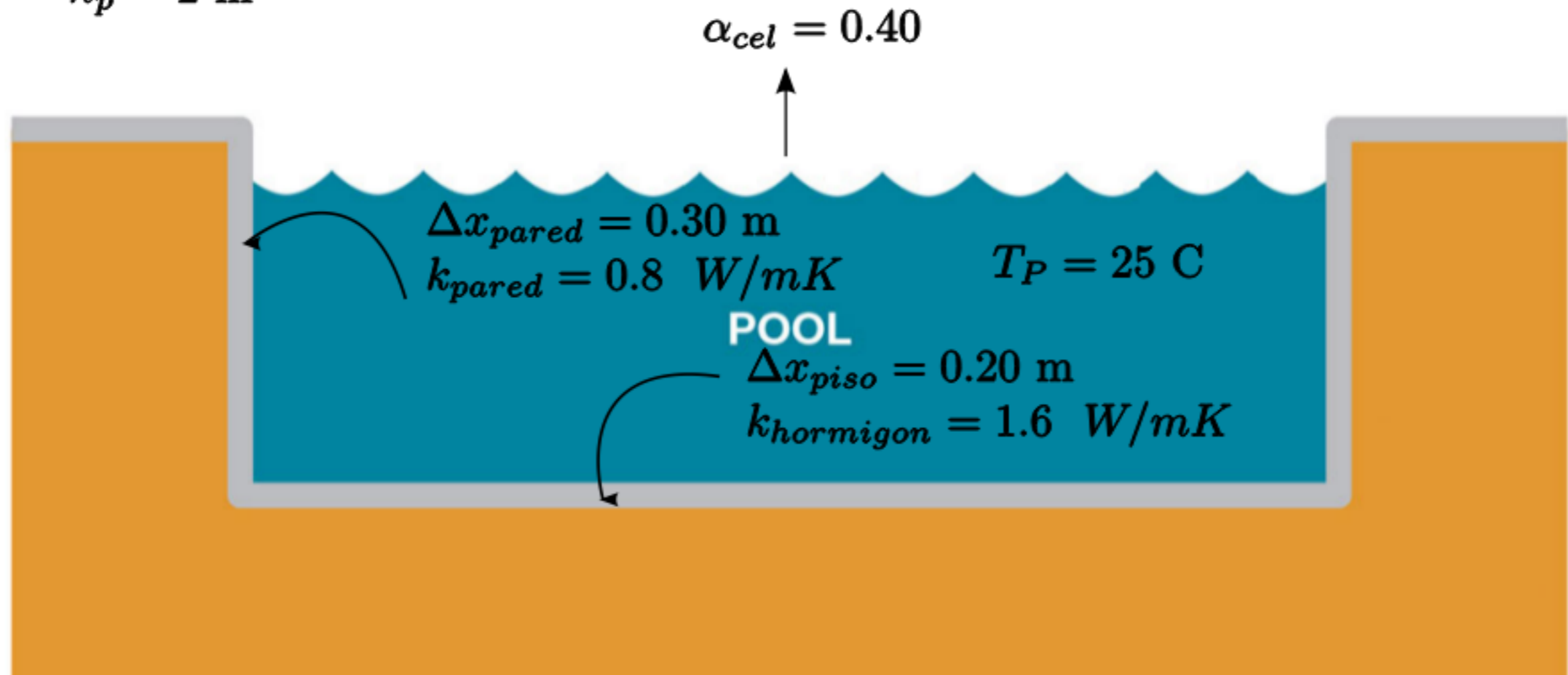
Datos:

Medidas:

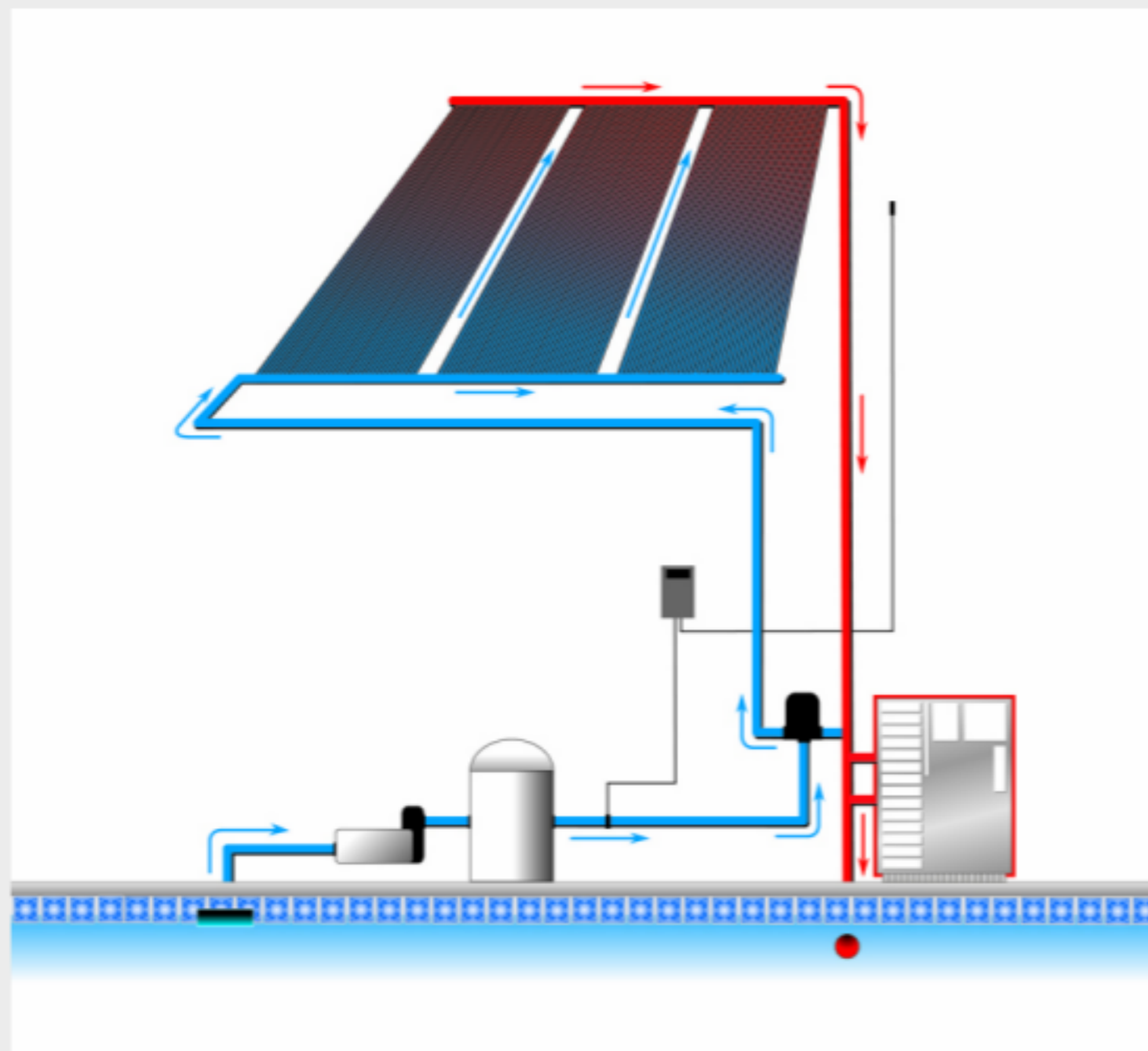
$$l_p = 6 \text{ m}$$

$$a_p = 3 \text{ m}$$

$$h_p = 2 \text{ m}$$



Datos:



Sistema:

$$N_{col} = 6$$

$$Ac_i = 1.90 \text{ m}^2$$

$$\tau_n = 0.88$$

$$F_R = 0.95$$

$$FR_{UL} = 5.00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$MAI = 1$$

$$\varepsilon = 1$$

$$Cp_1 = 4186 \text{ J/kgK}$$

$$Cp_2 = Cp_1$$

$$\rho_1 = 1 \text{ kg/lt}$$

$$\rho_2 = \rho_1$$