

# **OPERACIONES UNITARIAS**

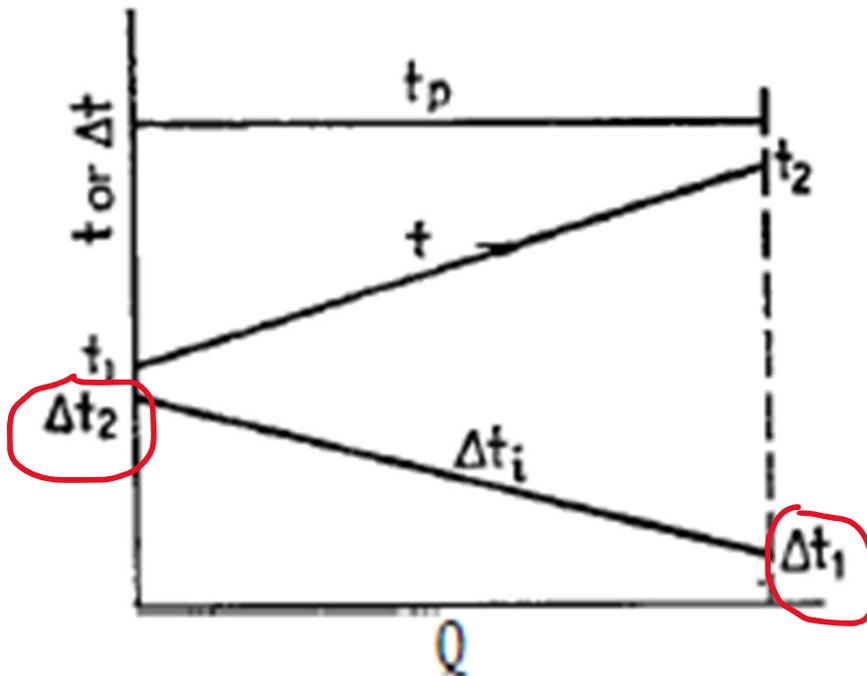
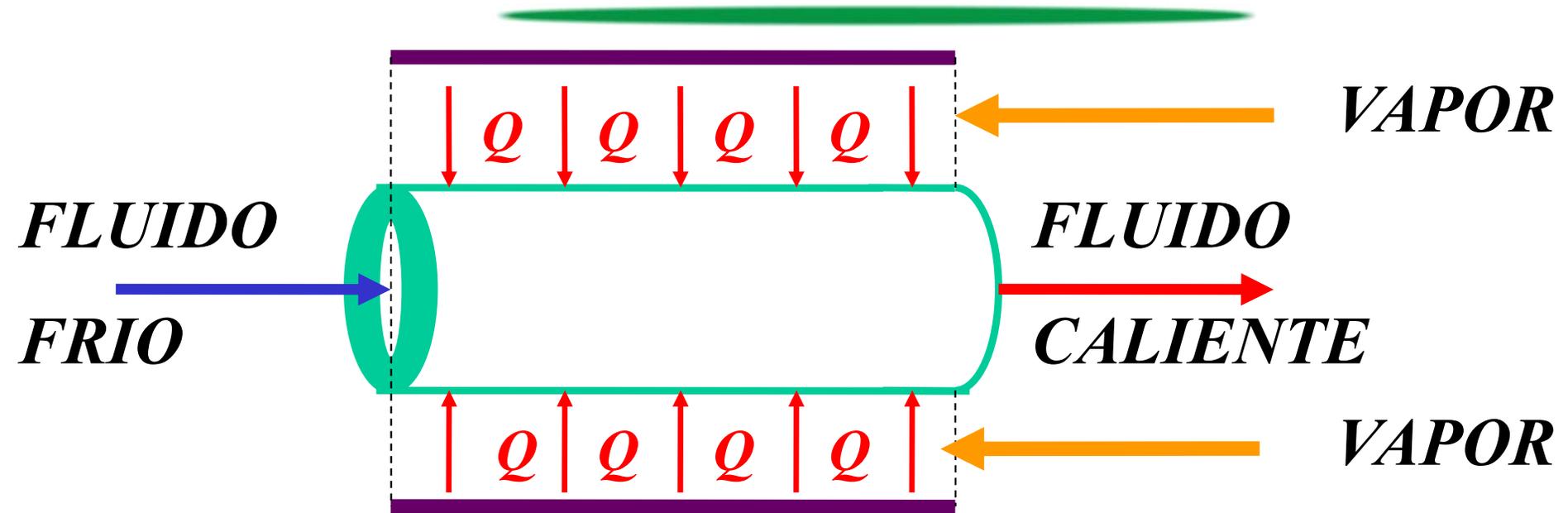
**2023**



# **UT 1 - *CALOR: CONVECCION b-***



# CONVECCION DEL CALOR



$$\Delta T_1 = T_p - T_2$$

$$\Delta T_2 = T_p - T_1$$

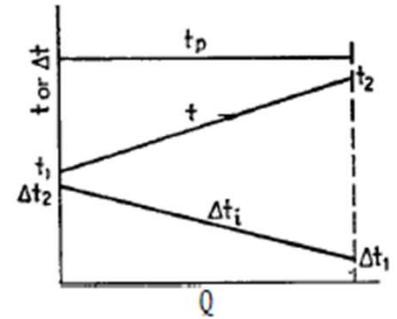
# CONVECCION DEL CALOR

$$c_p = cte$$

$$\Delta T \sim Q$$

$$T_1 \text{ a } T_2$$

$$h_i = cte$$



$$dQ = h_i dA_i \Delta t_i$$

$$\frac{d \Delta t_i}{dQ} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{Q}$$

$$\frac{h_i dA_i}{Q} (\Delta t_2 - \Delta t_1) = \int_{\Delta t_1}^{\Delta t_2} \frac{d \Delta t_i}{\Delta t_i}$$

Integrando

$$Q = \frac{h_i A_i (\Delta t_2 - \Delta t_1)}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1}$$

# **CONVECCION DEL CALOR**

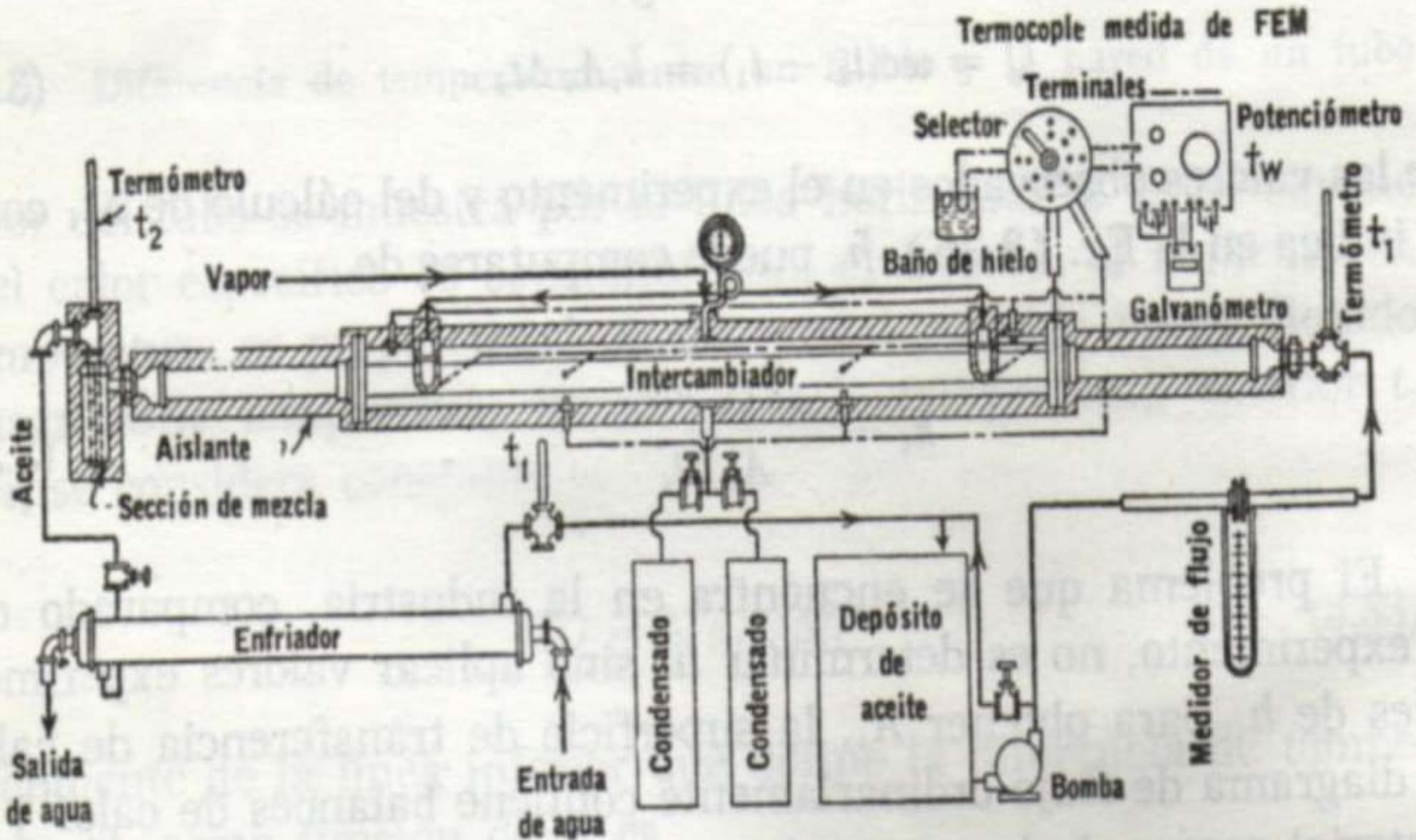
## **MEDIA LOGARITMICA DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS**

$$\frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln (\Delta T_2 / \Delta T_1)}$$

**$MLDT_i$**

*$h_i$ : especifico para MLDT*

# CONVECCION DEL CALOR



# ***CONVECCION DEL CALOR***

$$Q = W c_p (T_2 - T_1) = h_i A_i \Delta T_i$$

$$h_i = \frac{W c_p (T_2 - T_1)}{A_i \Delta T_i}$$

***EL PROBLEMA DE LA INDUSTRIA, NO ES ENCONTRAR (  $h_i$  ), ES CONOCER LA SUPERFICIE DE TRANSFERENCIA (  $A_i$  )***

# **CONVECCION DEL CALOR**



## **ANALISIS DIMENSIONAL**

**CORRELACIONAR CIERTO NUMERO DE VARIABLES  
EXPRESANDO UN EFECTO**

**ECUACIONES QUE DESCRIBEN FENOMENOS  
FISICOS OBTENIDAS RACIONALMENTE DE LEYES  
BASICAS DERIVADAS DE EXPERIMENTOS.**

**$n^{\circ}$  de Reynolds (Re): ( Fuerzas de inercia vs viscosas )  
( régimen de escurrimiento )**

**$n^{\circ}$  de Prandtl (Pt):( Difusividad molecular de cantidad  
de movimiento vs Difusividad  
molecular del calor) ( capa limite)**

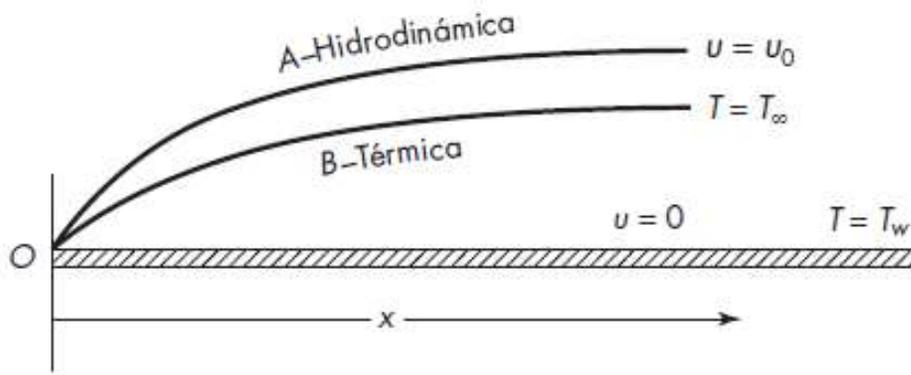
# CONVECCION DEL CALOR

## ANALISIS DIMENSIONAL

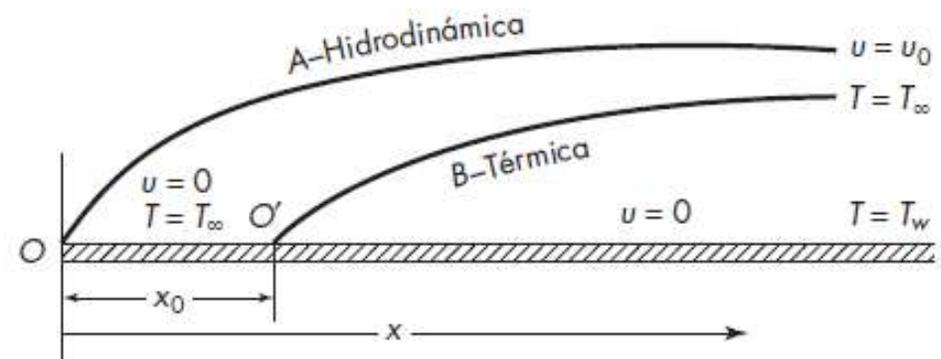
**$n^\circ$  de Prandtl ( $Pr$ )**

$$Pr \equiv \frac{\nu}{\alpha} = \frac{c_p \mu}{k}$$

Capas límite térmica e hidrodinámica sobre una lámina plana



toda la placa está caliente:



longitud no calentada =  $x_0$ .

La relación entre el espesor de las dos capas límite para un punto dado a lo largo de la lámina depende del número adimensional de Prandtl, el cual es la relación del momento de difusividad  $\nu$  o  $\mu / \rho$  y la difusividad térmica  $\alpha$  o  $k / \rho c_p$

# **CONVECCION DEL CALOR**

## **ANALISIS DIMENSIONAL**

***n° de Nusselt (Nu) :***

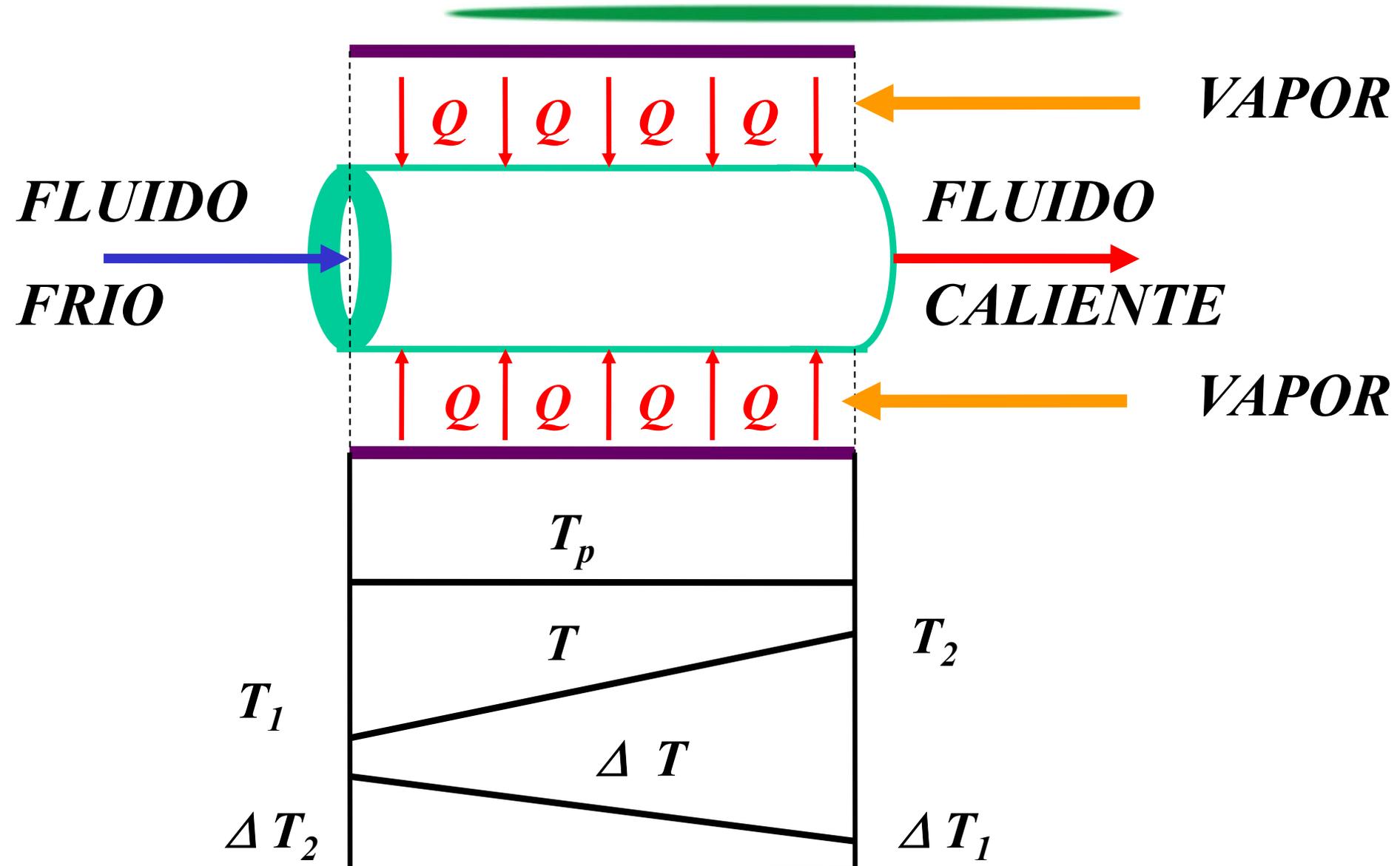
$$Nu = 0.664 \sqrt[3]{Pr} \sqrt{Re_{x_1}}$$

$$Nu = \frac{h_i D}{k} = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$$

***n° de Graetz (Gz) :***

$$Gz \equiv \frac{\dot{m} c_p}{kL}$$

# CONVECCION DEL CALOR



$$Q = h_i A_i (T_p - T) = h_i A_i \Delta T_i = h_i A_i MLDT_i$$

# ***CONVECCION DEL CALOR***



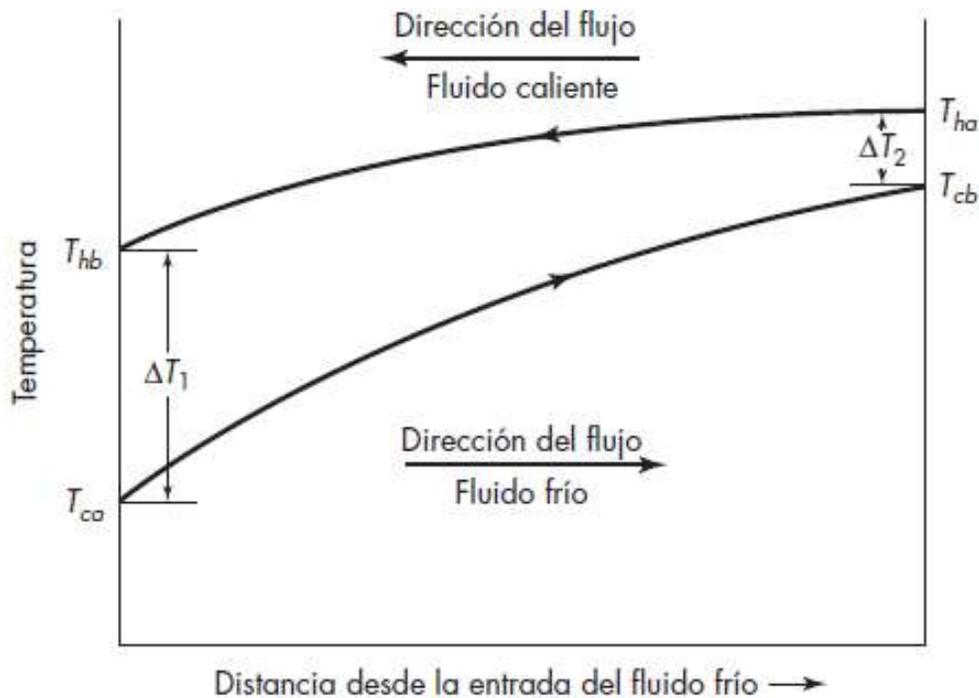
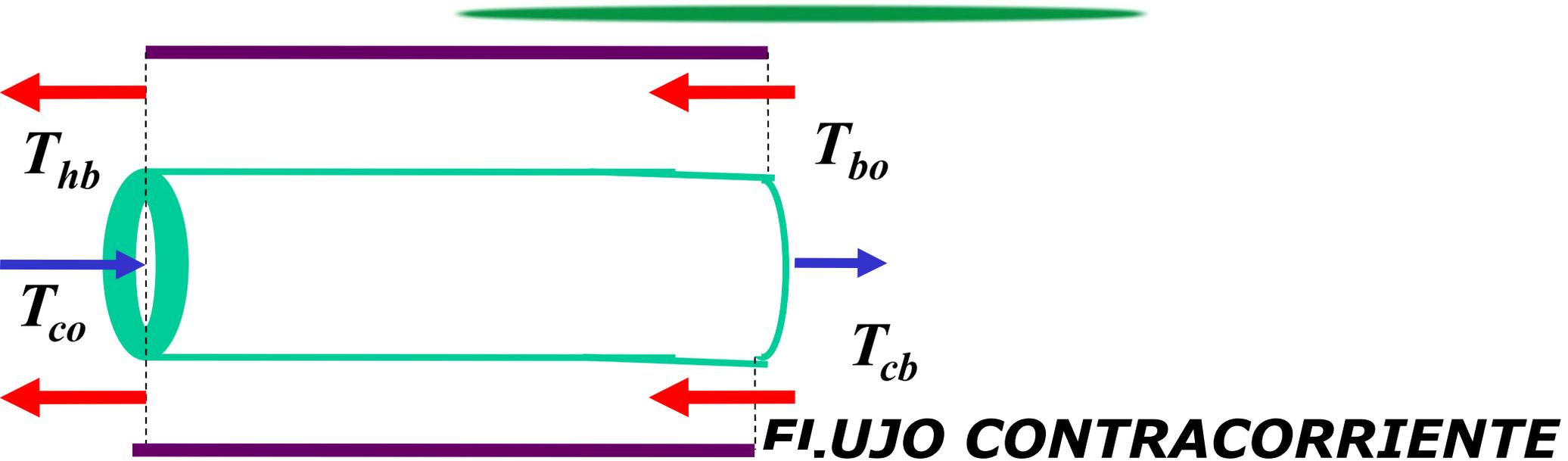
## ***TEMPERATURAS DE PROCESO***

### ***DIFERENCIA DE TEMPERATURA***

***EN EQUIPOS INDUSTRIALES NO SE PUEDE MEDIR  
PROMEDIO DE TEMPERATURAS EN LAS CAÑERIAS***

***UNICAMENTE T° DE ENTRADA Y T° DE SALIDA DE  
LOS FLUIDOS CALIENTES Y FRIOS***

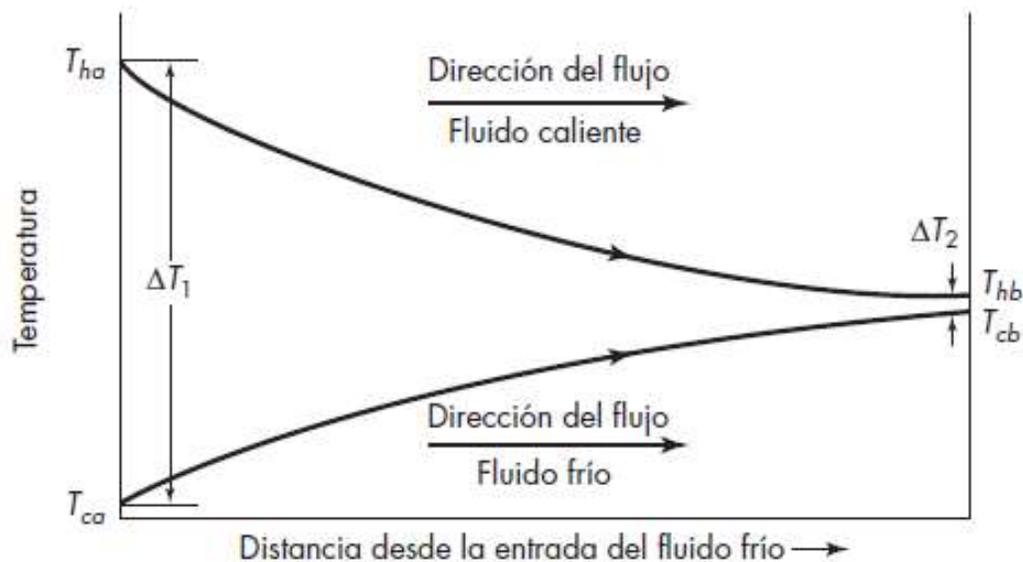
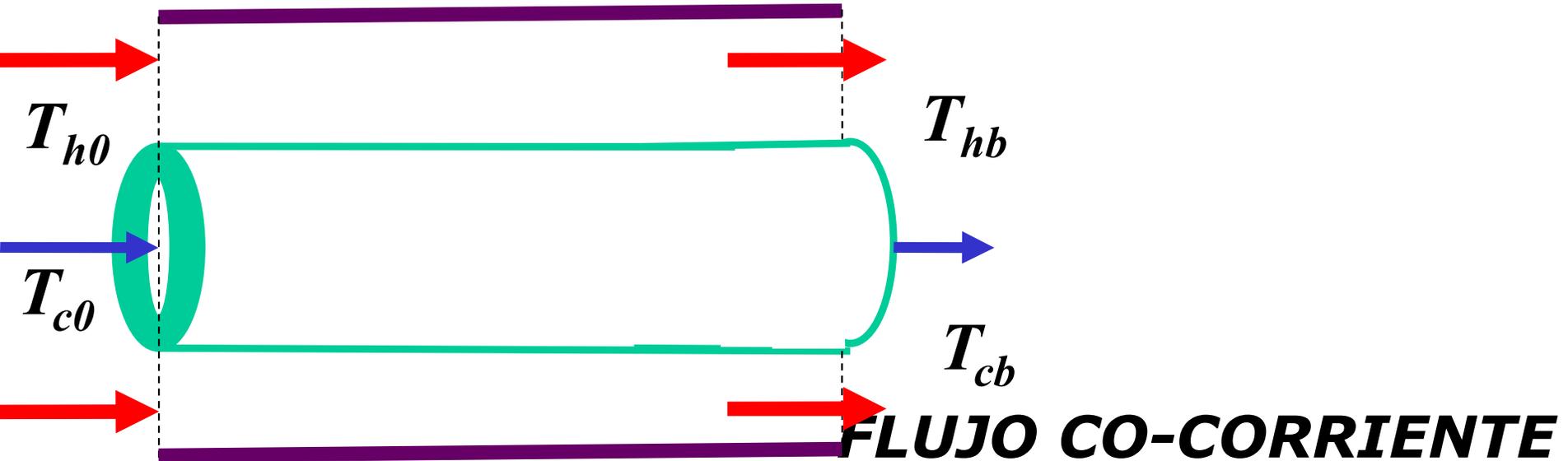
# CONVECCION DEL CALOR



$$\Delta T_1 = T_{hb} - T_{co}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{cb}$$

# CONVECCION DEL CALOR

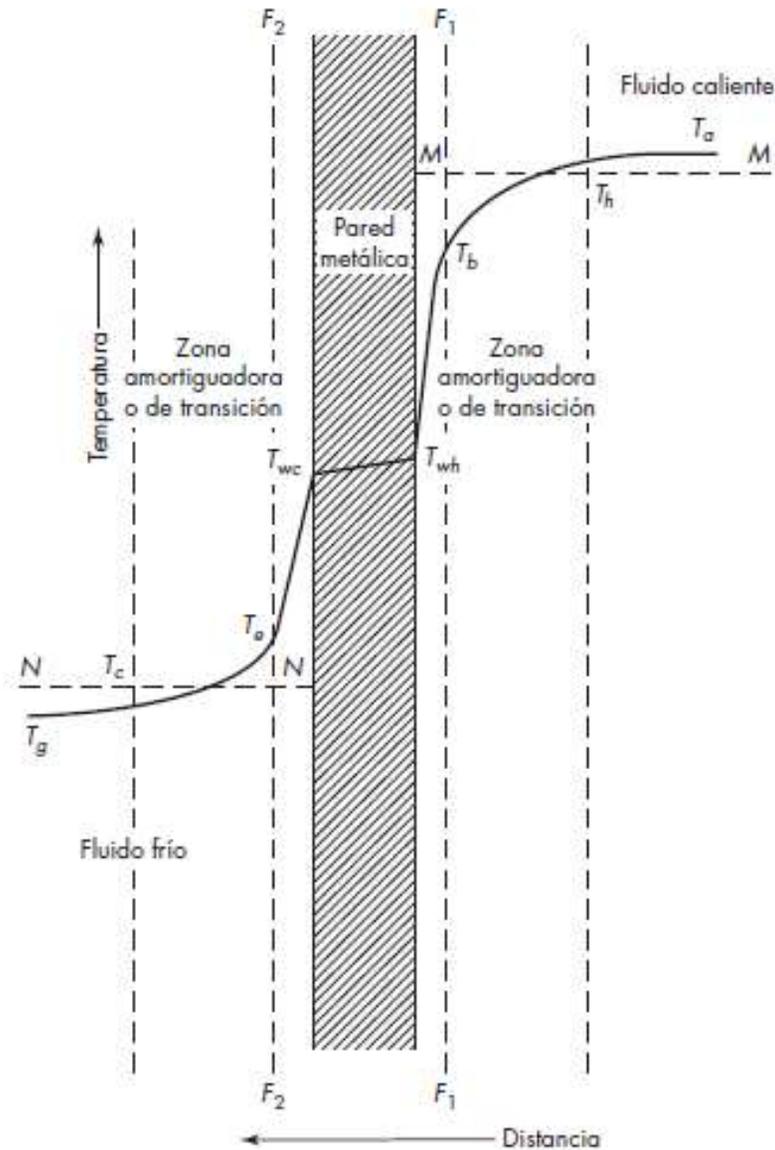


$$\Delta T_2 = T_{hb} - T_{cb}$$

$$\Delta T_1 = T_{ho} - T_{co}$$

# CONVECCION DEL CALOR

## GRADIENTES DE $T^\circ$ CIRCULACION FORZADA



# **CONVECCION DEL CALOR**

**RESISTENCIA DE LA PELICULA DEL FLUIDO FRIO**

**RESISTENCIA DE LA PARED DEL TUBO**

**RESISTENCIA DE LA PELICULA DEL FLUIDO CALIENTE**

$$\Sigma R = \frac{1}{h_i} + \frac{L_m}{k_m} + \frac{1}{h_o}$$

# CONVECCION DEL CALOR

$\Sigma R = \text{RESISTENCIA TOTAL}$

$$\Sigma R = 1 / U$$

$U = \text{COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR}$

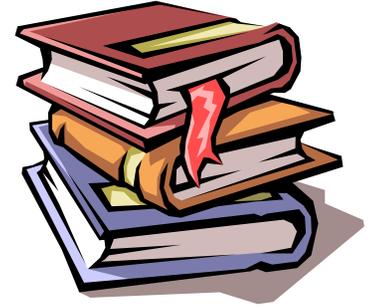
$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i (D_i / D_o)} + \frac{2,3 D_o}{2 k_m} \log \frac{D_o}{D_i} + \frac{1}{h_o}$$

$$Q = U A \Delta T$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i (D_i / D_o)} + \frac{1}{h_o}$$

# BIBLIOGRAFIA

---



- **Apuntes de la cátedra de Operaciones Unitarias.**
- **PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR – Donald Q. Kern.**
- **TRANSMISIÓN DEL CALOR - Cao.**



## **Los Profesores de la Cátedra OPERACIONES UNITARIAS**

**i Agradecemos  
su asistencia !**