

UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Medición de presión

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 19 de Marzo de 2025

Resumen clase anterior

- Definimos de manera rigurosa la **presión**. También definimos la **presión manométrica** y de **vacío**.

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}. \quad P_{\text{manometrica}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}}. \quad P_{\text{vacio}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}}.$$

- Vimos cómo **aumenta la presión** de un fluido con la **profundidad**.

$$P_{\text{abajo}} = P_{\text{arriba}} + \rho g |\Delta z|. \quad P_{\text{manometrica}} = \rho g h.$$

- También vimos el caso cuando la **densidad depende de la profundidad**.

$$\frac{dP}{dz} = -\rho(z)g.$$

Clase 5: Medición de presión

- Manómetro.
- Barómetro.

- Bibliografía recomendada:
 - Cengel (1.10, 1.11).

Clase 5: Medición de presión

- **Manómetro.**
- **Barómetro.**

Manómetro

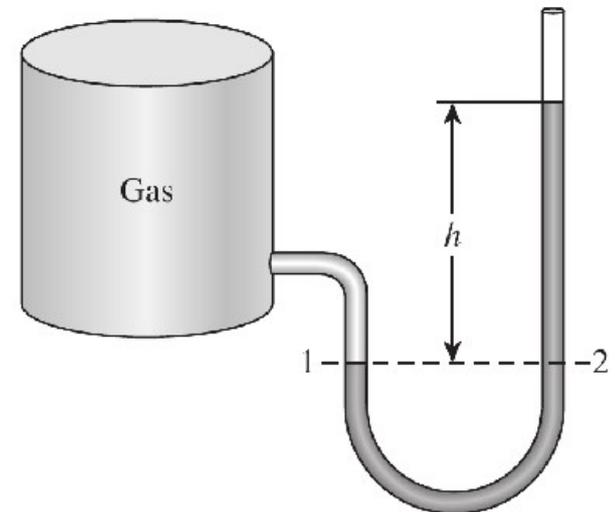
- En un fluido con **densidad constante**, la **diferencia de altura** producida por una **diferencia de presión** es

$$\Delta z = \frac{\Delta P}{\rho g}.$$

- Un instrumento que utiliza este principio para medir presión se llama **manómetro**.

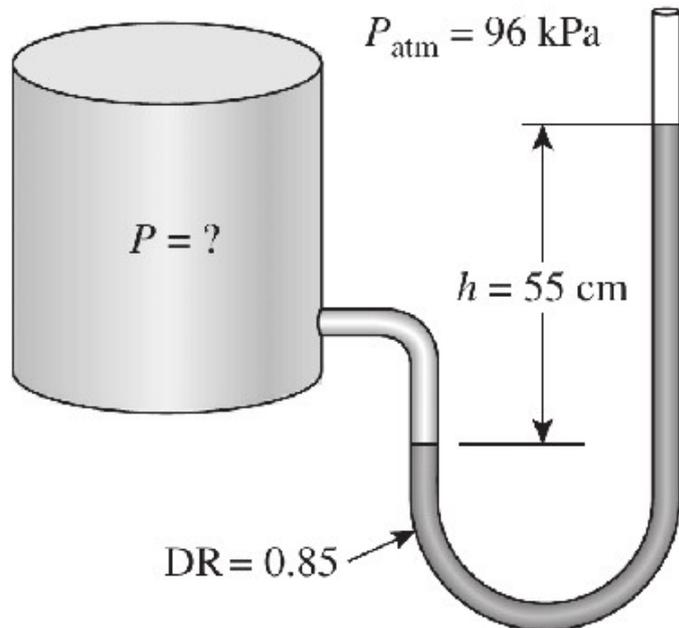
$$P_1 = P_2 \quad \longrightarrow \quad P_1 = P_{\text{atm}} + \rho g h.$$

$$\longrightarrow \quad P_{\text{manometrica},1} = \rho g h.$$



Ejemplo 1: Manómetro

- Un **manómetro** se usa para medir la **presión** en un **recipiente**. El fluido que se emplea tiene una **densidad relativa** de 0.85 y la **altura** de la columna del **manómetro** es de 55 cm. Si la **presión atmosférica local** es de 96 kPa, determine la **presión absoluta** dentro del recipiente.



Ejemplo 1: Manómetro

- Un **manómetro** se usa para medir la **presión** en un **recipiente**. El fluido que se emplea tiene una **densidad relativa** de 0.85 y la **altura** de la columna del **manómetro** es de 55 cm. Si la **presión atmosférica local** es de 96 kPa, determine la **presión absoluta** dentro del recipiente.

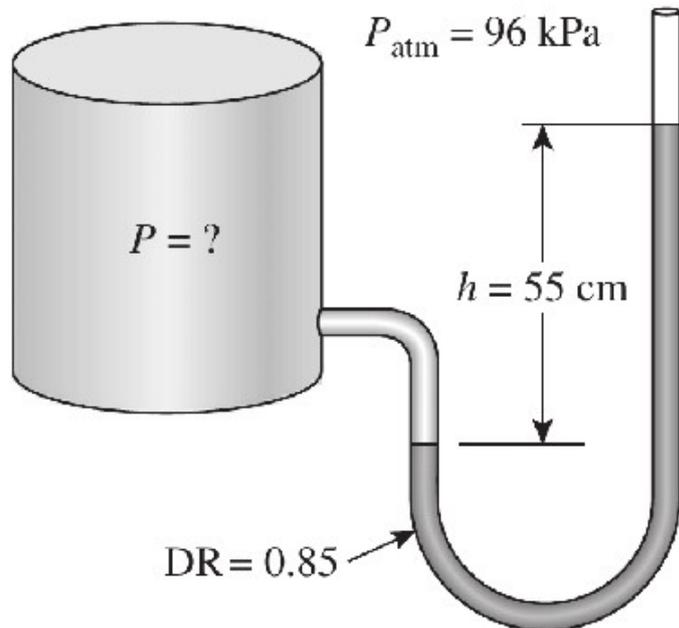
Primero calculamos la densidad del fluido:

$$\text{DR} = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \longrightarrow \quad \rho = 0.85 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ = 850 \text{ kg/m}^3$$

Ahora calculamos la presión:

$$P = P_{\text{atm}} + \rho g h \\ = 96 \times 10^3 \text{ Pa} + 850 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 0.55 \text{ m}$$

$$\longrightarrow \quad \boxed{P = 100.58 \text{ kPa}}$$



Manómetro

- Los manómetros también pueden ser utilizados para medir **caídas de presión en secciones horizontales**.
- En el ejemplo de la figura asumimos que la presión entre los puntos 1 y 2 disminuye (no se cumple la Ley de Pascal).
- Sin embargo, para el **fluido del manómetro** podemos imponer:

$$P_A = P_B,$$

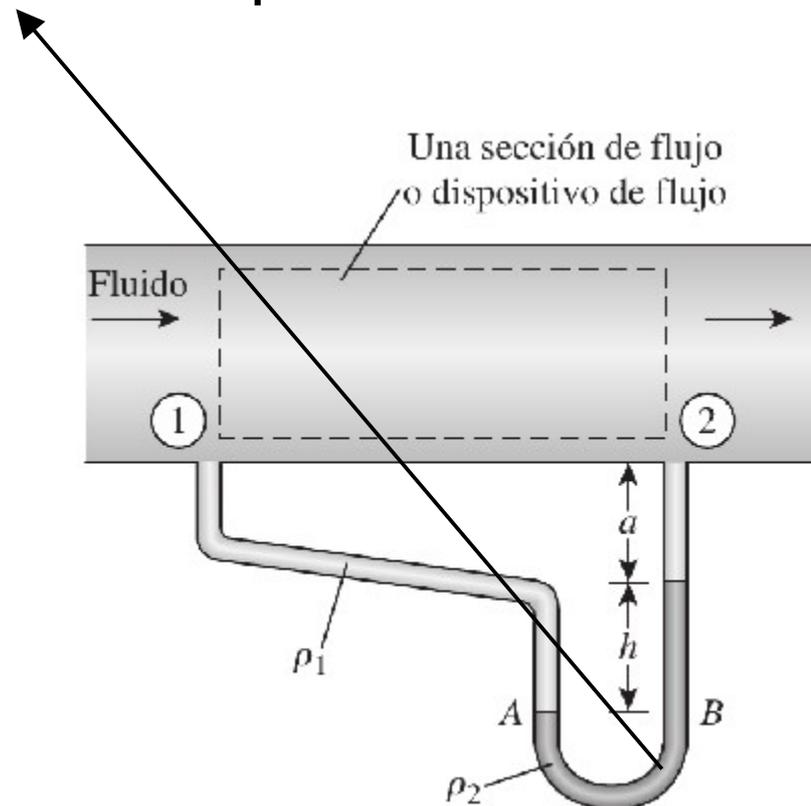
donde

$$P_A = P_1 + \rho_1 g(h + a),$$

$$P_B = P_2 + \rho_1 g a + \rho_2 g h.$$

- Se obtiene:

$$P_1 - P_2 = gh(\rho_2 - \rho_1).$$



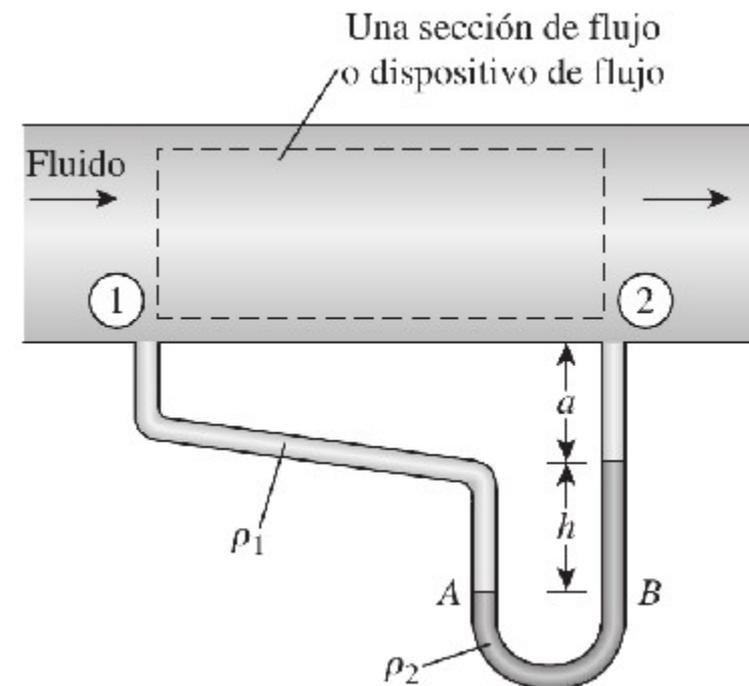
Manómetro

- Notar que la fórmula no depende de la altura a .

$$P_1 - P_2 = gh(\rho_2 - \rho_1).$$

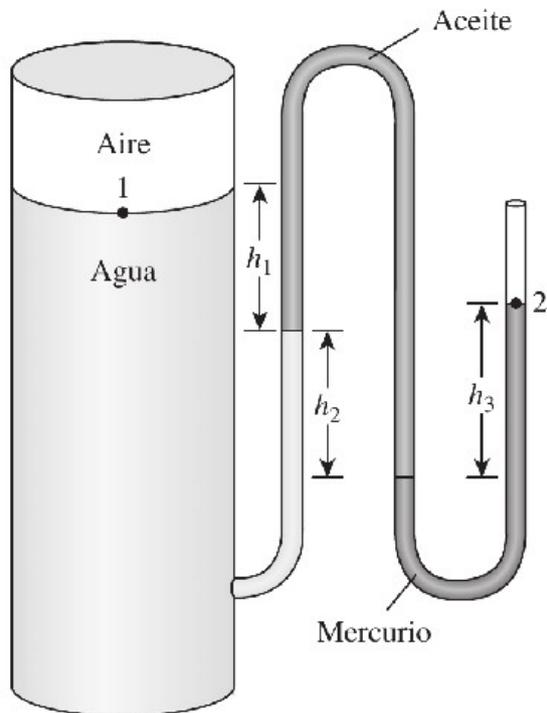
- En el caso en que el fluido que fluye sea un **gas de baja densidad**:

$$\rho_2 \gg \rho_1 \quad \longrightarrow \quad P_1 - P_2 \approx gh\rho_2$$



Ejemplo 2: Manómetro con varios fluidos

- El **agua** en un recipiente se presuriza con **aire** y la presión se mide por medio de un **manómetro de varios fluidos**. El recipiente se localiza en una montaña donde la **presión atmosférica** es 85.6 kPa. Determine la **presión del aire en el recipiente** si $h_1=0.1\text{m}$, $h_2=0.2\text{m}$ y $h_3=0.35\text{m}$, y si las densidades del agua, aceite y mercurio son 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 y 13600 kg/m^3 , respectivamente.



Ejemplo 2: Manómetro con varios fluidos

- El **agua** en un recipiente se presuriza con **aire** y la presión se mide por medio de un **manómetro de varios fluidos**. El recipiente se localiza en una montaña donde la **presión atmosférica** es 85.6 kPa. Determine la **presión del aire en el recipiente** si $h_1=0.1\text{m}$, $h_2=0.2\text{m}$ y $h_3=0.35\text{m}$, y si las densidades del agua, aceite y mercurio son 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 y 13600 kg/m^3 , respectivamente.

Utilizando el mercurio, la presión en el punto A es:

$$P_A = P_{\text{atm}} + gh_3\rho_{\text{merc.}}$$

Utilizando ahora el aceite, la presión en el punto B es:

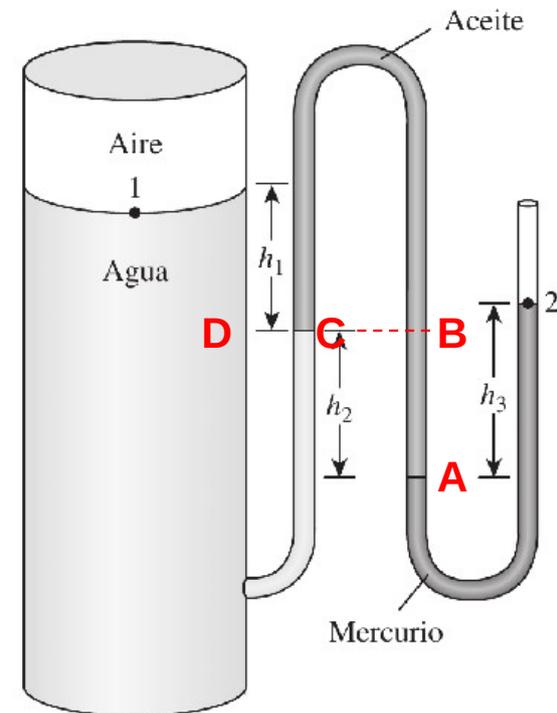
$$P_A = P_B + gh_2\rho_{\text{aceite}} \quad \longrightarrow \quad P_B = P_A - gh_2\rho_{\text{aceite}}$$

Por otra parte, automáticamente tenemos que:

$$P_C = P_B, \quad P_D = P_C \quad \longrightarrow \quad P_D = P_B$$

Finalmente, la presión del aire en el recipiente (punto 1) es:

$$P_D = P_1 + gh_1\rho_{\text{agua}} \quad \longrightarrow \quad P_1 = P_D - gh_1\rho_{\text{agua}}$$



Ejemplo 2: Manómetro con varios fluidos

- El **agua** en un recipiente se presuriza con **aire** y la presión se mide por medio de un **manómetro de varios fluidos**. El recipiente se localiza en una montaña donde la **presión atmosférica** es 85.6 kPa. Determine la **presión del aire en el recipiente** si $h_1=0.1\text{m}$, $h_2=0.2\text{m}$ y $h_3=0.35\text{m}$, y si las densidades del agua, aceite y mercurio son 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 y 13600 kg/m^3 , respectivamente.

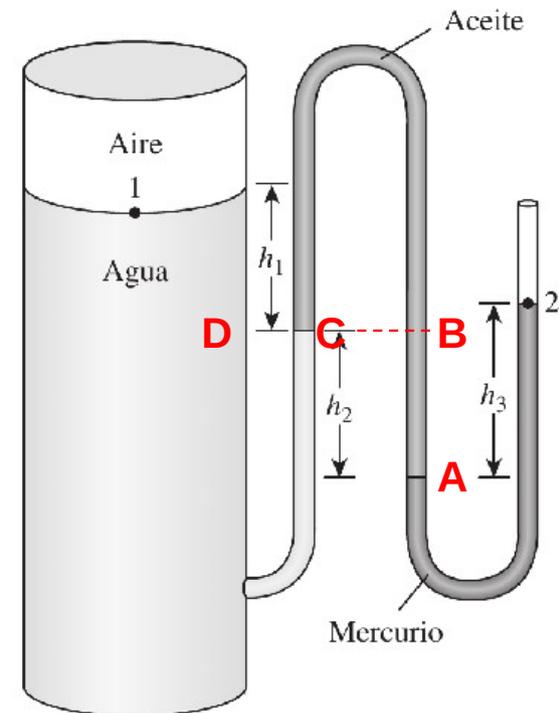
Remplazando, obtenemos que:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_B - gh_1\rho_{\text{agua}} \\
 &= P_A - gh_2\rho_{\text{aceite}} - gh_1\rho_{\text{agua}} \\
 &= P_{\text{atm}} + gh_3\rho_{\text{merc.}} - gh_2\rho_{\text{aceite}} - gh_1\rho_{\text{agua}}
 \end{aligned}$$

Remplazando con los números:

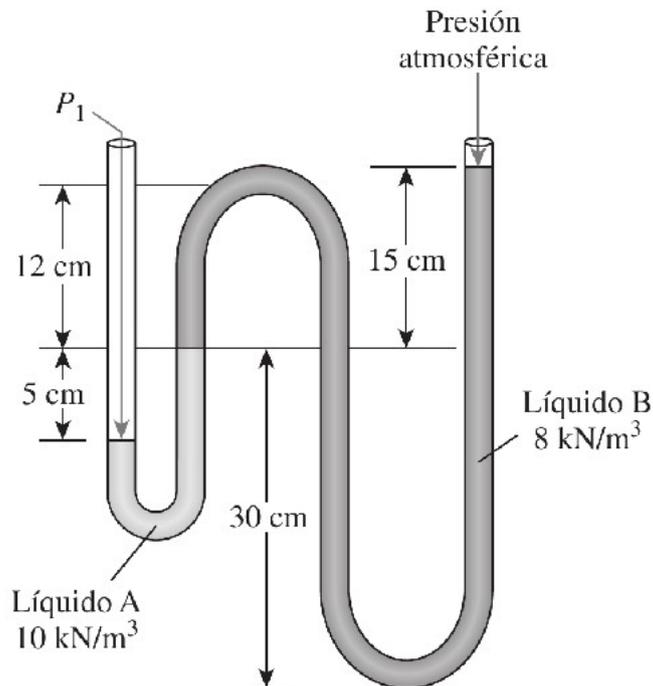
$$\begin{aligned}
 P_1 &= 85.6 \times 10^3 \text{ Pa} + 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \left(0.35 \text{ m } 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right. \\
 &\quad \left. - 0.3 \text{ m } 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 0.1 \text{ m } 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)
 \end{aligned}$$

$$\longrightarrow \boxed{P_1 \approx 129 \text{ kPa}}$$



Ejemplo 3:

- Considere el **manómetro** de la figura, donde la **presión atmosférica local** es de 101.058 kPa. Calcule la **presión absoluta P_1** . Notar que la figura da los **pesos específicos** de los fluidos.



Ejemplo 3:

- Considere el **manómetro** de la figura, donde la **presión atmosférica local** es de 101.058 kPa. Calcule la **presión absoluta** P_1 . Notar que la figura da los **pesos específicos** de los fluidos.

De manera similar al ejemplo anterior, considerando el líquido B:

$$P_2 = P_{\text{atm}} + gh_B\rho_B$$

Luego, considerando el líquido A:

$$P_1 = P_2 + gh_A\rho_A$$

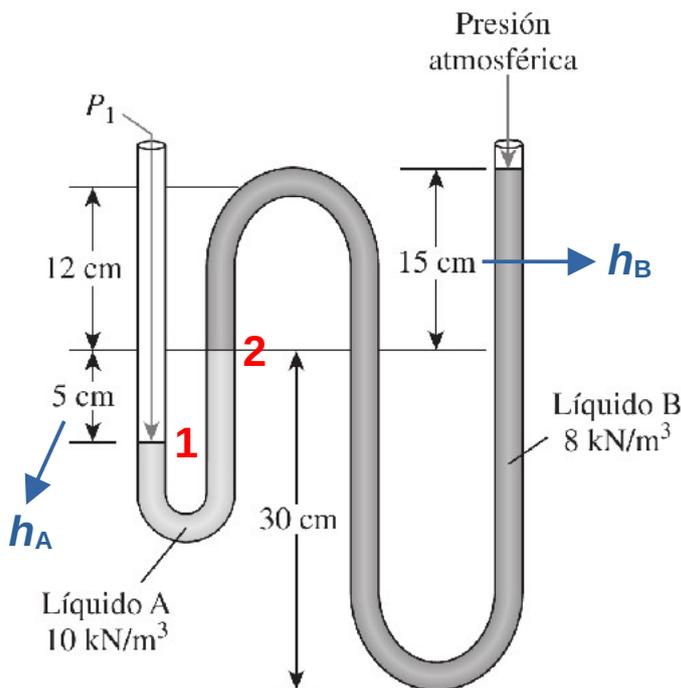
Juntando todo:

$$P_1 = P_{\text{atm}} + gh_B\rho_B + gh_A\rho_A$$

$$= P_{\text{atm}} + h_B\gamma_B + h_A\gamma_A$$

$$= 101058\text{Pa} + 0.15\text{m} \cdot 8 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} + 0.05\text{m} \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$\longrightarrow \boxed{P_1 = 102.758 \text{ kPa}}$$



Clase 5: Medición de presión

- Manómetro.
- **Barómetro.**

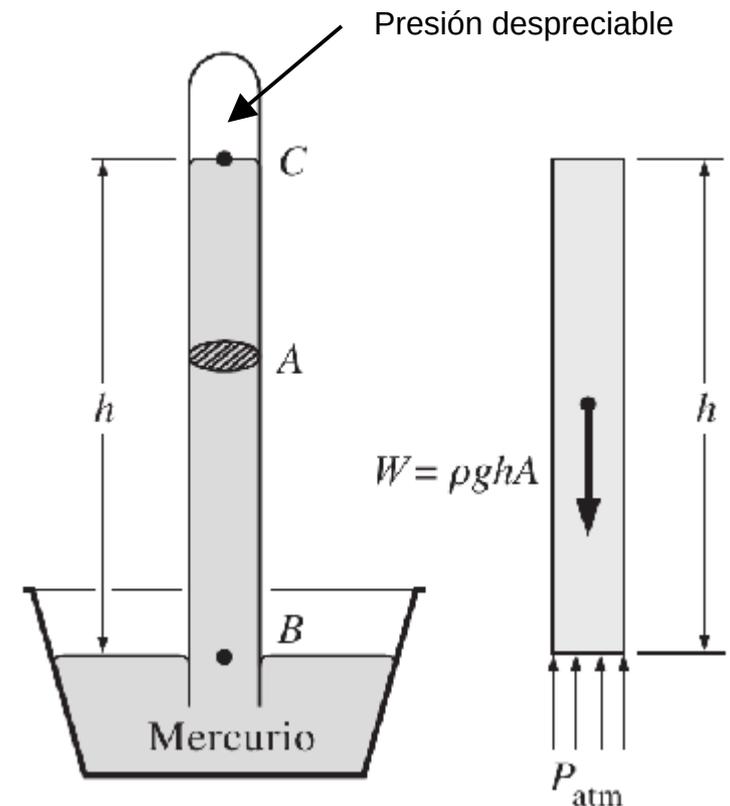
Barómetro y presión atmosférica

- La **presión atmosférica** se puede medir con un **barómetro**.
- El barómetro clásico, diseñado por E. Toricelli (Siglo XVII), consiste en un **tubo invertido** con **mercurio** sobre un **recipiente abierto a la atmósfera**.
- Es fácil ver que la presión en el punto B corresponde a la **presión atmosférica**:

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{merc.}}gh$$

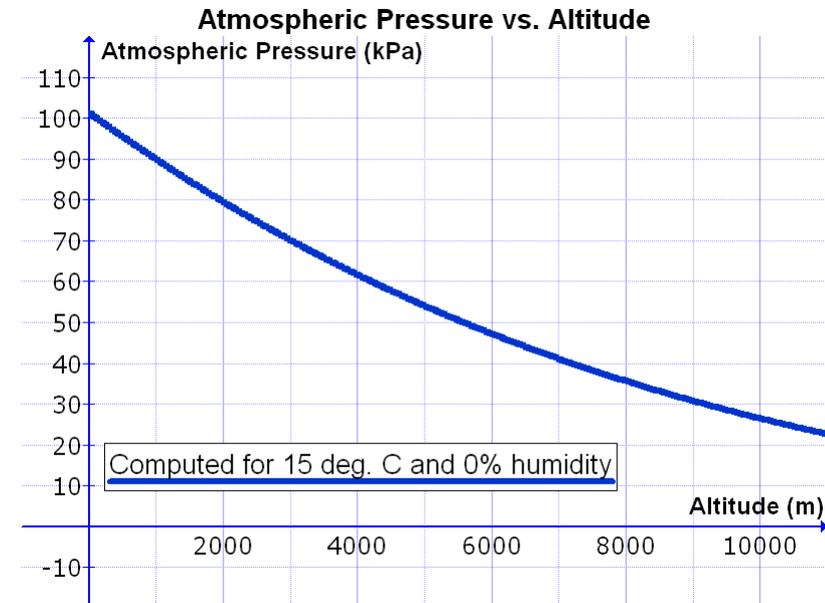
- La **presión atmosférica estándar** a 0° en el **nivel del mar** se obtiene con $h=760\text{mm}$ de Mercurio.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} \quad 1 \text{ torr} = 133.3 \text{ Pa}$$



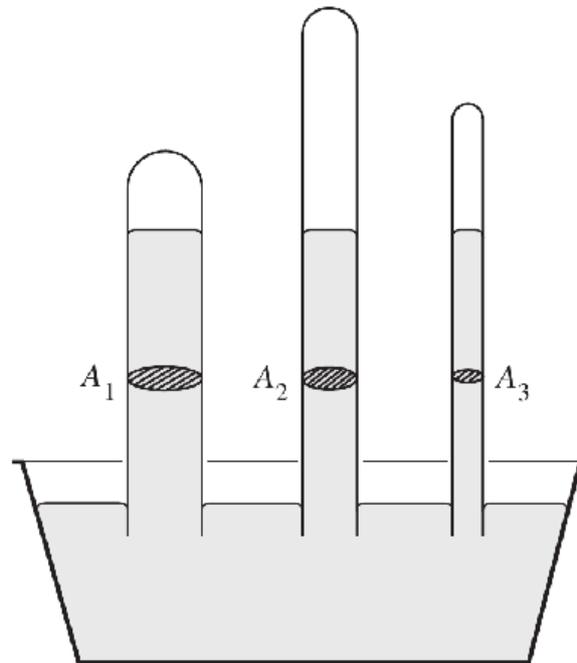
Presión atmosférica

- La **presión atmosférica disminuye al aumentar la altura.**
- Las condiciones meteorológicas también influyen.
- **Menores presiones tienen efectos en la vida cotidiana:**
 - **Agua hierve a menor temperatura.**
 - **Sangre de narices es más común** por la mayor diferencia entre la presión arterial y exterior.
 - **Motores de auto generan menos potencia** por haber menos oxígeno para quemar.



Barómetro

- Es importante notar que en un barómetro se alcanzará la **misma altura** si se colocan **varios tubos**.
- Sin embargo, para que las suposiciones sean válidas, se deben tener **tubos con áreas lo suficientemente grandes** para que **efectos capilares** de tensión superficial **no sean importantes**.



Ejemplo 4: Barómetro

- Determine la **presión atmosférica** en un lugar donde la **lectura barométrica** es 740mmHg y la **aceleración gravitacional** es $g=9.81\text{m/s}^2$. Suponga que la **temperatura del mercurio** es de 10°C , a la cual su **densidad** es 13570kg/m^3 .

Ejemplo 4: Barómetro

- Determine la **presión atmosférica** en un lugar donde la **lectura barométrica** es 740mmHg y la **aceleración gravitacional** es $g=9.81\text{m/s}^2$. Suponga que la **temperatura del mercurio** es de 10°C , a la cual su **densidad** es 13570kg/m^3 .

Tenemos directamente que:

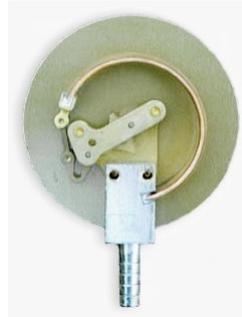
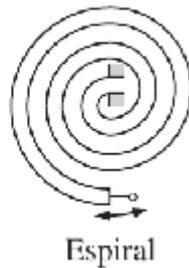
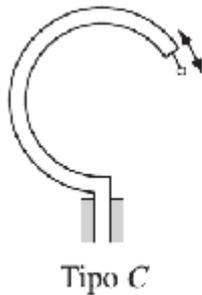
$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{merc.}}gh$$

$$= 13570 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 0.74\text{m}$$

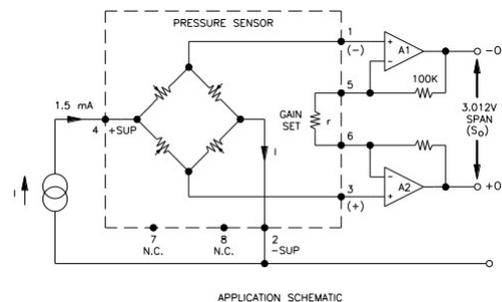
$$\longrightarrow \boxed{P_{\text{atm}} = 98.51 \text{ kPa}}$$

Otros instrumentos para medir presión

- Aneroides o **tubos de Bourdon**. Consiste en utilizar un tubo que se alarga cuando la presión aumenta.



- Instrumentos **eléctricos**. Estos utilizan el cambio de alguna cantidad eléctrica con la presión.



Resumen

- Hemos definido revisado en detalle el funcionamiento de los **manómetros**.
- También vimos el funcionamiento de los **barómetros** para medir la **presión atmosférica**.
- Próxima clase:
 - Energía y transferencia de calor.