UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Presión

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Lunes 17 de Marzo de 2025

Resumen clase anterior

- Estudiamos la **dilatación térmica**, incluyendo su descripción matemática con el **coeficiente de expansión**.
- Revisamos una excepción importante, correspondiendo a la **dilatación anómala del agua**.

Clase 4: Presión

- Definición de presión.
- Variación de presión con la profundidad.
- Ley y máquinas de Pascal.

- Bibliografía recomendada:
  - Cengel (1.9).

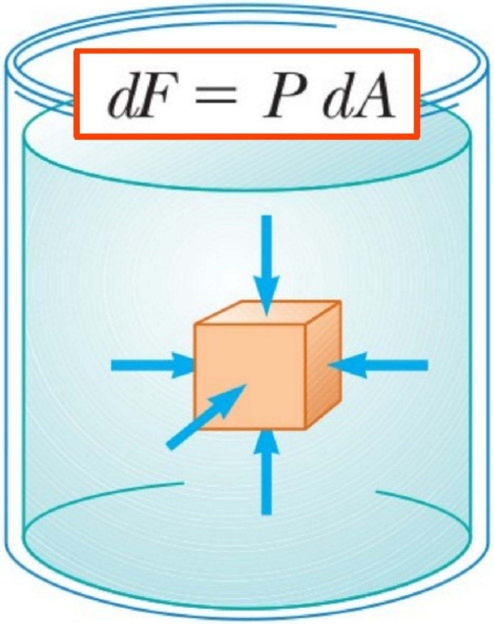
Clase 4: Presión

- **Definición de presión.**
- Variación de presión con la profundidad.
- Ley y máquinas de Pascal.

Presión

- La **presión** se define como la **fuerza perpendicular** aplicada a una superficie por **unidad de área**.

$$P = \frac{F_\perp}{A}.$$



- La presión es un **escalar**.
- En el SI tiene unidades de **Pascales**:

$$[\mathrm{Pa}] = \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\right].$$

- También se utilizan ampliamente las **atmósferas**:

$$[\mathrm{atm}] = 101.325\,[\mathrm{kPa}].$$

Presión

- La **presión** normalmente se utiliza en fluidos (liquidos y gases).
- La presión normalmente **aumenta con la temperatura**.
- En sólidos, a veces uno se refiere a la presión como **esfuerzo normal**.



Las raquetas de nieve permiten disminuir la presión sobre el suelo, ya que se aplica la misma fuerza (peso), pero en una superficie mayor.

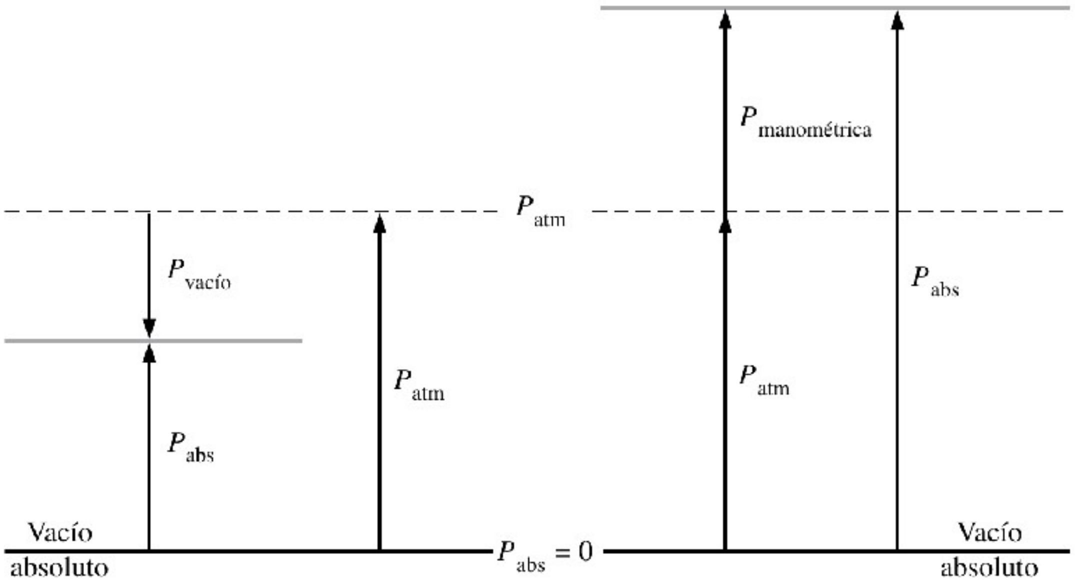
Presión

- En la práctica uno mide **diferencias de presión**.
- La presión “real” es a veces llamada **presión absoluta**, ya que es medida con respecto al **vacío**.
- Muchos instrumentos se calibran tomando como cero la presión atmosférica:
  - **Presión manométrica:**

$$P_{\text{manometrica}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}}.$$

  - **Presión de vacío:**

$$P_{\text{vacio}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}}.$$



Ejemplo 1: Presión en una cámara de vacío

- Un **medidor de vacío** conectado a una cámara marca **5.8 psi** en un lugar donde la **presión atmosférica** es de **14.5 psi**. Determine la **presión absoluta** en la cámara.
  (1 atm = 14.696 psi)

Ejemplo 1: Presión en una cámara de vacío

- Un **medidor de vacío** conectado a una cámara marca **5.8 psi** en un lugar donde la **presión atmosférica** es de **14.5 psi**. Determine la **presión absoluta** en la cámara.
(1 atm = 14.696 psi)

Utilizamos la fórmula para la presión de vacío:

$$P_{\text{vacio}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}}$$

$$\longrightarrow \quad P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vacio}}$$

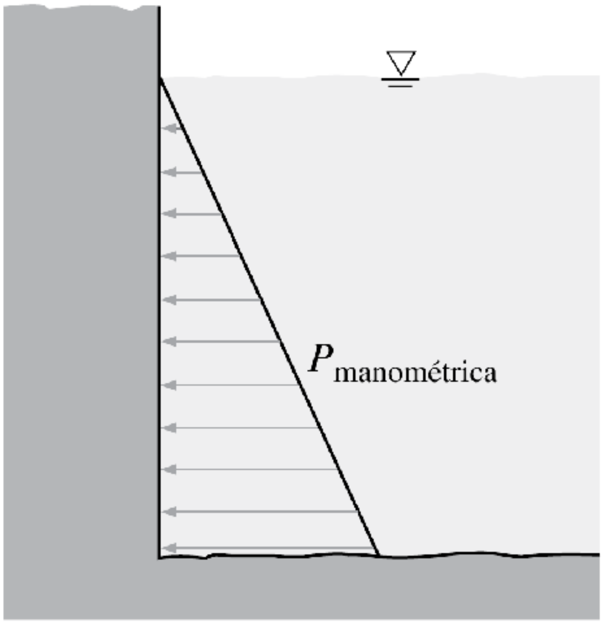
$$= 14.5 \text{ psi} - 5.8 \text{ psi} \quad \longrightarrow \quad \boxed{P_{\text{abs}} = 8.7 \text{ psi}}$$

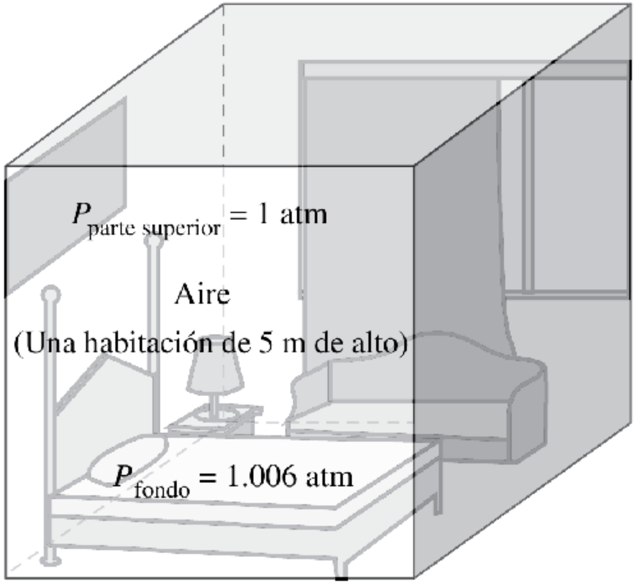
Clase 4: Presión

- Definición de presión.
- **Variación de presión con la profundidad.**
- Ley y máquinas de Pascal.

Variación de la presión con la profundidad

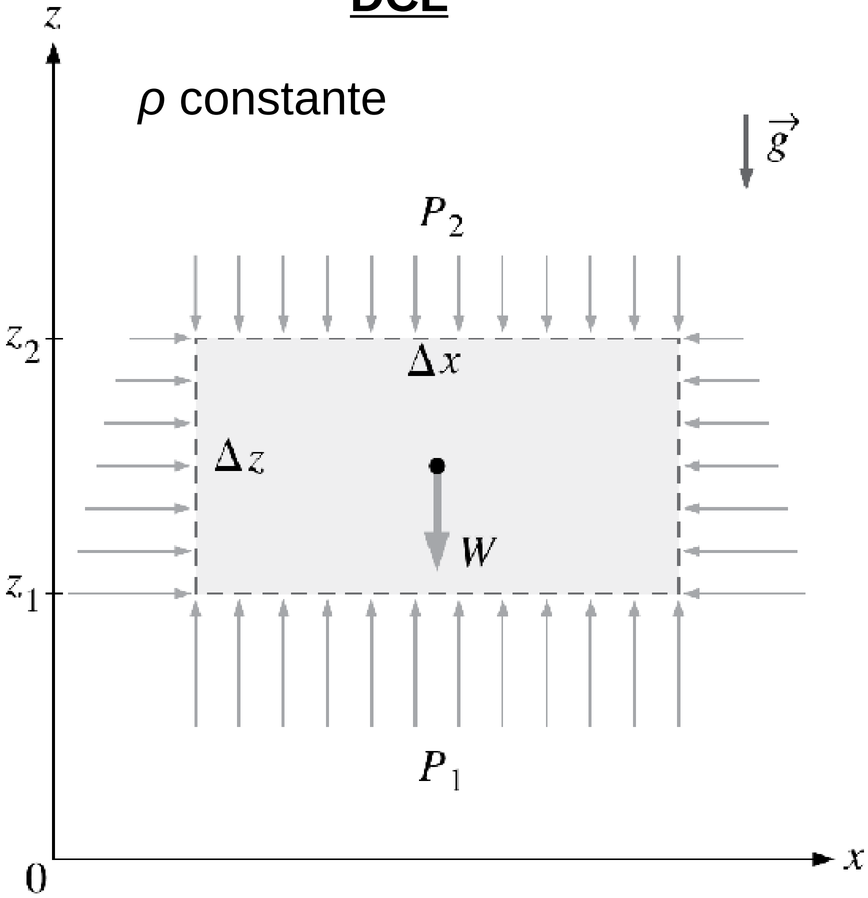
- En un fluido en reposo la **presión horizontal** es **constante**.
- Sin embargo, la **presión aumenta verticalmente** debido al peso.





Variación de la presión con la profundidad

DCL



- **Balance de fuerzas** para un **bloque** de fluido:

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{P_1} - F_{P_2} - mg = 0$$

Utilizamos que:

$$P_i = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_i}{\Delta x \Delta y} \qquad i = 1, 2$$

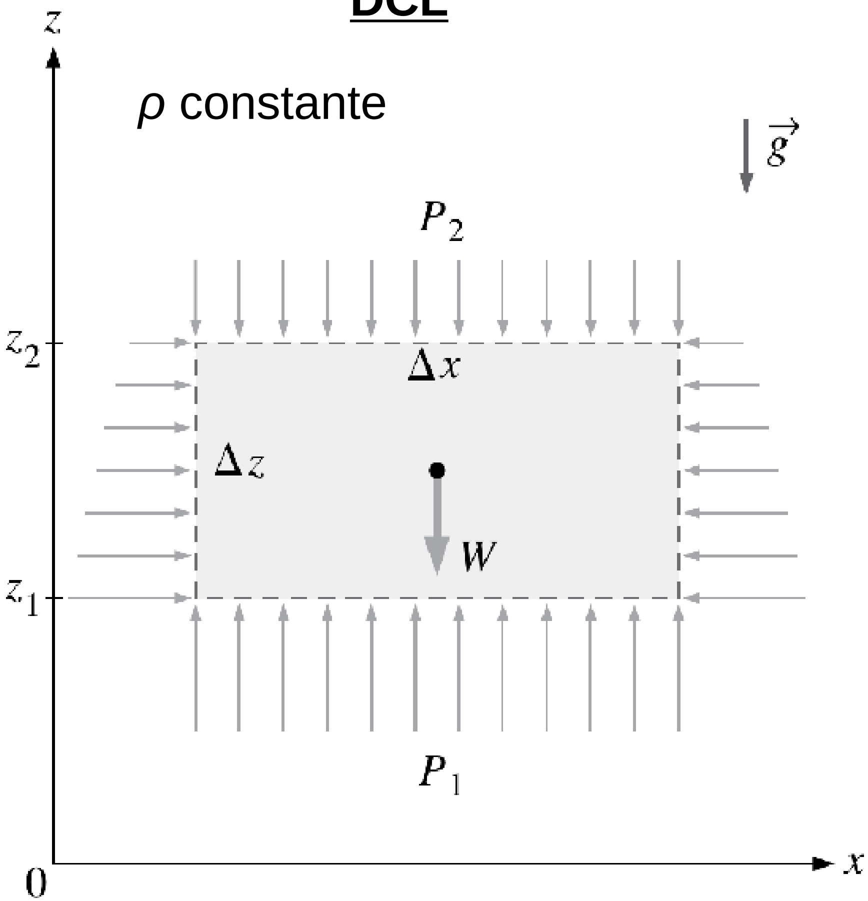
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\Delta x \Delta y \Delta z}$$

$$\longrightarrow \qquad P_1 \Delta x \Delta y - P_2 \Delta x \Delta y - \rho \Delta x \Delta y \Delta z g = 0$$

$$\Delta z = z_2 - z_1$$

Variación de la presión con la profundidad

DCL



- Al reordenar y eliminar términos:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = -\rho g \Delta z = -\gamma_s \Delta z$$

Peso específico: $\gamma_s = \rho g$

- Para recordar esta formula es más sencillo escribir:

$$\boxed{P_{\text{abajo}} = P_{\text{arriba}} + \rho g |\Delta z|}$$

- La cantidad Δz se conoce como **carga de presión**, y puede ser utilizado para medir P.

$$\Delta z = z_2 - z_1$$

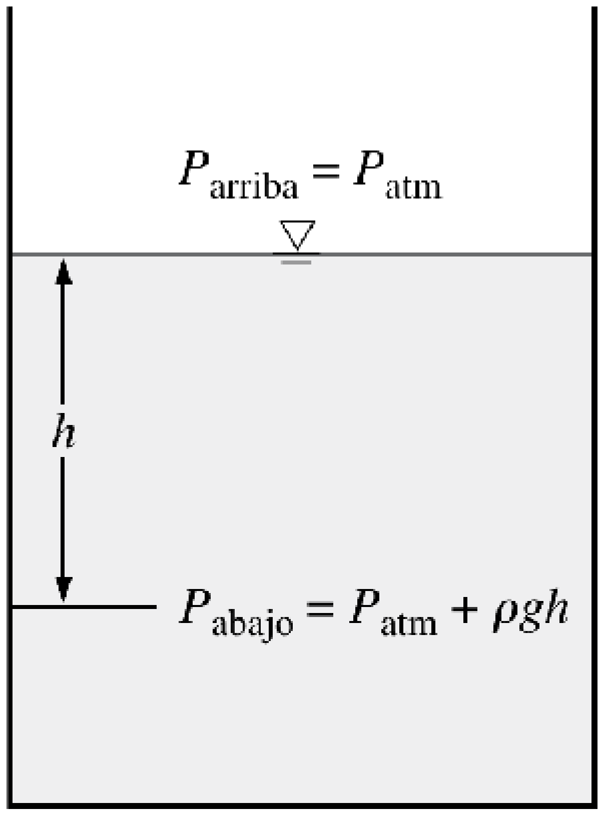
Variación de la presión con la profundidad

- Si consideramos un líquido que está **abierto a la atmósfera**, entonces:

$$P = P_{\rm atm} + \rho g h.$$

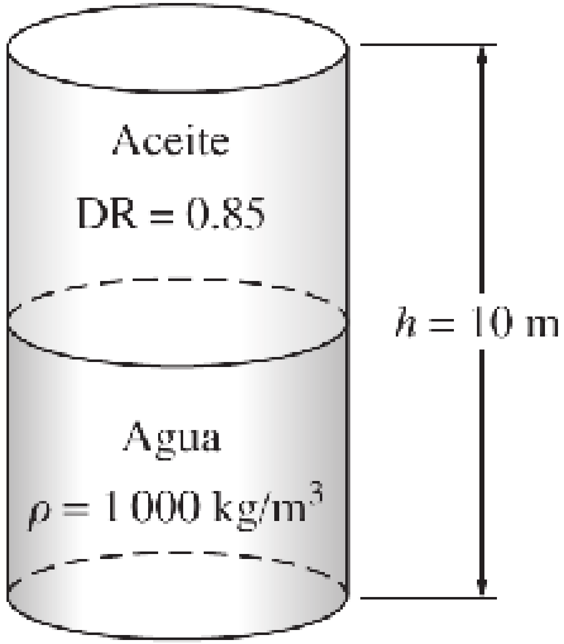
- De manera equivalente:

$$P_{\rm manometrica} = \rho g h.$$



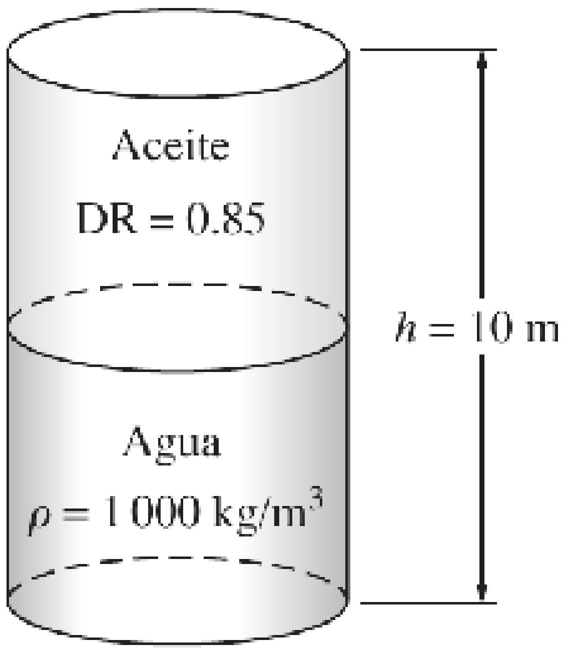
Ejemplo

- La **mitad inferior** de un contenedor cilíndrico de 10m de **altura** está **llena de agua** ($\rho_{agua}=1000$ kg/m3), y la **mitad superior** está **llena de aceite**, que tiene una **densidad relativa** de 0.85. Determine la **diferencia de presión** entre la **parte superior** y la **inferior del cilindro**.



Ejemplo

- La **mitad inferior** de un contenedor cilíndrico de 10m de **altura** está **llena de agua** (ρ_{agua}=1000 kg/m3), y la **mitad superior** está **llena de aceite**, que tiene una **densidad relativa** de 0.85. Determine la **diferencia de presión** entre la **parte superior** y la **inferior del cilindro**.



Recordemos que la densidad relativa se define como:

$$\mathrm{DR} = \frac{\rho}{\rho_{\mathrm{H_2O}}}.$$

Entonces, la densidad del aceite:

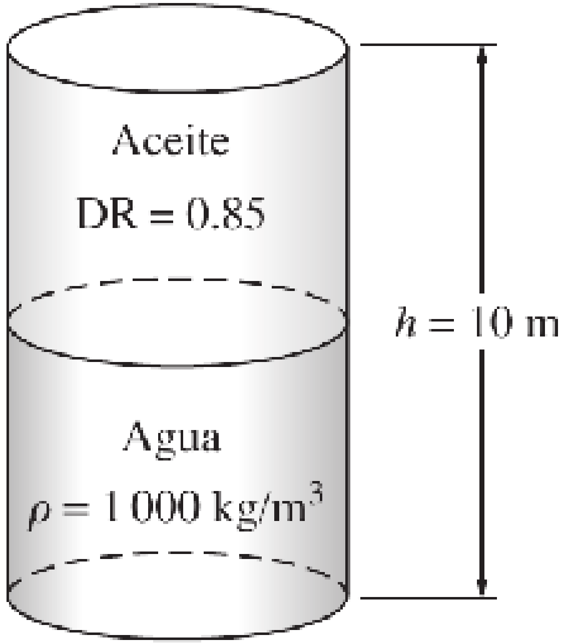
$$\rho_{\mathrm{aceite}} = 0.85 \times 1000\ \mathrm{kg/m^3} = 850\ \mathrm{kg/m^3}$$

La diferencia de presión:

$$\Delta P = \Delta P_{\mathrm{agua}} + \Delta P_{\mathrm{aceite}} = (\rho g h)_{\mathrm{agua}} + (\rho g h)_{\mathrm{aceite}}$$

Ejemplo

- La **mitad inferior** de un contenedor cilíndrico de 10m de **altura** está **llena de agua** ($\rho_{agua} = 1000$ kg/m3), y la **mitad superior** está **llena de aceite**, que tiene una **densidad relativa** de 0.85. Determine la **diferencia de presión** entre la **parte superior** y la **inferior del cilindro**.



La diferencia de presión:

$$\Delta P = \Delta P_{\mathrm{agua}} + \Delta P_{\mathrm{aceite}} = (\rho g h)_{\mathrm{agua}} + (\rho g h)_{\mathrm{aceite}}$$

$$\longrightarrow \quad \Delta P = g(h/2)(\rho_{\mathrm{agua}} + \rho_{\mathrm{aceite}})$$

$$= 9.8 \ \mathrm{m/s}^2 \ 5 \ \mathrm{m}(1000 + 850) \ \mathrm{kg/m}^3$$

$$\longrightarrow \boxed{\Delta P = 90.65 \ \mathrm{kPa}}$$

Variación de la presión con la profundidad

- Hasta ahora hemos considerado densidades constantes.
- Sin embargo, para describir fluidos donde la **densidad depende de la altura** debemos tomar el límite infinitesimal:

$$\Delta P = -\rho g \Delta z \qquad \longrightarrow \qquad \boxed{\frac{dP}{dz} = -\rho(z) g}$$

- Luego, podemos determinar la **variación de presión** a partir de:

$$\boxed{\Delta P = -\int_1^2 \rho(z) g dz}$$

Ejemplo:

- La **variación de la presión** con la **densidad**, en una capa gruesa de gas es $P = C\rho^n$, donde C y n son constantes. Deduzca una ecuación para determinar la **presión en función de la elevación** z. Suponga que la presión y la densidad son P_0 y ρ_0, respectivamente, cuando $z = 0$. C es **desconocido**.

Ejemplo:

- La **variación de la presión** con la **densidad**, en una capa gruesa de gas es $P = C\rho^n$, donde C y n son constantes. Deduzca una ecuación para determinar la **presión en función de la elevación** z. Suponga que la presión y la densidad son P_0 y ρ_0, respectivamente, cuando $z = 0$. C es **desconocido**.

Tenemos que:

$$dP = -\rho g dz$$

Del enunciado:

$$P = C\rho^n \quad \longrightarrow \quad C = \frac{P}{\rho^n} = \frac{P_0}{\rho_0^n}$$

Podemos despejar una expresión para ρ :

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/n}$$

Remplazando en la primera ecuación:

$$dP = -\rho_0 (P/P_0)^{1/n} g dz$$

$$\longrightarrow \quad dP (P_0/P)^{1/n} = -\rho_0 g dz$$

Integramos:

$$\int_{P_0}^{P} dP (P_0/P)^{1/n} = -\rho_0 g \int_0^z dz$$

Ejemplo:

- La **variación de la presión** con la **densidad**, en una capa gruesa de gas, es $P = C\rho^n$, donde C y n son constantes. Deduzca una ecuación para determinar la **presión en función de la elevación** *z*. Suponga que la presión y la densidad son P_0 y ρ_0, respectivamente, cuando $z = 0$. C es **desconocido**.

Integramos:

$$\int_{P_0}^{P} dP (P_0/P)^{1/n} = -\rho_0 g \int_0^z dz$$

$$P_0^{1/n} \int_{P_0}^{P} dP P^{-1/n} = -\rho_0 g z$$

$$P_0^{1/n} \frac{1}{1-1/n} P^{1-1/n} \Big|_{P_0}^{P} = -\rho_0 g z$$

$$P_0^{1/n} \frac{n}{n-1} (P^{1-1/n} - P_0^{1-1/n}) = -\rho_0 g z$$

Ejemplo:

- La **variación de la presión** con la **densidad**, en una capa gruesa de gas, es $P = C\rho^n$, donde C y n son constantes. Deduzca una ecuación para determinar la **presión en función de la elevación** *z*. Suponga que la presión y la densidad son P_0 y ρ_0, respectivamente, cuando $z = 0$.

Intentamos despejar P:

$$P_0^{1/n}\frac{n}{n-1}(P^{1-1/n} - P_0^{1-1/n}) = -\rho_0 g z$$

$$P^{1-1/n} = P_0^{1-1/n} - \frac{n-1}{n}\frac{\rho_0 g z}{P_0^{1/n}}$$

$$P^{1-1/n} = P_0^{1-1/n}\left(1 - \frac{n-1}{n}\frac{\rho_0 g z}{P_0}\right)$$

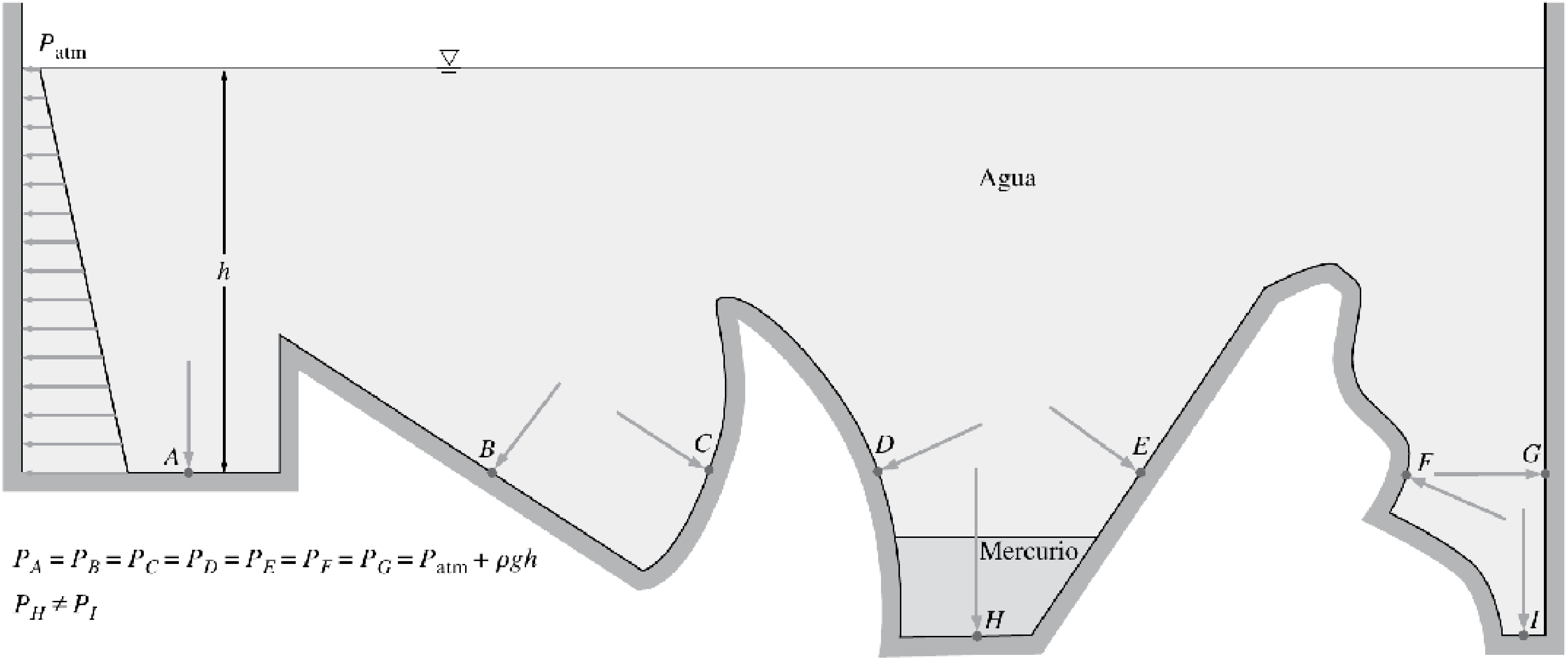
$$\longrightarrow \quad \boxed{P = P_0\left(1 - \frac{n-1}{n}\frac{\rho_0 g z}{P_0}\right)^{\frac{n}{n-1}}}$$

Clase 4: Presión

- Definición de presión.
- Variación de presión con la profundidad.
- **Ley y máquinas de Pascal.**

Ley de Pascal

- La **presión horizontal** permanece **constante** en todo un mismo fluido en reposo, **independiente de la forma**.
- Sólo la presión vertical cambia.



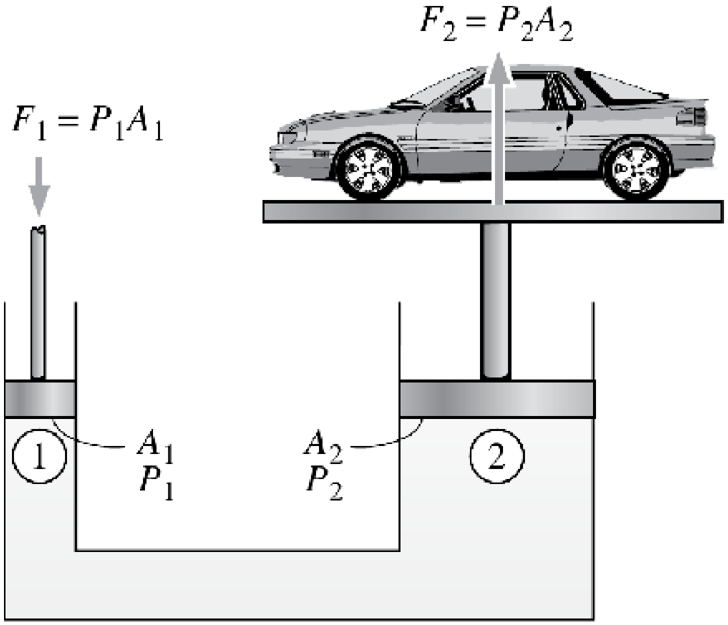
$$P_A = P_B = P_C = P_D = P_E = P_F = P_G = P_{atm} + \rho g h$$

$$P_H \neq P_I$$

Ley de Pascal

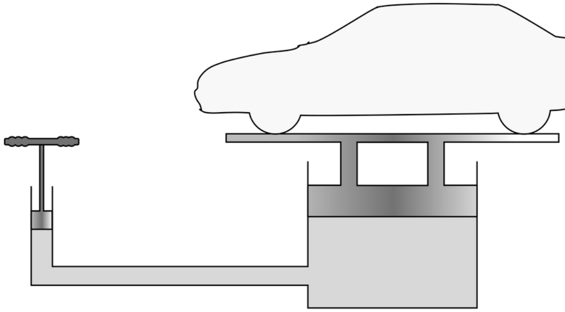
- Lo anterior es esencialmente un ejemplo de la **Ley de Pascal**.
- Esta ley nos dice que *la* ***presión*** *ejercida sobre un* ***fluido incompresible*** *dentro de un* ***recipiente rígido****, se* ***transmite*** *a* ***todos los puntos*** *del mismo con el* ***mismo valor***.
- Debido a esta ley, si conectamos **dos cilindros hidráulicos** de **áreas diferentes** se cumple que:

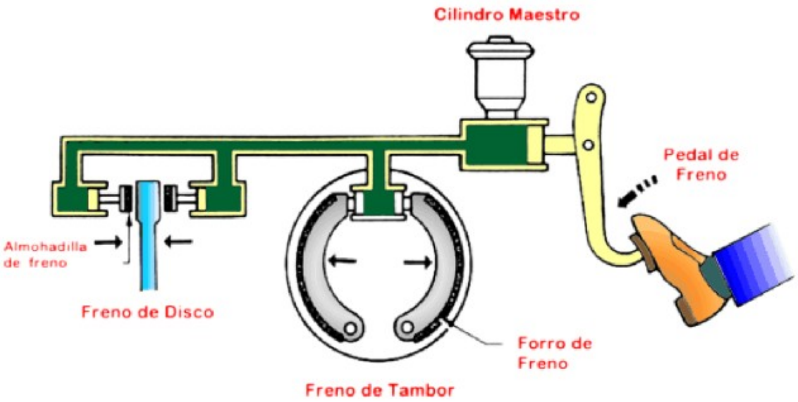
$$\boxed{P1 = P2 \qquad \longrightarrow \qquad \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}}$$



Máquinas de Pascal

- La fórmula anterior permite construir un máquina donde el cilindro de área mayor ejerce una fuerza proporcionalmente mayor al de menor área.
- Esto se conoce como una **máquina de Pascal**.





- La relación A_2/A_1 se conoce como **ventaja mecánica ideal**.
- Gatos y frenos hidráulicos son ejemplos de máquinas de Pascal.

Resumen

- Hemos definido la **presión**.
- Vimos **cómo cambia la presión** con la **profundidad** debido al efecto del **peso**.
- Revisamos la **Ley de Pascal**.
- Próxima clase:
  - Medidores de presión.