

ESTÁTICA DE FLUIDOS

INTRODUCCIÓN

Cualquier magnitud que caracteriza a un sistema se llama **propiedad** si cumple la condición siguiente: sus variaciones en cualquier proceso dependen sólo del estado inicial y final del sistema, no del camino seguido durante el mismo.

Ejemplos: presión P , temperatura T , volumen V , masa m .

Propiedades **extensivas**: son aquellas cuyo valor depende del tamaño del sistema.

Ejemplos: volumen V , masa m , energía E .

Propiedades **intensivas**: las que son independientes de la masa del sistema.

Ejemplos: presión P , temperatura T , densidad ρ .

Propiedades **específicas**: son propiedades **intensivas** que se obtienen dividiendo una propiedad extensiva por la unidad de masa.

Ejemplos

Volumen específico $v = \frac{V}{m}$

Densidad $\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V}$

Energía específica $e = \frac{E}{m}$

Peso específico: peso por unidad de volumen.

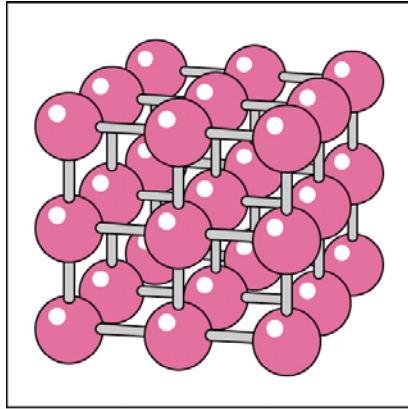
$$w = \frac{W}{V} = \frac{m g}{V} = \rho g$$

Densidad relativa: el cociente entre la densidad de una sustancia y la de otra sustancia tomada como patrón.

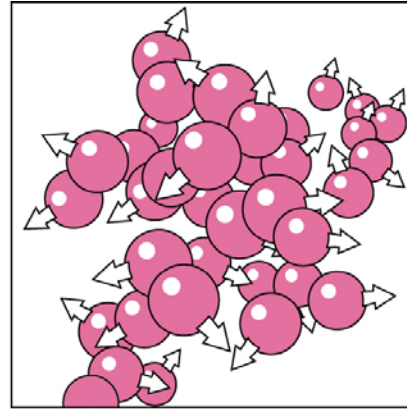
QUÉ ES UN FLUIDO



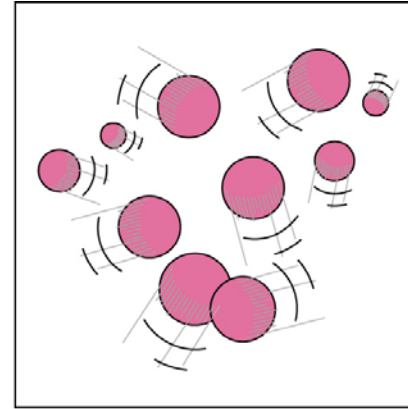
Fluidos



Sólido



Líquido



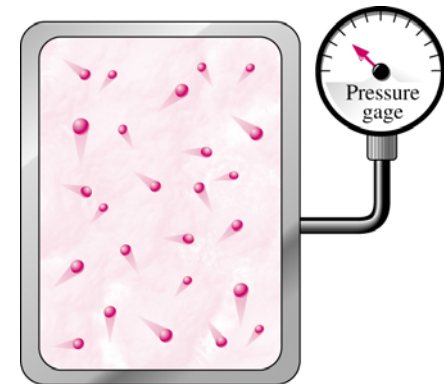
Gas

A escala microscópica, la presión está determinada por la interacción de las moléculas individuales del gas.

Los enlaces intermoleculares más fuertes se presentan en sólidos y los más débiles en gases. En los líquidos tienen una fortaleza intermedia.

Los sólidos están densamente empaquetados (las distancias intermoleculares son pequeñas). En los líquidos las distancias medias son mayores, y en los gases mucho mayores.

Líquidos y gases son fluidos: no tienen forma fija, se adaptan a la forma de la vasija que los contiene. Diferencia entre ellos: los gases son compresibles (su volumen depende de la presión). Los líquidos son virtualmente incompresibles.



EL CONCEPTO DE PRESIÓN

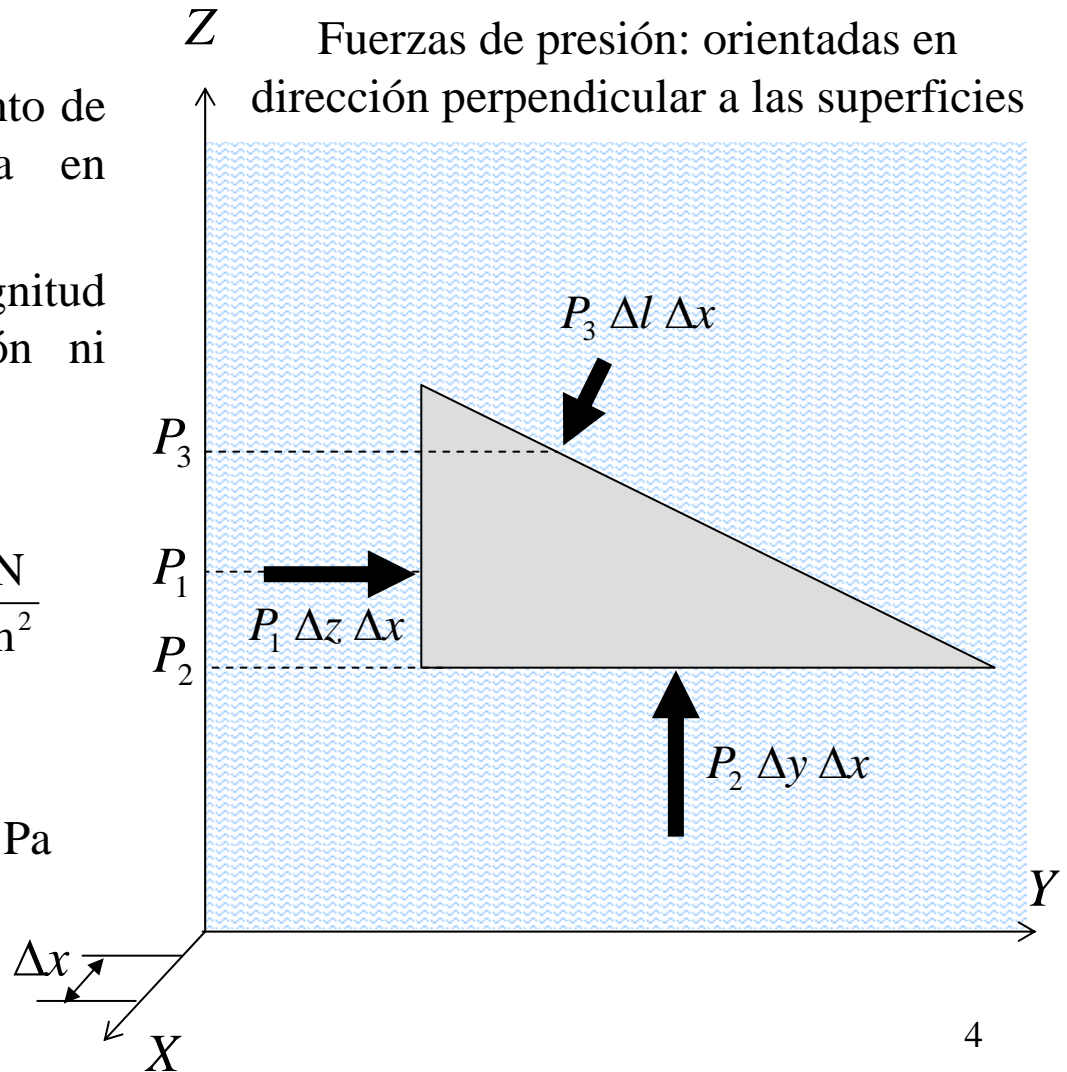
- Presión = Fuerza / Área.
- La presión en cualquier punto de un fluido es la misma en cualquier dirección.
- La presión es una magnitud escalar: no tiene dirección ni sentido, sólo módulo.

Sistema internacional: $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$

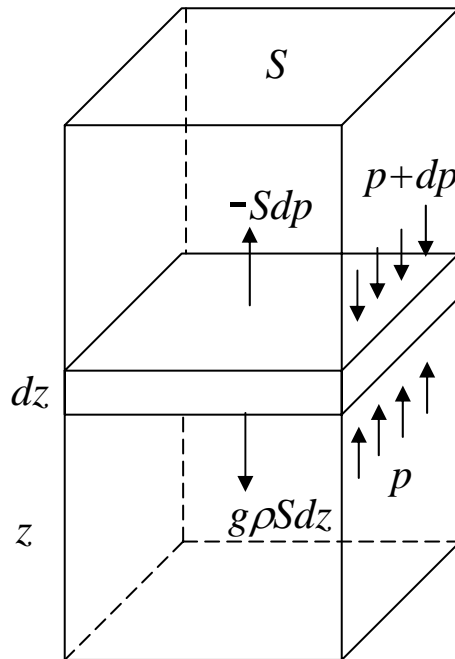
Otras unidades:

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ Pa}$

$1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hg}$



ECUACIÓN HIDROSTÁTICA



Masa de fluido contenida en dz : $\rho S \cdot dz$

Peso de fluido contenido en dz : $g\rho S \cdot dz$

Fuerzas de presión:

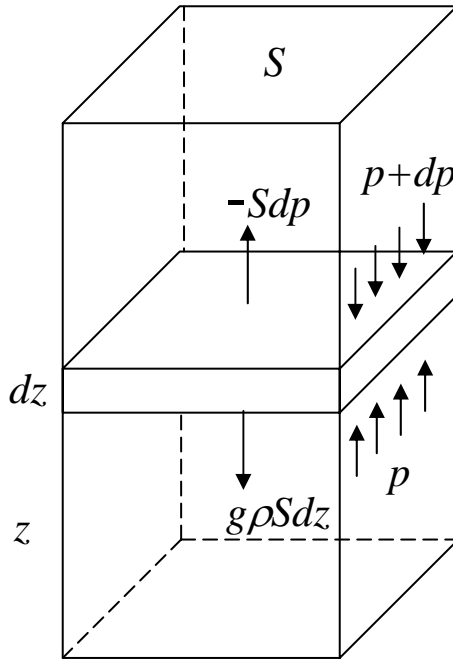
Ascendente: pS

Descendente: $S \cdot (p + dp)$

Fuerza de presión neta: $S \cdot p - S \cdot (p + dp) = -S \cdot dp$

La fuerza de presión neta está dirigida hacia arriba, ya que dp es una cantidad negativa

ECUACIÓN HIDROSTÁTICA (continuación)



Suponemos que cada película de fluido está muy cerca del equilibrio



El peso equilibra las fuerzas de presión



$$-S \cdot dp = g\rho S \cdot dz \longrightarrow \frac{dp}{dz} = -\rho g$$

En función de volumen específico:

$$\rho = \frac{1}{v} \longrightarrow g \cdot dz = -v \cdot dp$$

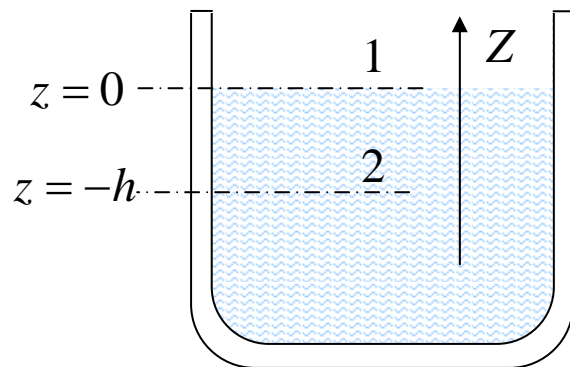
Fluido incompresible: densidad constante $\frac{dp}{dz} = -\rho g$ $p_2 - p_1 = -\rho g (z_2 - z_1)$

PRESIÓN vs PROFUNDIDAD

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad p_2 - p_1 = -\rho g (z_2 - z_1)$$

$$z_1 = 0 \quad z_2 = -h \quad p_2 - p_1 = -\rho g (-h)$$

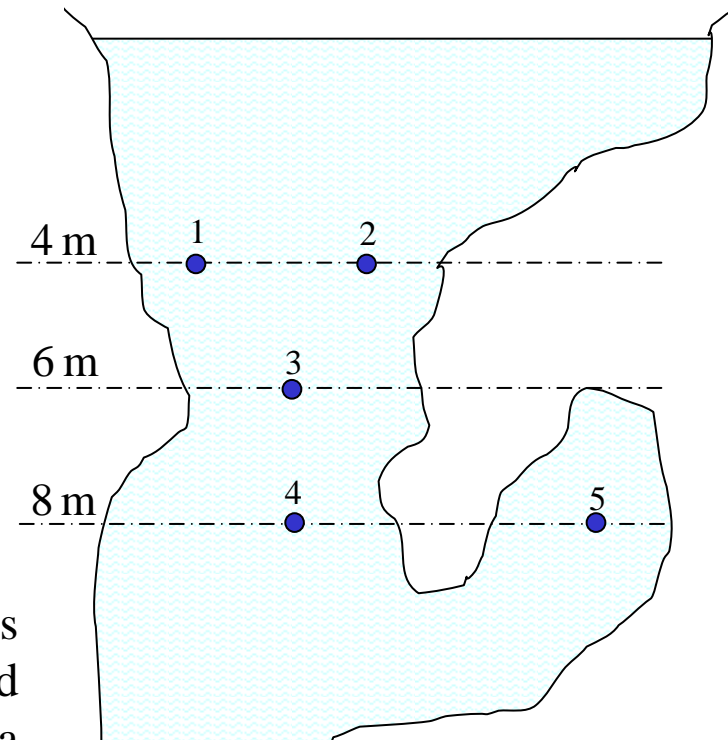
$$z_2 - z_1 = -h \quad p_2 = p_1 + \rho g h$$



Resumen: En un fluido **en equilibrio** todos los puntos situados a una misma profundidad respecto a la superficie libre están a la misma presión. Si no fuese así, el fluido no estaría en equilibrio y habría movimientos netos de fluido hasta alcanzar dicho equilibrio.

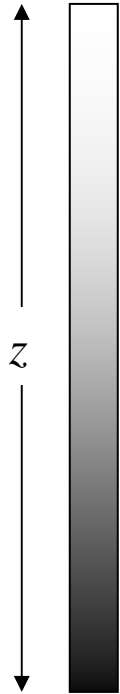
EJEMPLO

Un espeleólogo entra en una gruta donde hay un afloramiento de agua. Ordenar de mayor a menor las presiones a las que está sometido cuando se sumerge y pasa sucesivamente por los puntos 1 a 5 indicados en la figura.



$$p_5 = p_4 > p_3 > p_2 = p_1$$

FLUIDOS COMPRESIBLES



$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

El aire es un fluido compresible

Densidad proporcional a la presión

$$\rho = BP$$

$$\frac{dP}{dz} = -BPg \longrightarrow \frac{dP}{P} = -Bg \cdot dz \longrightarrow \int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \int_0^z (-Bg) \cdot dz$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = -Bg \cdot z = -\frac{z}{H} \quad H = \frac{1}{Bg} \longrightarrow P = P_0 \cdot \exp(-z/H)$$

Depende de la masa molecular del gas $\longleftarrow H \approx 8 \text{ km}$
(Caso del aire)

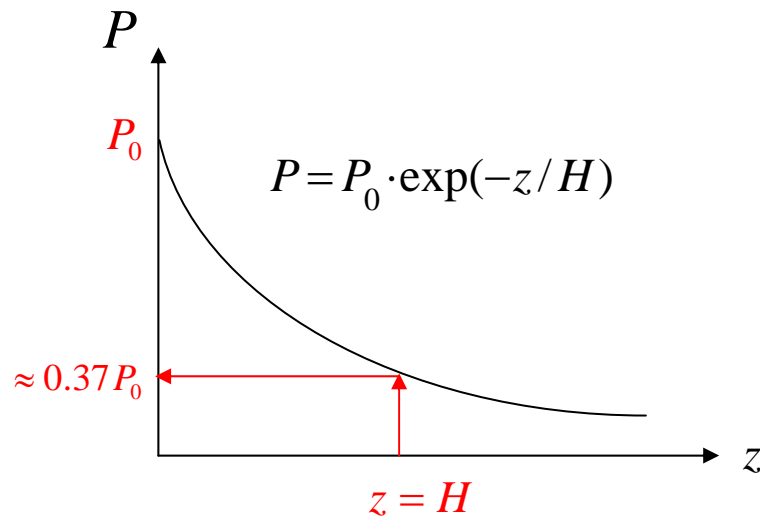
Nota: aquí no se han tenido en cuenta los efectos de la temperatura

FLUIDOS COMPRESIBLES (continuación)

EJEMPLO

Admitiendo que el parámetro H para la atmósfera de la Tierra es $H \approx 8$ km, estímorese a qué altura sobre el nivel del mar ha de subir un aeronauta para tener la mitad de la atmósfera por debajo de sus pies.

Presión a nivel del mar $P_0 \approx 1000$ mb



Cuando $z = H \Rightarrow P = P_0 \cdot \exp(-1)$

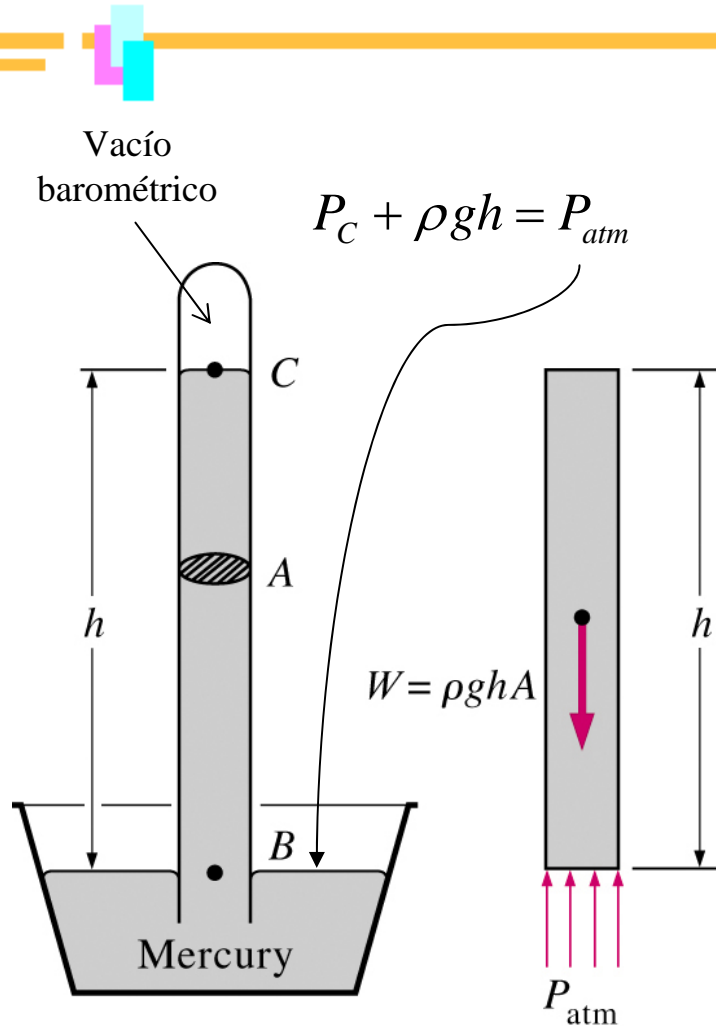
$$500 = 1000 \cdot \exp(-z/H)$$

↑
 $P_0/2$

$$\exp(-z/H) = \frac{1}{2}$$

$$z = -H \cdot \ln \frac{1}{2} \approx 5.5 \text{ km}$$

PRESIÓN ATMOSFÉRICA. BARÓMETRO.

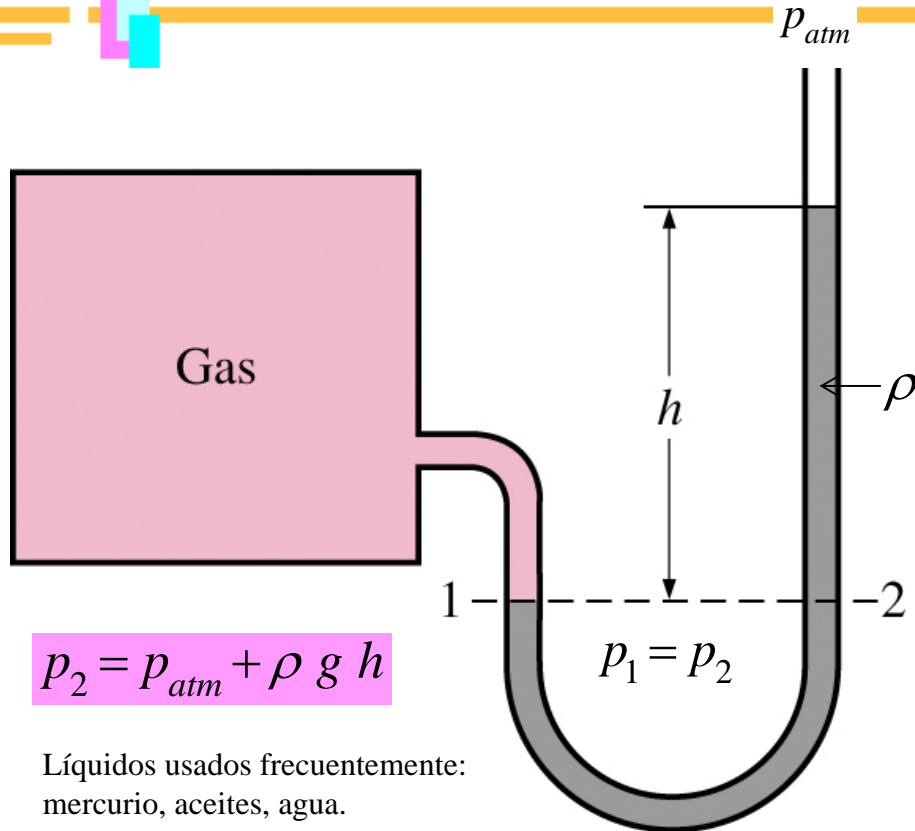


$$P_{atm} = \rho gh$$

■ La presión atmosférica estándar se define como la presión ejercida por una columna de mercurio (densidad $\rho = 13595 \text{ kg/m}^3$) de 760 mm de altura a 0° C bajo una aceleración de la gravedad igual al valor estándar ($g = 9.807 \text{ m/s}^2$).

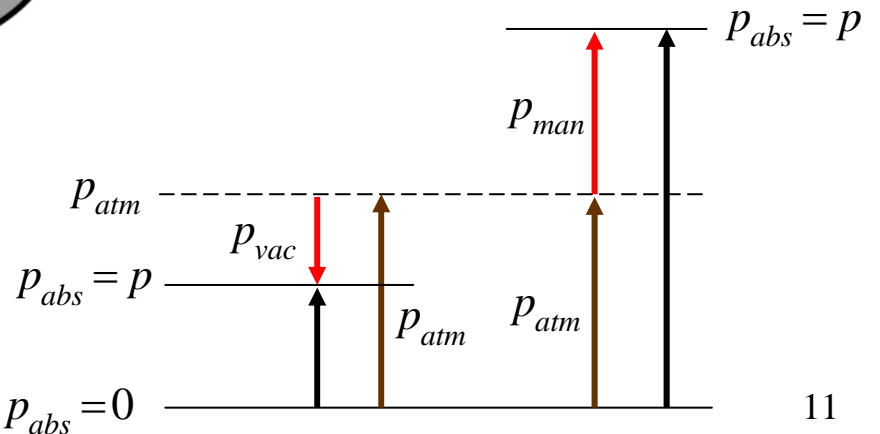
■ $1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$ y $1 \text{ torr} = 133.3 \text{ Pa}$

MEDIDA DE LA PRESIÓN: MANÓMETRO



- Un manómetro consiste en un tubo abierto en forma de U conteniendo un líquido de densidad ρ cuya elevación sobre un nivel de referencia nos permite determinar la presión en uno de los extremos de la columna.

Presión manométrica
y presión de vacío



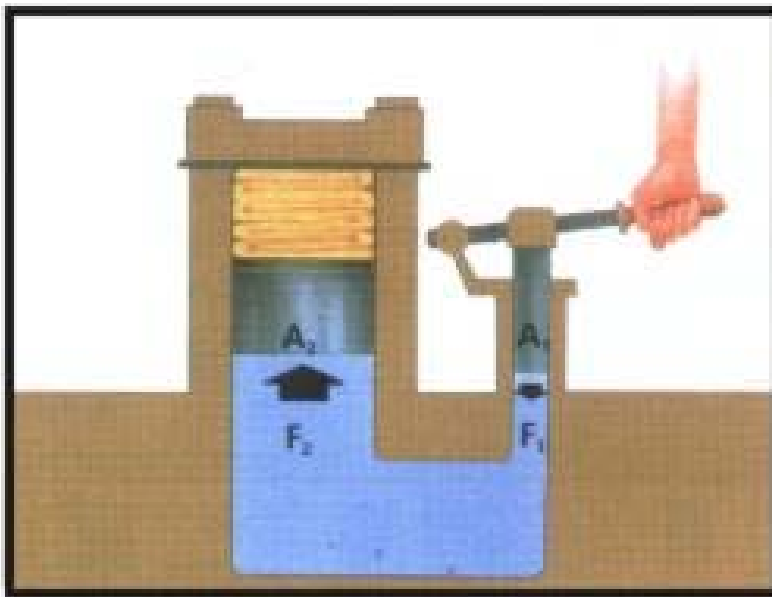
PRINCIPIO DE PASCAL

La presión aplicada a la superficie de un líquido, contenido en un recipiente indeformable, se transmite por igual a todas las partes del mismo.

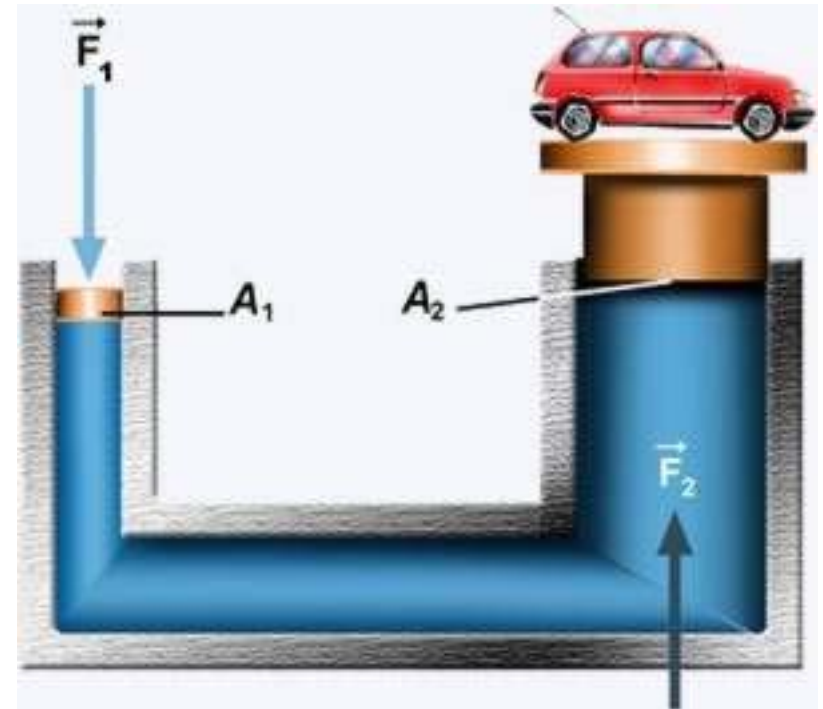
APLICACIONES

$$p_1 = p_2 \quad \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

La igualdad de presiones permite ejercer fuerzas grandes

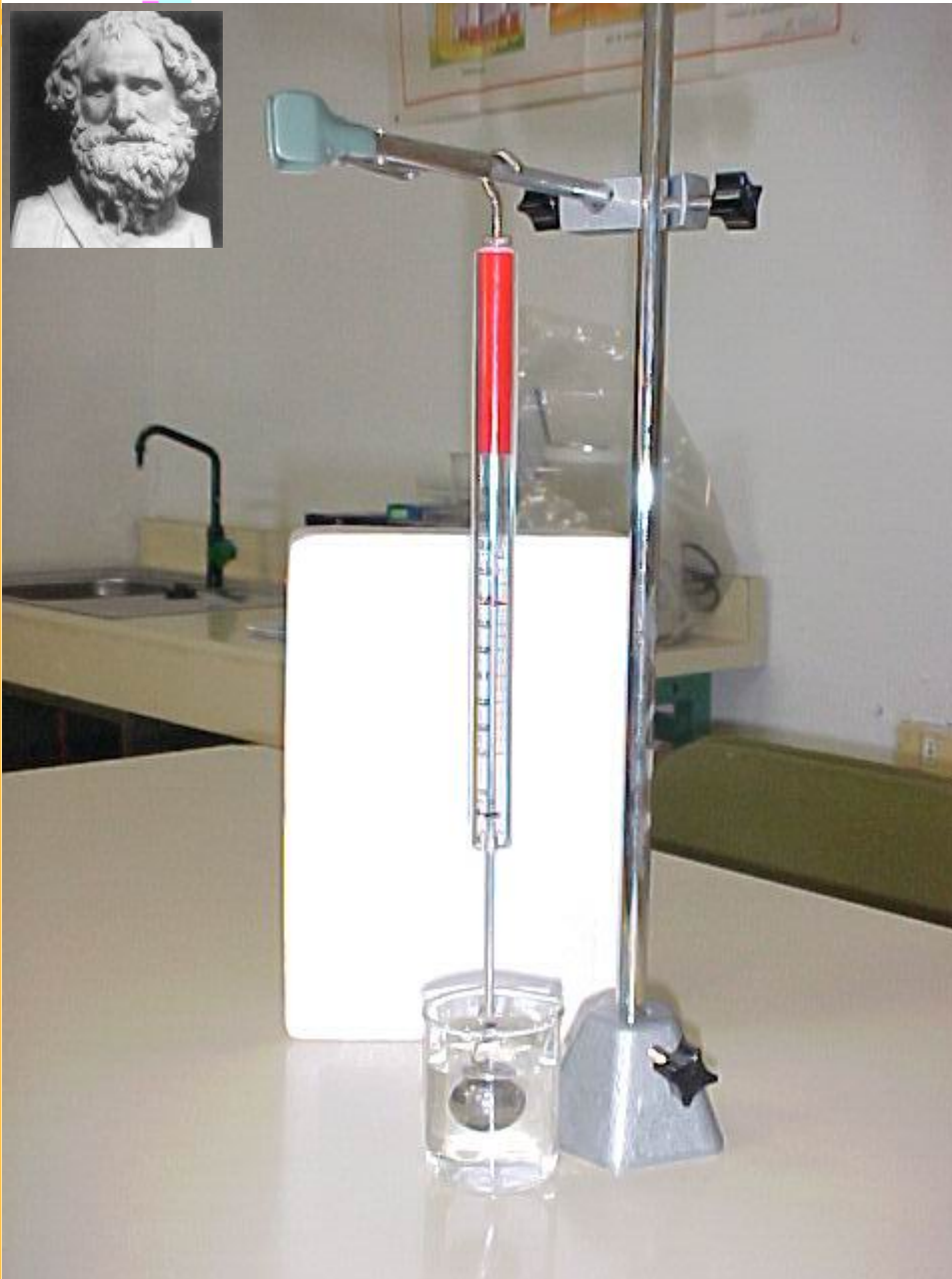


Prensa hidráulica

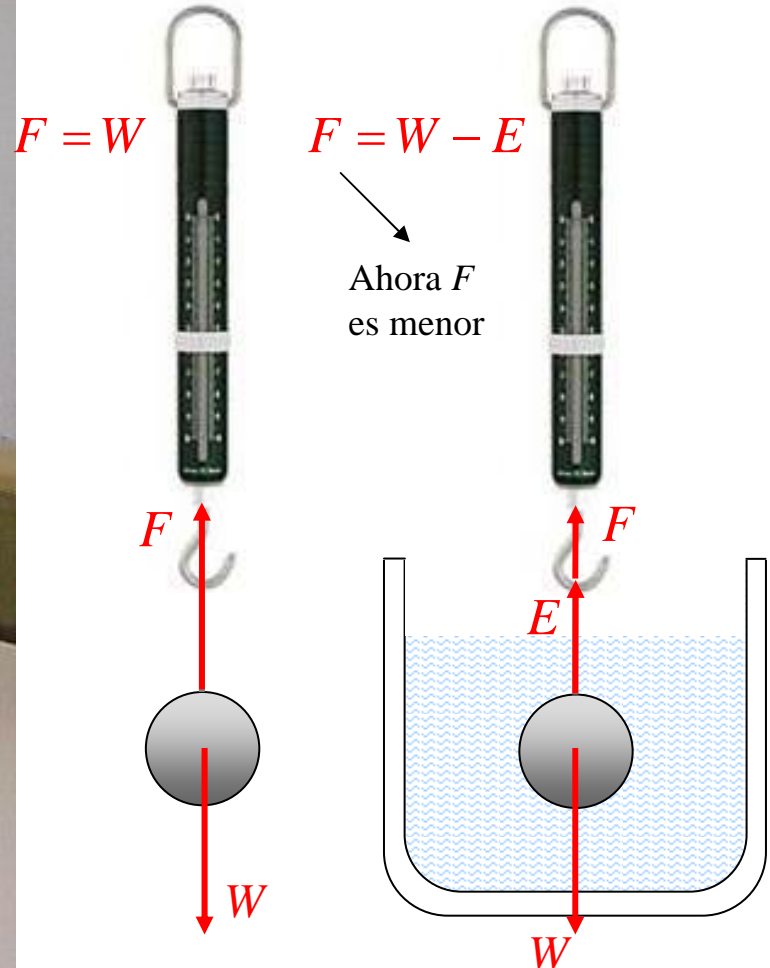


Elevador

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

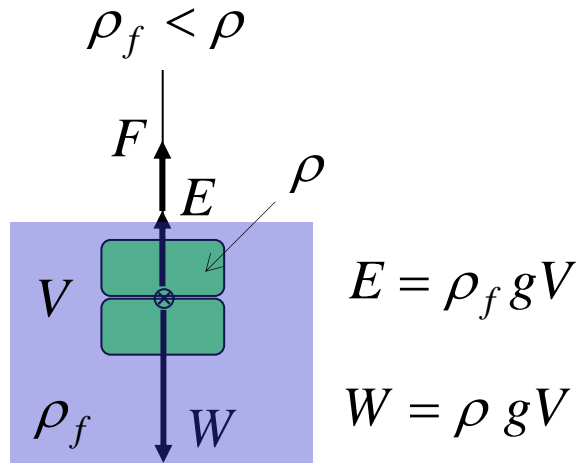


Cualquier sólido sumergido en un fluido sufre un empuje vertical hacia arriba igual al peso del volumen de líquido desalojado.



PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES (Continuación)

SÓLIDO SUMERGIDO



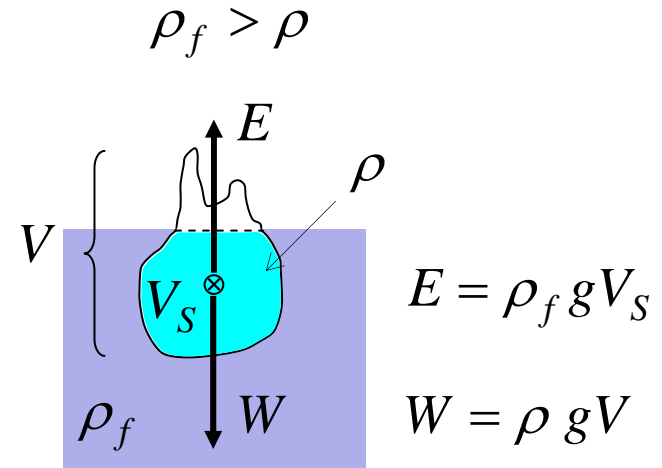
En equilibrio $W = F + E$

$$F = (\rho - \rho_f) g V$$

Además $E = W - F$

por lo que midiendo separadamente W y F podemos calcular el empuje E

SÓLIDO FLOTANTE



Flota cuando $W = E$

$$\frac{V_s}{V} = \frac{\rho}{\rho_f}$$

$$V_s = \frac{\rho}{\rho_f} V$$

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES (Continuación)

EJEMPLO

La densidad del hielo es 92% de la densidad del agua.
¿Qué fracción del volumen de un cubito de hielo sobresale de la superficie?

$$\frac{V_S}{V} = \frac{\rho}{\rho_f} = \frac{0.92}{1} = 0.92$$

$$\frac{V_{Emergente}}{V} = \frac{V - V_S}{V} = 0.08$$

