

ESTÁTICA DE LOS FLUÍDOS

Densidad: es la masa de una sustancia por su unidad de volumen

$$\rho = \frac{M}{V}$$

La densidad varía con cambios de temperatura y presión

Unidades de la densidad $[\rho] = \frac{kg}{m^3} (S. I.); \frac{g}{cm^3} (c. g. s.)$

$$\rho_{H_2O}^{4^{\circ}C} = 1 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} = 1 \frac{g}{cm^3}$$

Densidad Relativa: es la relación entre la densidad de un líquido desconocido y uno patrón.
Es adimensional.

$$\rho_{liq}^{rel patrón} = \frac{\rho_{liq}}{\rho_{patrón}}$$

Densidad:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

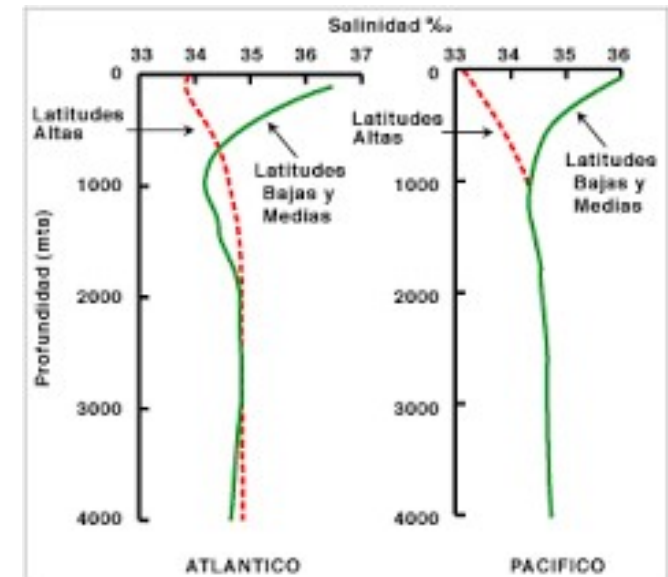
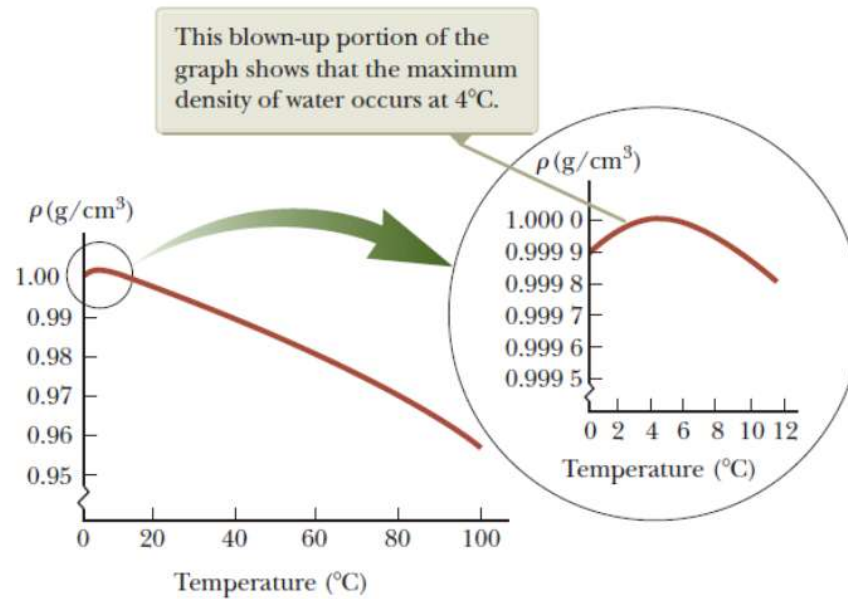
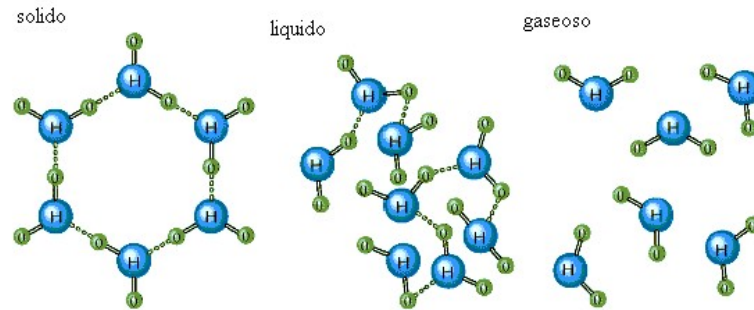
$$[\rho]_{SI} = \text{kg/m}^3$$

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Material	Densidad (kg/m ³)	Material	Densidad (kg/m ³)
Aire (1 atm, 20°C)	1.20	Hierro, acero	7.8×10^3
Etanol	0.81×10^3	Latón	8.6×10^3
Benceno	0.90×10^3	Cobre	8.9×10^3
Hielo	0.92×10^3	Plata	10.5×10^3
Agua	1.00×10^3	Plomo	11.3×10^3
Agua de mar	1.03×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Sangre	1.06×10^3	Oro	19.3×10^3
Glicerina	1.26×10^3	Platino	21.4×10^3
Concreto	2×10^3	Estrella enana blanca	10^{10}
Aluminio	2.7×10^3	Estrella de neutrones	10^{18}



Densidad del agua:



Densidad relativa:

Se define como la razón de la densidad de esa sustancia a la densidad del agua a 4 °C

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua}}^{4^\circ\text{C}}}$$

La densidad relativa es un número sin dimensiones o unidades

Como la densidad del agua es $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, la densidad relativa de cualquier sustancia será igual numéricamente a su densidad expresada en g/cm^3 , o 10^3 veces su densidad especificada en kg/m^3

Por ejemplo, la densidad relativa del plomo es 11.3 y el del alcohol es 0.79

EJEMPLO Dados el volumen y la densidad, encuentre la masa. ¿Cuál es la masa de una bola sólida de hierro de radio igual a 18 cm?

SOLUCIÓN El volumen de cualquier esfera es

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}(3.14)(0.18 \text{ m})^3 = 0.024 \text{ m}^3.$$

A partir de la tabla, se sabe que la densidad del hierro es $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, por lo que la ecuación da

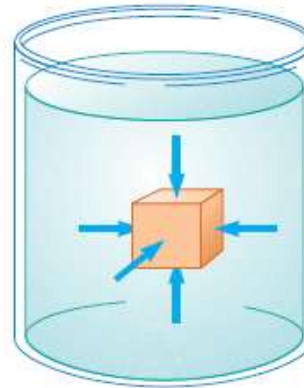
$$m = \rho V = (7800 \text{ kg/m}^3)(0.024 \text{ m}^3) = 190 \text{ kg}.$$

Presión:

El único esfuerzo que se puede ejercer sobre un objeto sumergido en un fluido estático es el que tiende a comprimir el objeto desde todos los lados.

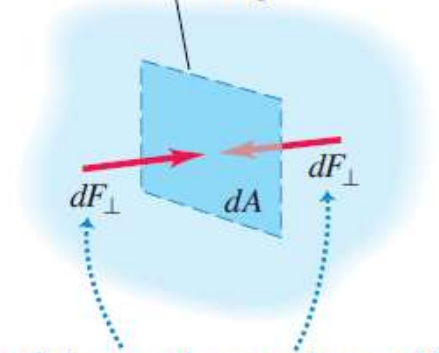
En otras palabras, la fuerza que ejerce el fluido estático sobre un objeto siempre es perpendicular a las superficies del objeto.

En cualquier punto sobre la superficie de un objeto sumergido, la fuerza que ejerce el fluido es perpendicular a la superficie del objeto. La fuerza que ejerce el fluido en las paredes del contenedor es perpendicular a las paredes en cualquier punto.



Las fuerzas actúan sobre una pequeña superficie dentro de un fluido en reposo.

Área pequeña dA dentro del fluido en reposo



La superficie no acelera, por lo que el fluido circundante ejerce fuerzas normales iguales sobre ambos lados de ella. (El fluido no puede ejercer ninguna fuerza paralela a la superficie, ya que eso provocaría que la superficie acelerara.)

Si consideramos una superficie pequeña de área dA centrada en un punto en el fluido; la fuerza normal que el fluido ejerce sobre cada lado es $dF_{\perp}$. Definimos la **presión** p en ese punto como la fuerza normal por unidad de área, es decir, la razón entre $dF_{\perp}$ y dA

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (\text{definición de presión})$$

Si la presión es la misma en todos los puntos de una superficie plana finita de área A , entonces

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr}$$

Unidades: $[p]_{\text{SI}} = \text{N/m}^2 = \text{Pa}$ (Pascal)

La **presión atmosférica** p_a es la presión de la atmósfera terrestre, es decir, la presión en el fondo de este “mar” de aire en que vivimos. Esta presión varía con el estado del tiempo y con la altitud.

La presión atmosférica normal al nivel del mar (valor medio) es 1 atmósfera (atm), definida exactamente como 101,325 Pa

Unidades de presión

Nombre	Símbolo	Valor
pascal	1 Pa	$1 \text{ N m}^{-2}, 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
bar	1 bar	10^5 Pa
atmosphere	1 atm	101.325 kPa
torr	1 Torr	$(101\,325/760) \text{ Pa} = 133.32 \dots \text{ Pa}$
millimetres of mercury	1 mmHg	133.322 ... Pa
pound per square inch	1 psi	6.894 757 ... kPa

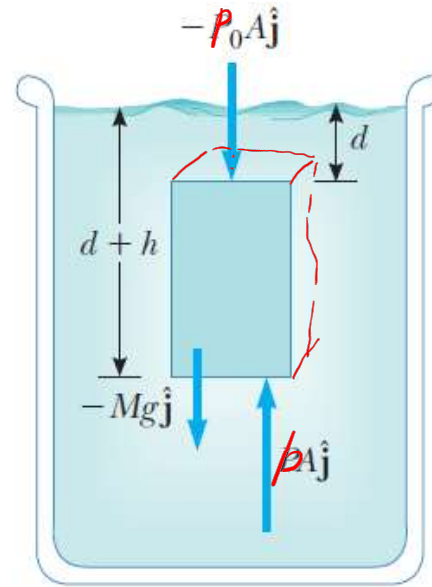
La presión que se debe al peso de la atmósfera se ejerce sobre todos los objetos inmersos en este gran mar de aire, incluidos nuestros cuerpos.

¿Cómo resiste un cuerpo humano la enorme presión sobre su superficie? La respuesta es que las células vivas mantienen una presión interna que equilibra la presión externa, de igual forma como la presión interna de un globo casi iguala a la presión externa de la atmósfera.

Un neumático, gracias a su rigidez, puede mantener presiones internas mucho mayores que la presión externa.

Variación de la presión con la profundidad:

Una parte de fluido (región más oscura) aislada en un volumen de fluido más grande. La fuerza neta que se ejerce sobre la parte de fluido debe ser cero porque está en equilibrio.



$$\sum \vec{F} = p A \hat{j} - p_0 A \hat{j} - Mg \hat{j} = 0$$

$$p A - p_0 A - \rho A h g = 0$$

$$p = p_0 + \rho g h$$

$$p = \frac{dF}{dA}$$

$$p = \frac{F}{A} \rightarrow F = pA$$

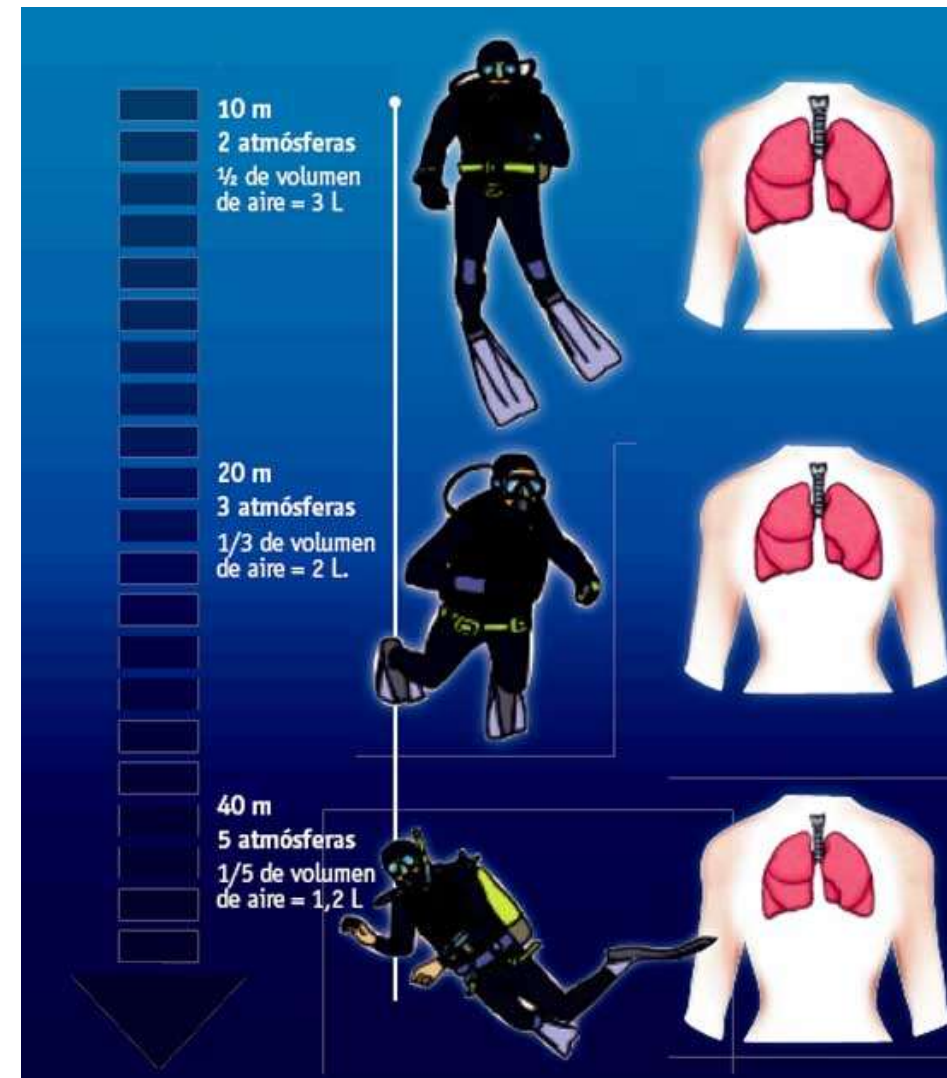
Es decir: **la presión p a una profundidad h bajo un punto en el líquido donde la presión es p_0 es mayor por una cantidad $\rho g h$.**

Si el líquido está abierto a la atmósfera y p_0 es la presión en la superficie del líquido, entonces p_0 es la presión atmosférica.

Analizar el caso:

Simplificamos el problema considerando un gas ideal para el aire y suponiendo que la temperatura no varía apreciablemente:

$$p = \frac{nRT}{V}$$

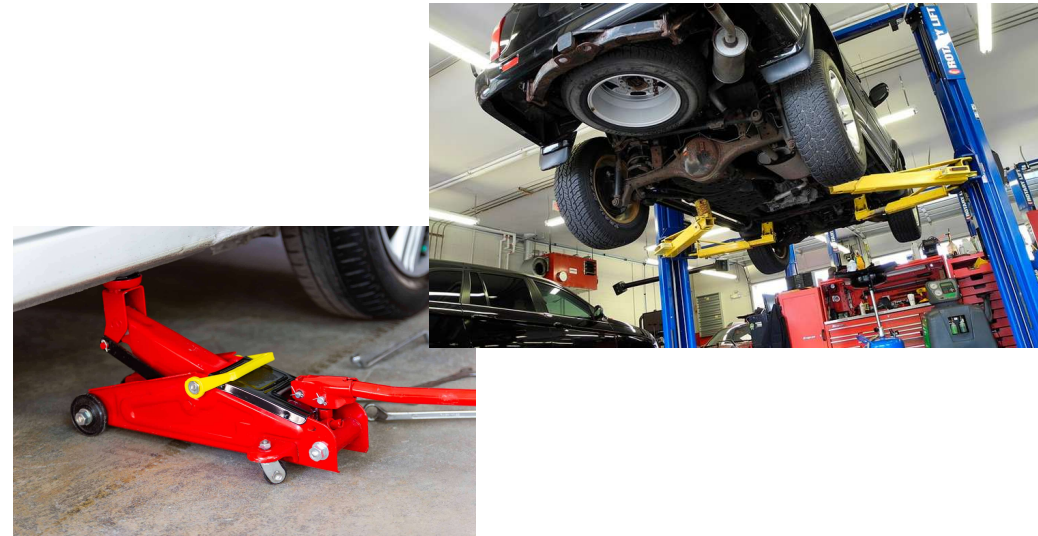
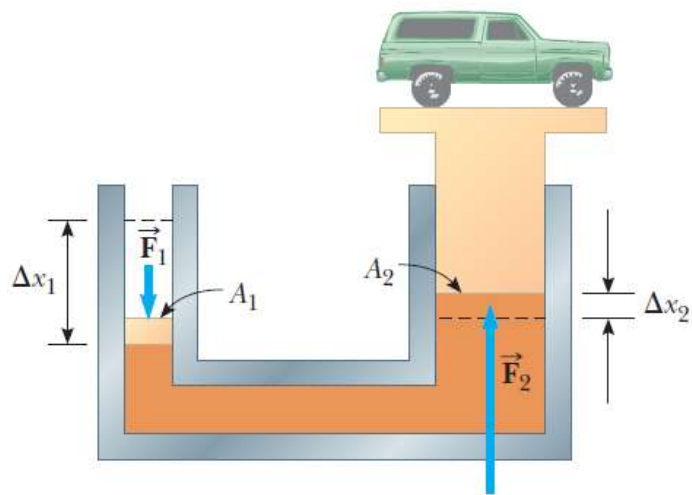


Ley de Pascal:

Ya que la presión en un fluido depende de la profundidad y del valor de P_0 , cualquier aumento en presión en la superficie debe transmitirse a todo otro punto en el fluido.

Este concepto lo reconoció por primera vez el científico francés Blaise Pascal (1623–1662) y se llama **ley de Pascal**:

“un cambio en la presión aplicada a un fluido se transmite sin disminución a todos los puntos del fluido y a las paredes del contenedor”



Presión absoluta y presión manométrica:

Si la presión dentro de un neumático es igual a la presión atmosférica, el neumático estará desinflado. La presión debe ser *mayor* que la atmosférica para poder sostener el vehículo, así que la cantidad significativa es la *diferencia* entre las presiones interior y exterior.

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$p - p_0 = \rho gh$$

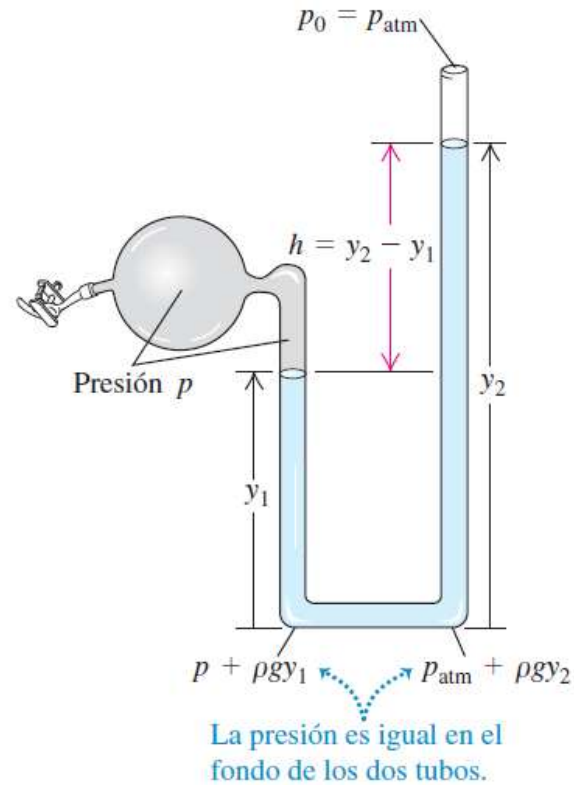
El exceso de presión más allá de la atmosférica suele llamarse **presión manométrica**, y la presión total se llama **presión absoluta**.

Cuando decimos que la presión de un neumático es de “32 libras” (en realidad 32 lb/in², igual a 220 kPa o 2,2 · 10⁵ Pa), queremos decir que es *mayor* que la presión atmosférica (14.7 lb/in² o 1,01 · 10⁵ Pa) en esa cantidad. La presión *total* en el neumático es de 47 lb/in², o 320 kPa.



Medición de la presión:

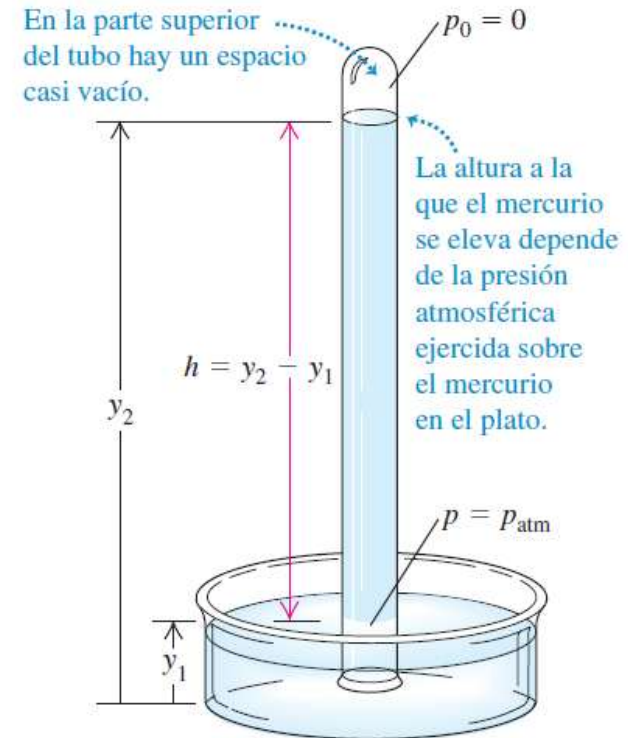
a) Manómetro de tubo abierto



$$p + \rho g y_1 = p_{\text{atm}} + \rho g y_2$$

$$p - p_{\text{atm}} = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

b) Barómetro de mercurio



$$p_a = p = 0 + \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

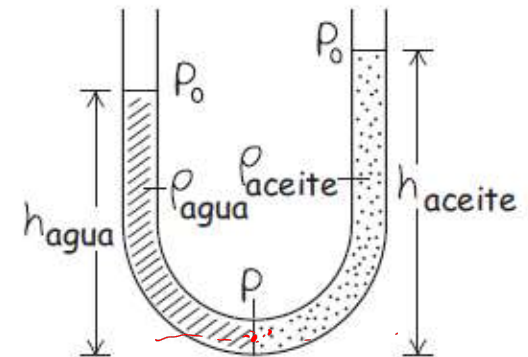
Si consideramos barómetro de mercurio para determinar la presión atmosférica:

$$\cancel{p}_0 = \rho_{\text{Hg}} g h$$

$$h = \frac{\cancel{p}_0}{\rho_{\text{Hg}} g} = \frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{(13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)} = 0.760 \text{ m}$$

Ejemplo dos fluidos

Un tubo de manómetro se llena parcialmente con agua. Después se vierte aceite (que no se mezcla con el agua y tiene menor densidad que el agua) en el brazo izquierdo del tubo hasta que la interfaz aceite-agua está en el punto medio del tubo. Ambos brazos del tubo están abiertos al aire. Determine la relación entre las alturas h_{aceite} y h_{agua} .



$$p = p_0 + \rho_{\text{agua}} g h_{\text{agua}}$$

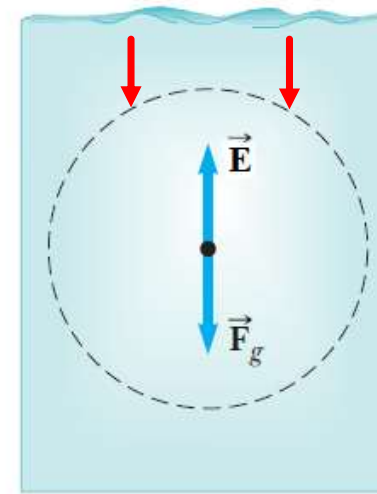
$$p = p_0 + \rho_{\text{aceite}} g h_{\text{aceite}}$$

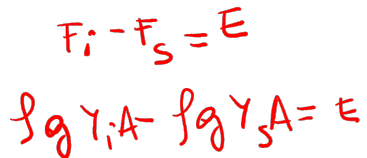
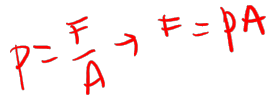
$$h_{\text{aceite}} = \frac{\rho_{\text{agua}}}{\rho_{\text{aceite}}} h_{\text{agua}}$$

Empuje y Principio de Arquímedes:



“Si un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en un fluido, éste ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo”

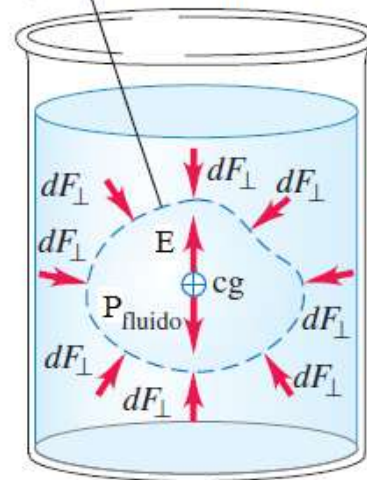




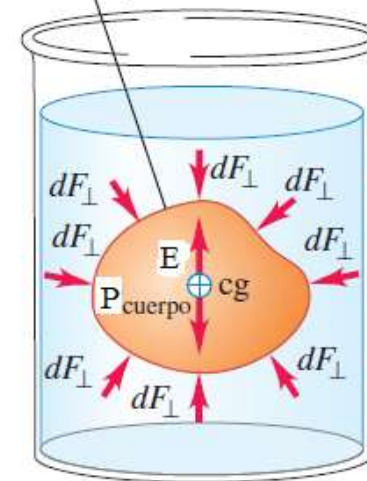
$$\sum g (y_i - y_s) A = E \rightarrow E = \sum g \underbrace{h A}_{V_{sum}} \rightarrow E = \rho_{Hg} g V_{sum}$$

Por lo tanto, la suma de todas las componentes y de las fuerzas de *superficie* debe ser una fuerza hacia arriba de igual magnitud que el peso mg del fluido dentro de la superficie.

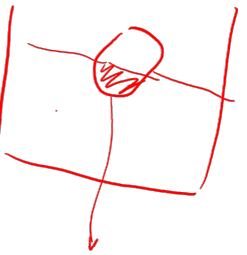
Además, la suma de los torques sobre la porción de fluido debe ser cero, así que la línea de acción de la componente y resultante de las fuerzas superficiales debe pasar por el centro de gravedad de esta porción de fluido.



Las fuerzas en el elemento fluido debidas a la presión deben sumarse a la fuerza de flotación de igual magnitud al peso del elemento.



Las fuerzas debidas a la presión son iguales, por lo que sobre el cuerpo debe actuar la misma fuerza de flotación que sobre el elemento de fluido, *sin importar el peso del cuerpo.*



$$E = P$$
$$\rho_g V_{\text{sum}} = P_c$$
$$\rho_g \frac{1}{2} V_c = P_c$$