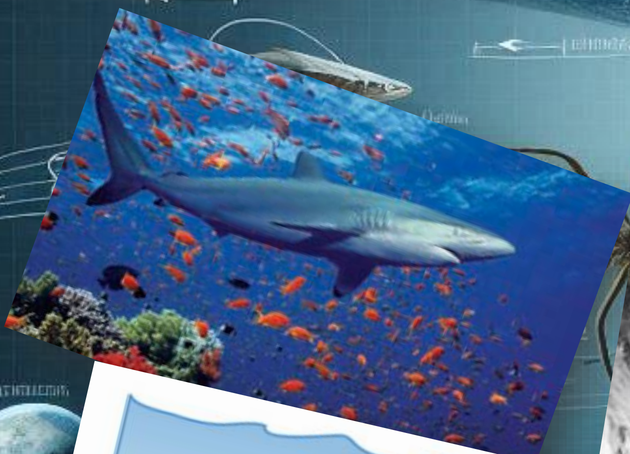
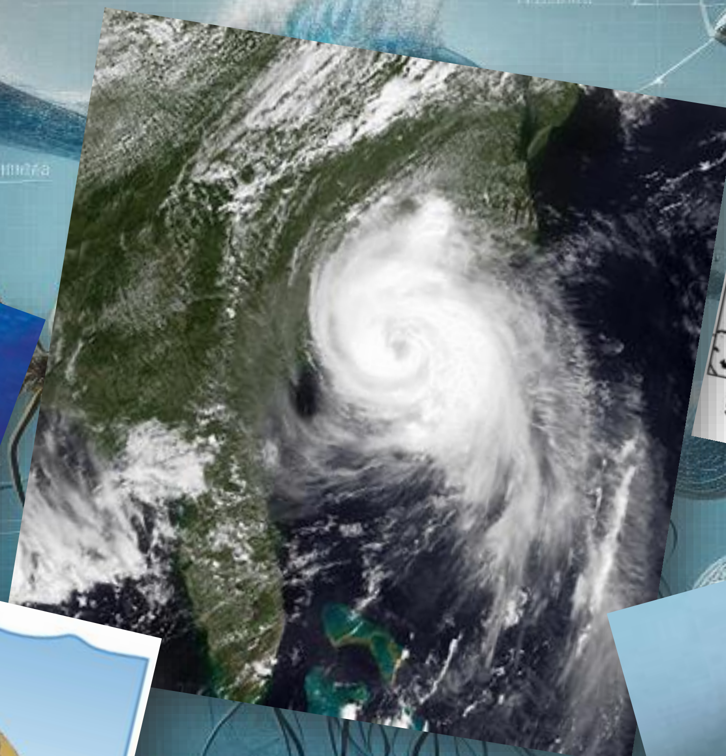
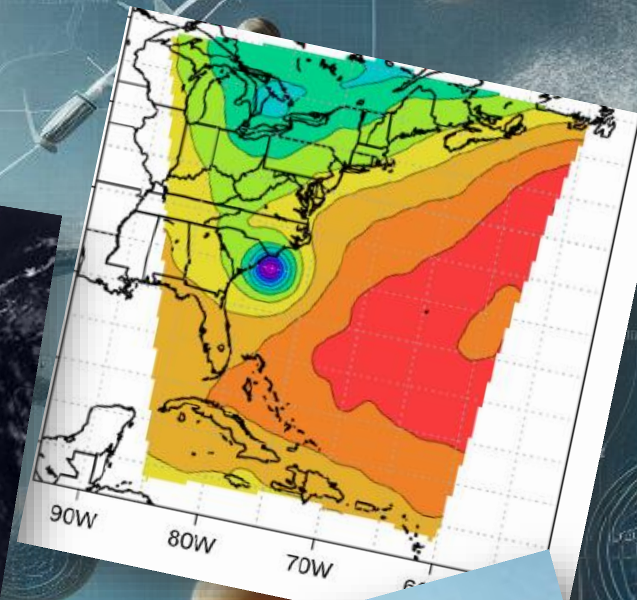
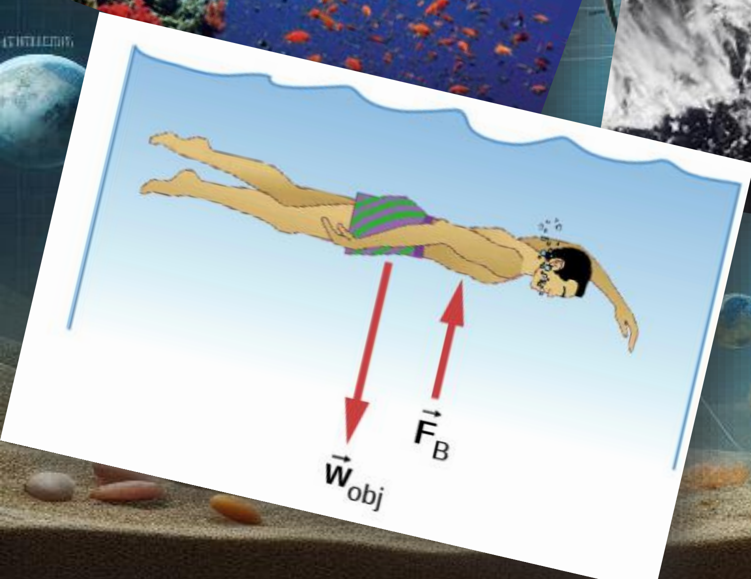
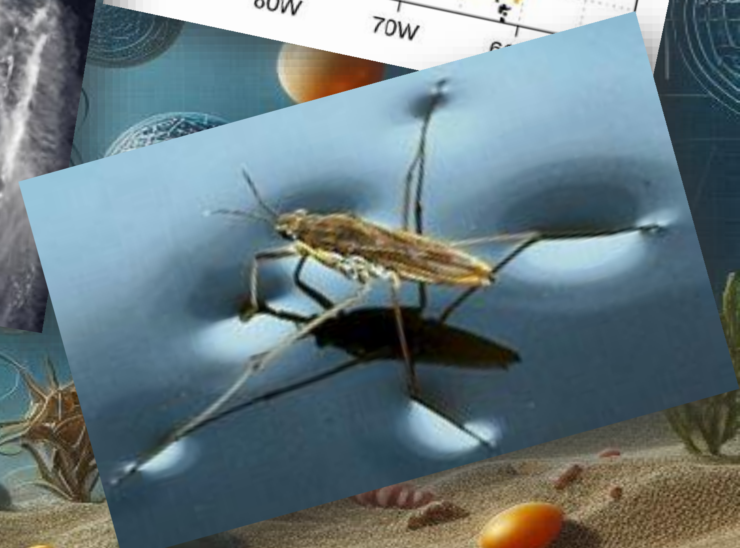
Unidad Nº 6 - Hidrostática

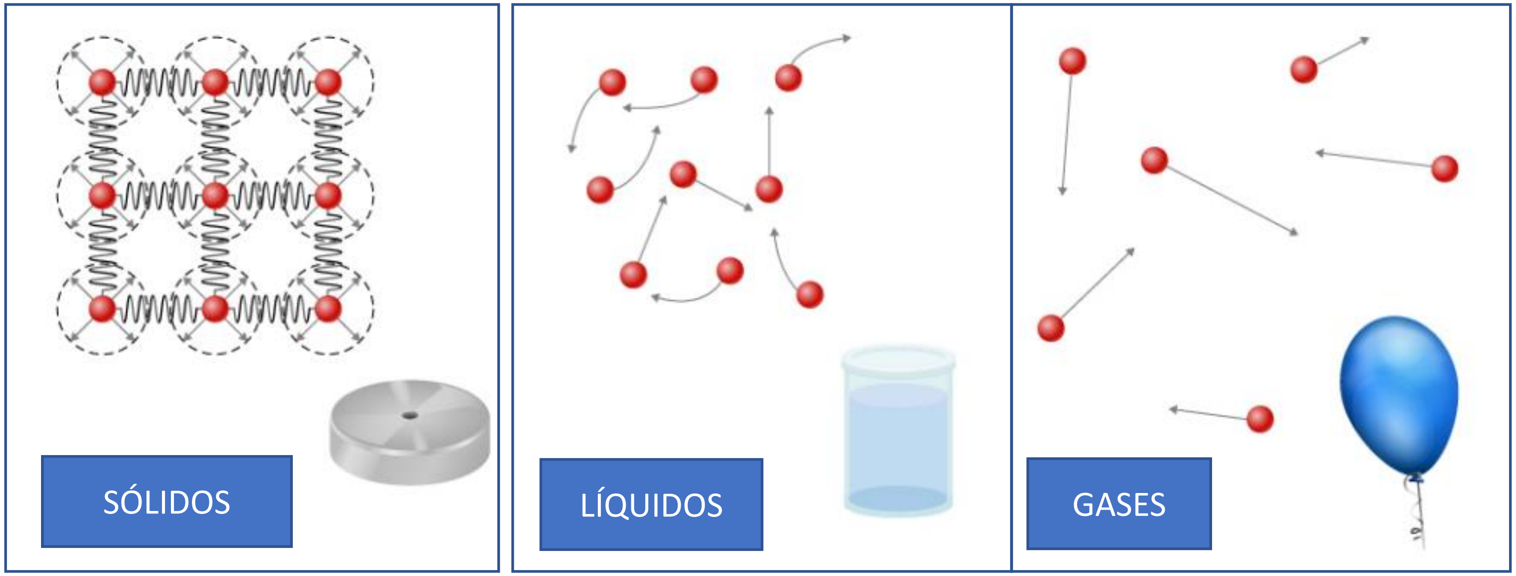












Los átomos de un solido están siempre en estrecho contacto con átomos vecinos, y se mantienen en su sitio

Los átomos de un liquido están también en estrecho contacto pero pueden deslizarse unos sobre otros. Son muy poco compresibles.

Los átomos de un gas se mueven libremente y están separados por grandes distancias

FLUIDOS

En fluidos son muy útiles los conceptos de densidad y presión (antes que masa y fuerza)

- **DENSIDAD**

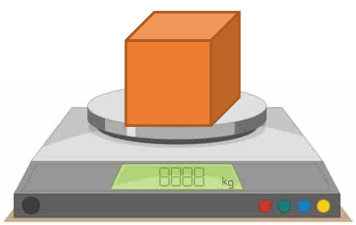
- Es la a cantidad de **MASA** contenida en una unidad de **VOLUMEN**.
- Es una propiedad característica de cada sustancia y depende en mayor o menor medida de factores como la temperatura o la presión.

$$\boxed{\boldsymbol{\delta = \frac{m}{V}}} \quad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

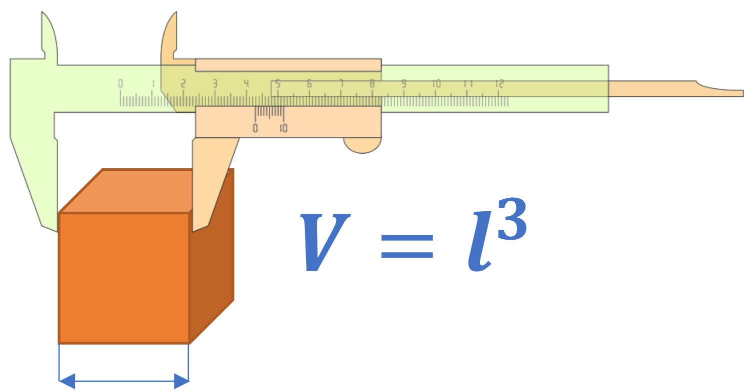
Determinación de la DENSIDAD

- Para un objeto geométricamente imple:

1. Medimos su masa con una balanza



2. Medimos sus dimensiones y calculamos el volumen



$$V = l^3$$

l

3. Calculamos la densidad con la ecuación

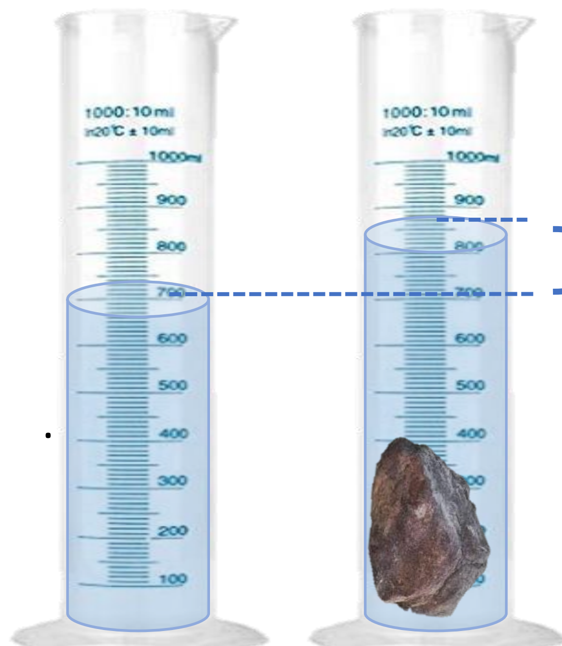
$$\delta = \frac{m}{V}$$

Determinación de la DENSIDAD

- Si la forma del cuerpo es compleja, hay otras formas de determinar su volumen para calcular su densidad.

1. Medimos su masa con una balanza

2. Calculamos el volumen midiendo el volumen desalojado al sumergir la roca completamente



$$\Delta V = V_{desalojado} = V_{cuerpo}$$

3. Calculamos la densidad con la ecuación

$$\boldsymbol{\delta = \frac{m}{V}}$$

Algunos ejemplos de densidades

Densidad del agua a diferentes temperaturas	
Temperatura (ºC)	**Densidad (kg/m^3)**
0 (hielo)	917,00
0	999,82
2	999,94
4	1000,00
6	999,99
8	999,91
20	998,30
100	958,10

Sustancia	Densidad (kg/m^3)
agua (4º)	1000,00
Agua de mar	1040,00
alcohol	789,00
hierro	7870,00
madera	140 a 1200
telgopor	10 a 20

Antes de continuar…Un experimento.

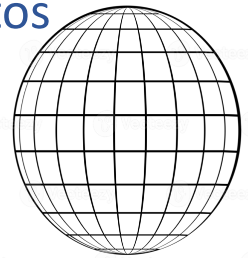
Presión

1

En un globo se mantiene inflado, gracias a la fuerza que hace el aire en su interior sobre la goma.

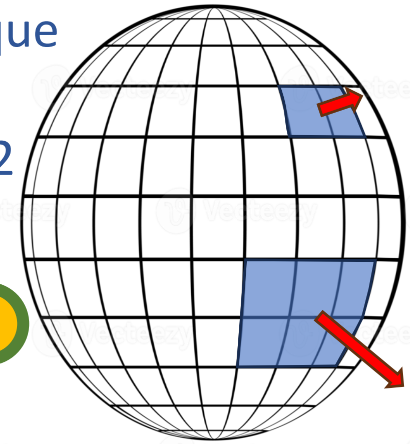
2

Dividamos la superficie del globo en cuadraditos de 1 cm^2.



3

Si medimos la fuerza que realiza el aire sobre 6 cuadraditos (6 cm^2), esta nos dará un valor mayor que si medimos la fuerza sobre 2 cm^2,

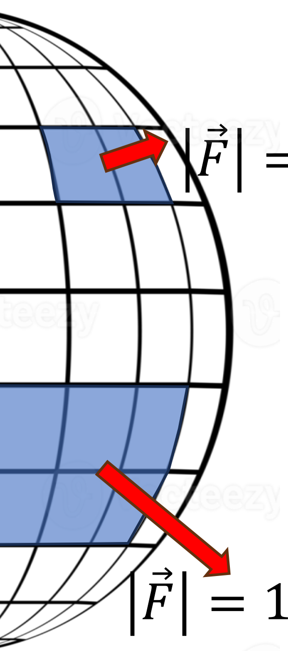


4

Para independizarnos de la superficie aparece el concepto de presión, que es la fuerza por unidad de superficie (por ejemplo, la fuerza por cada cm^2.

5

Para calcular la presión debemos hacer Fuerza / Área.



$|\vec{F}| = 4g$

$$p = \frac{F_N}{A} = \frac{4}{2} = 2\ g/\text{cm}^2$$

$|\vec{F}| = 12g$

$$p = \frac{F_N}{A} = \frac{12}{6} = 2\ g/\text{cm}^2$$

Presión

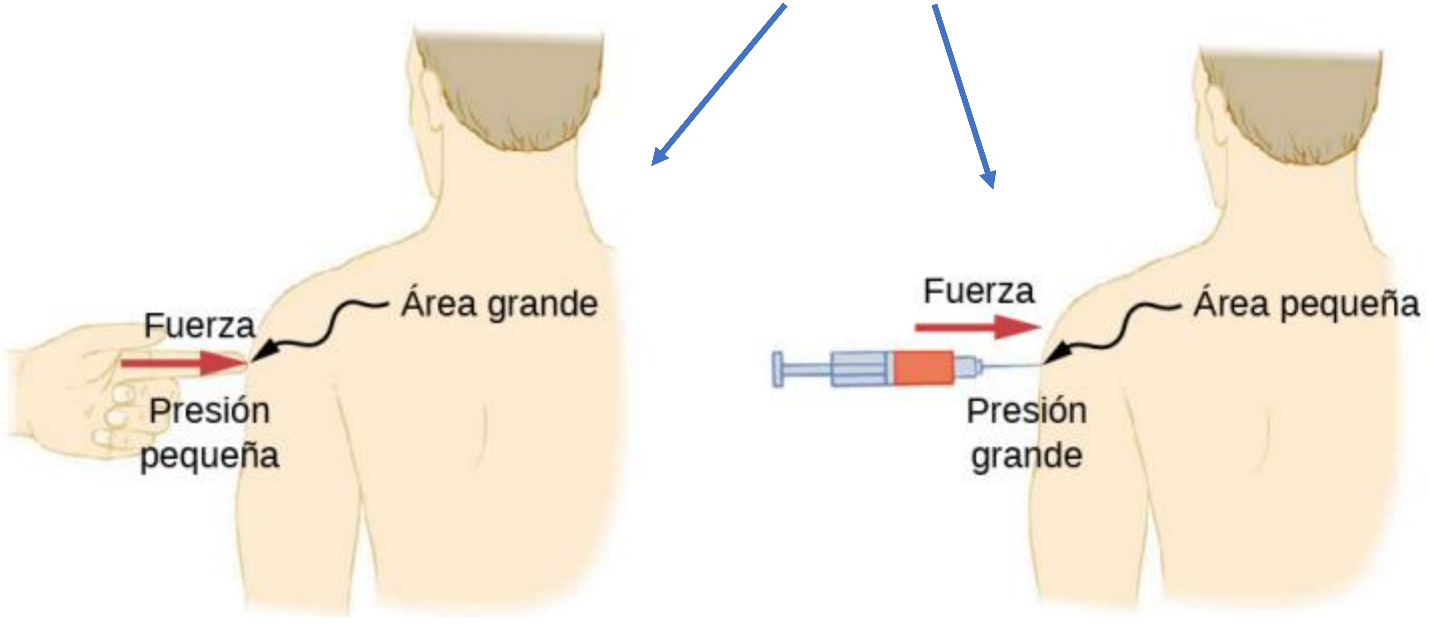
- **Definición:** es la cantidad de **fuerza** (normal a una superficie) que se ejerce por unidad de **superficie**.
- **En SIMELA** $\boxed{\boldsymbol{p = \frac{F_N}{A}}}$ $\left[\frac{N}{m^2}\right] = [Pa]$
- **Equivalentes:**

$$1\,atm = 1{,}01x10^5\,Pa = 760\,mmHg$$

Presión

$$p = \frac{F_N}{A} = \left[\frac{N}{m^2}\right] = [Pa]$$

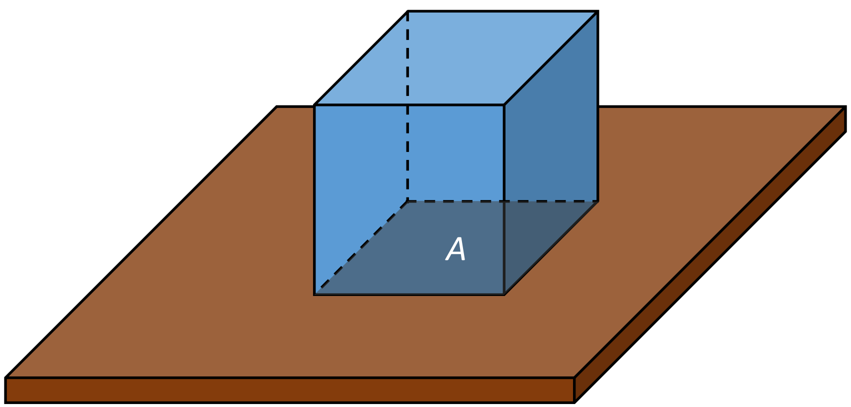
Para la misma fuerza, a menor área, mayor presión

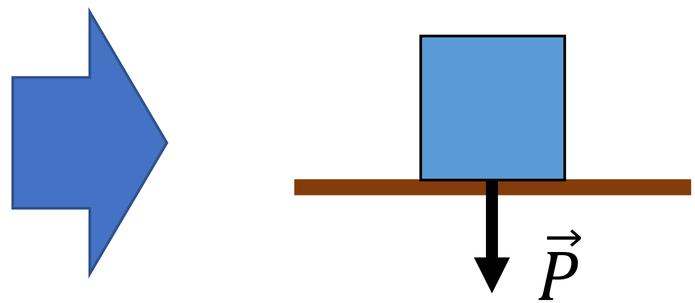


Presión

- **PRESIÓN:** La cantidad de FUERZA (normal a una superficie) que se ejerce por unidad de SUPERFICIE.

$$\boldsymbol{p = \frac{F_N}{A}}$$





$$\vec{P} \perp A \rightarrow p = \frac{P}{A}$$

Una expresión que usaremos mucho

Peso $\rightarrow$ $P = m.g$

Densidad $\rightarrow$ $\delta = \dfrac{m}{V} \quad \Rightarrow \quad m = \delta.V$

Entonces, el peso de algo, puede expresarse como:

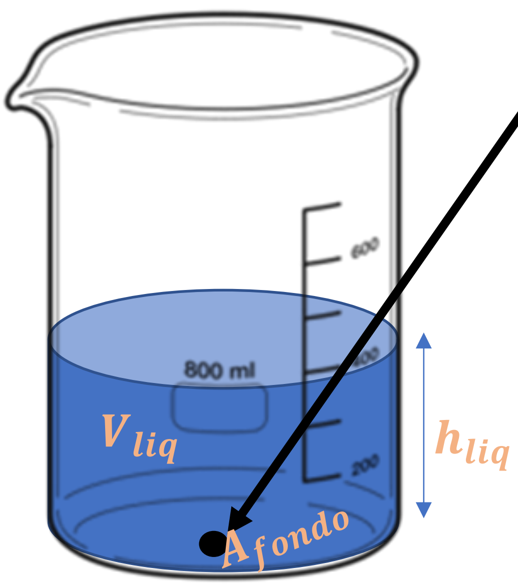
$$P = m.g$$

$$\boxed{P = \delta.V.g}$$

Presión dentro de un líquido

- **PRESIÓN:** La cantidad de FUERZA (normal a una superficie) que se ejerce por unidad de SUPERFICIE.

$$p = \frac{F_N}{A}$$



$$p_{fondo} = \frac{P_{liq}}{A_{fondo}}$$

$$P = \delta . V . g$$

$$p_{fondo} = \frac{\delta_{liq} . V_{liq} . g}{A_{fondo}}$$

$$V_{liq} = A_{fondo} . h_{liq}$$

$$p_{fondo} = \frac{\delta_{liq} . A_{fondo} . h_{liq} . g}{A_{fondo}}$$

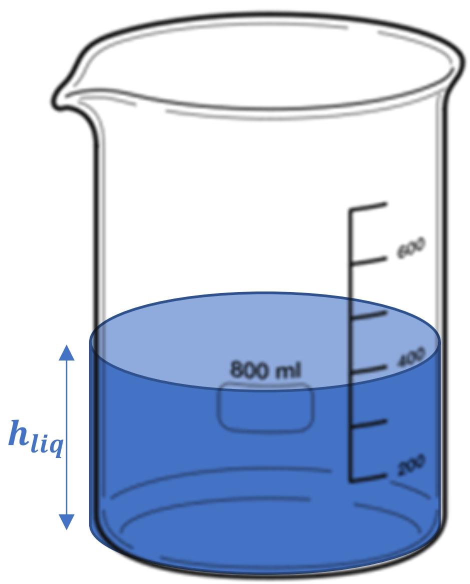
Eliminando las áreas nos queda:

$$p_{fondo} = \delta_{liq} . h_{liq} . g$$

- Esta presión que calculamos antes, es debida solo al líquido. Si la profundidad h fuese próxima a cero, la ecuación nos daría una presión próxima a cero.
- Calcular la presión de esta forma, nos da cual es la variación de la presión con respecto a la presión atmosférica. Es decir, nos da cuanto aumentó la presión por habernos sumergido. A esta presión se la llama presión relativa o presión manométrica.

$$\boxed{p_{rel} = \delta_{liq} . h_{liq} . g}$$

presión relativa o manométrica



Si queremos calcular cual es la presión absoluta al sumergirnos en un líquido, deberemos sumarle la presión atmosférica.

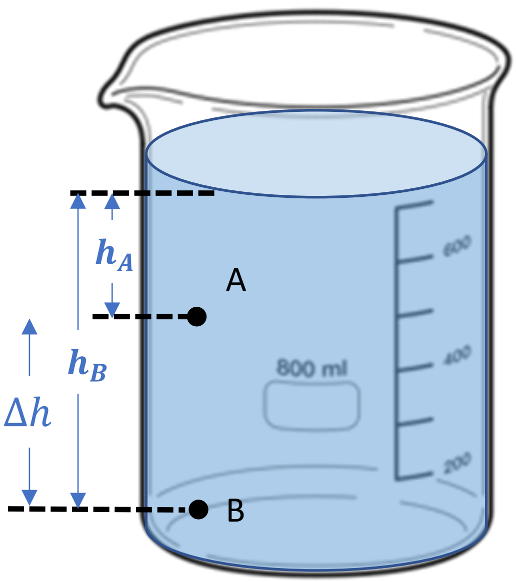
$$p_{Abs} = p_{atm} + p_{rel}$$

$$\boxed{p_{Abs} = p_{atm} + \delta_{liq} . h_{liq} . g}$$

presión absoluta

Ley General de la Hidrostática

Calculemos la diferencia de presión entre dos puntos sumergidos a diferente profundidad en un líquido.



$$\left.\begin{aligned} p_A &= p_{atm} + \delta . h_A . g \\ p_B &= p_{atm} + \delta . h_B . g \end{aligned}\right\} \quad \Delta p = p_B - p_A$$

$$p_B - p_A = \cancel{(p_{atm}} + \delta . h_B . g) - \cancel{(p_{atm}} + \delta . h_A . g)$$

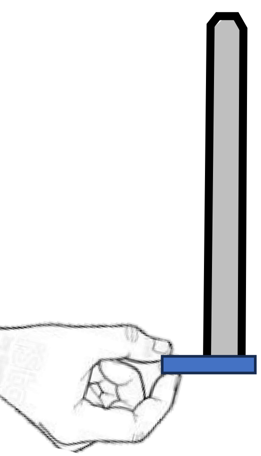
$$\boxed{p_B - p_A = \delta . g . \overbrace{(h_B - h_A)}^{\Delta h}}$$

LEY GENERAL O ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Barómetro de Hg

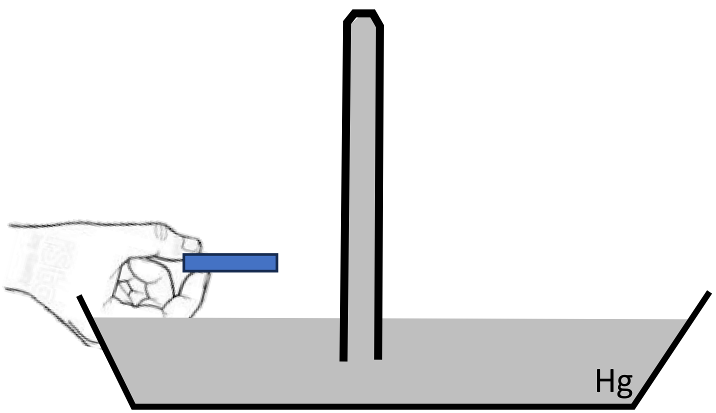
1

Si llenamos un tubo de mercurio, lo tapamos para darlo vuelta…



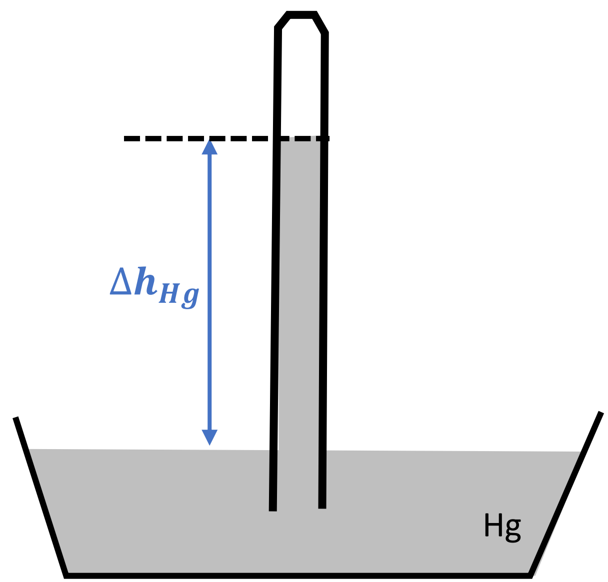
2

Y lo introducimos en un recipiente con mercurio y retiramos la tapa…



3

Si el tubo es lo suficientemente largo, el mercurio bajará hasta una altura de aproximadamente 76 cm.



4

…y habremos construido un Barómetro, ya que la altura de la columna de mercurio, depende de la presión atmosférica

Experimento.
Agua que sube

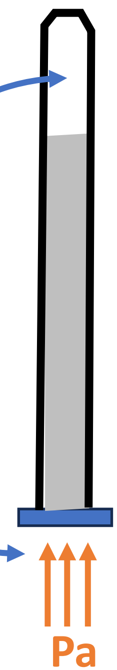
Barómetro de Hg

¿Por que el mercurio no baja completamente?

1 Incluso así se quedaría! Si la tapa fuese muy liviana y de un material que se adhiera al mercurio.

Mostrar expe. Con agua

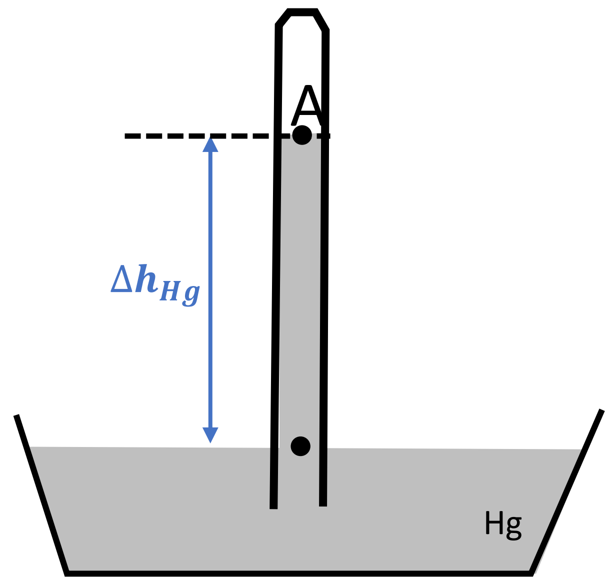
2 Si el tubo estaba lleno, aquí, la presión es de 0 Pa, ya que no hay aire.



3 De este lado, la presión atmosférica empuja el mercurio hacia arriba.

4 Entonces, va a quedar una cantidad de mercurio cuyo peso pueda ser sostenido por la presión atmosférica

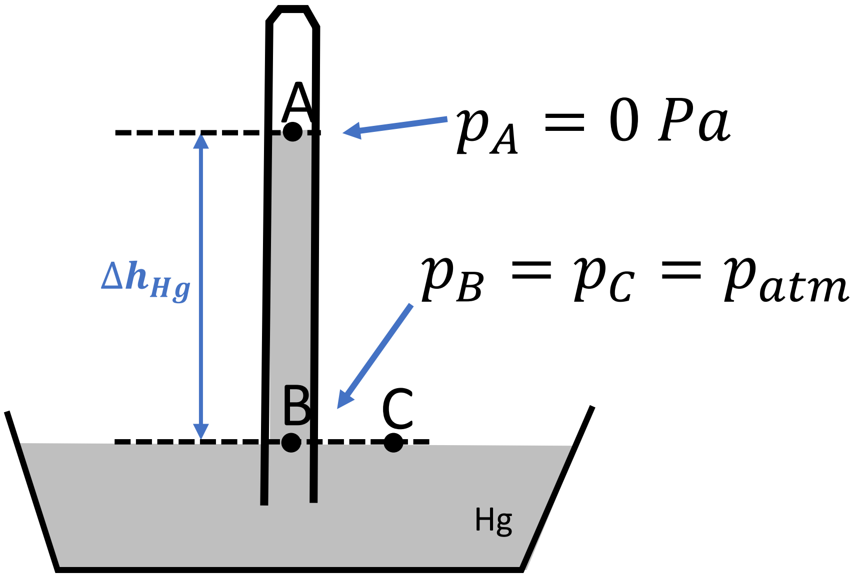
Si el tubo es lo suficientemente largo, el mercurio bajará hasta una altura de aproximadamente 76 cm.



4 Para esta situación es lo mismo, ya que en todos los puntos marcados, la presión será igual a la atmosférica.

Barómetro de Hg

Aplicando la Ley General de la Hidrostática al Barómetro, se puede encontrar la presión atmosférica.



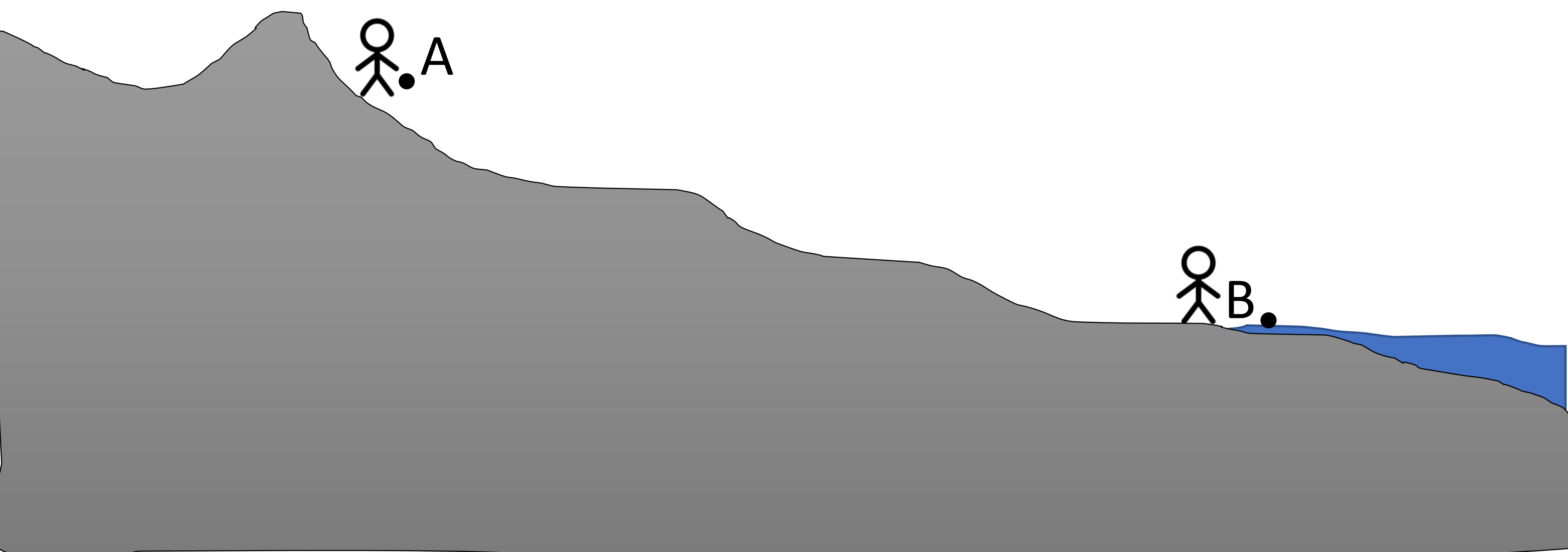
$$p_B - p_A = \delta_{Hg} . g . \Delta h_{Hg}$$

$$p_{atm} - 0 = \delta_{Hg} . g . \Delta h_{Hg}$$

$$\boxed{p_{atm} = \delta_{Hg} . g . \Delta h_{Hg}}$$

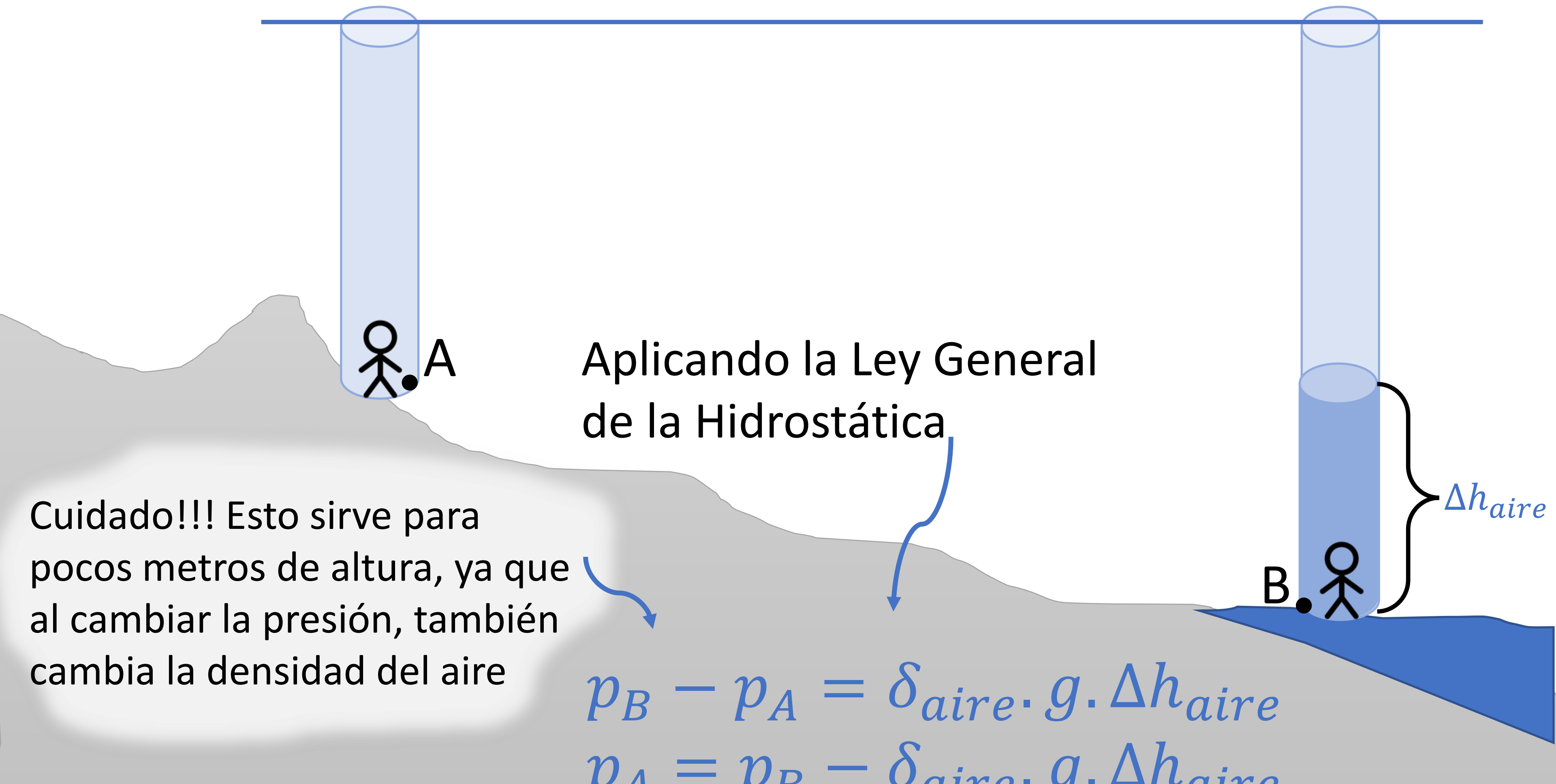
Cambios en la presión atmosférica con la altura

¿Por qué a medida que ascendemos a una montaña, la presión baja?



Cambios en la presión atmosférica con la altura

La presión baja debido a que, al ascender, tenemos menos aire por encima. Es equivalente a ascender al estar bajo el agua.



Aplicando la Ley General de la Hidrostática

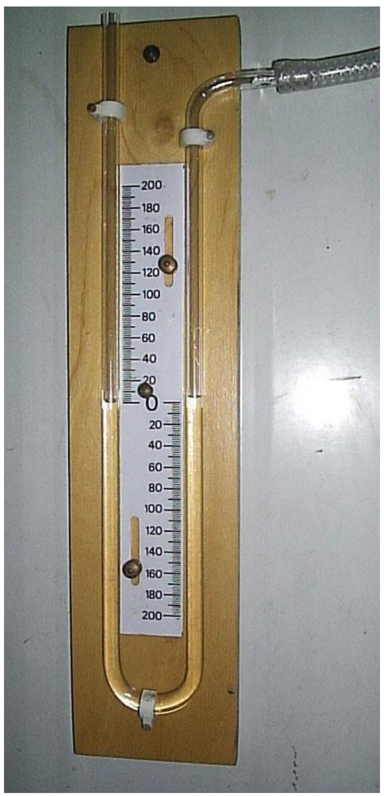
Cuidado!!! Esto sirve para pocos metros de altura, ya que al cambiar la presión, también cambia la densidad del aire

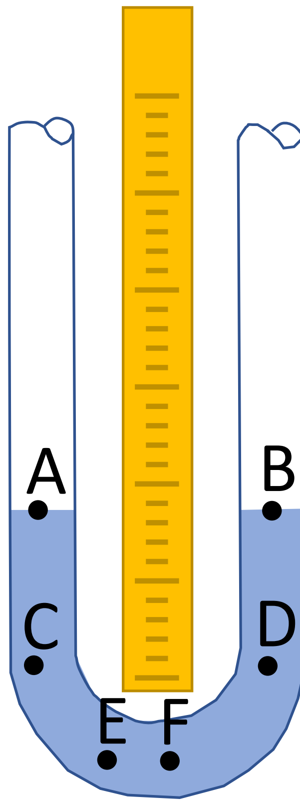
$$p_B - p_A = \delta_{aire}.g.\Delta h_{aire}$$

$$p_A = p_B - \delta_{aire}.g.\Delta h_{aire}$$

Manómetro

1 Si un Manómetro tiene los dos tubos abiertos, las dos superficies de líquido estarán a la misma altura





$$p_A = p_B = p_{atm}$$

$$p_C = p_D$$

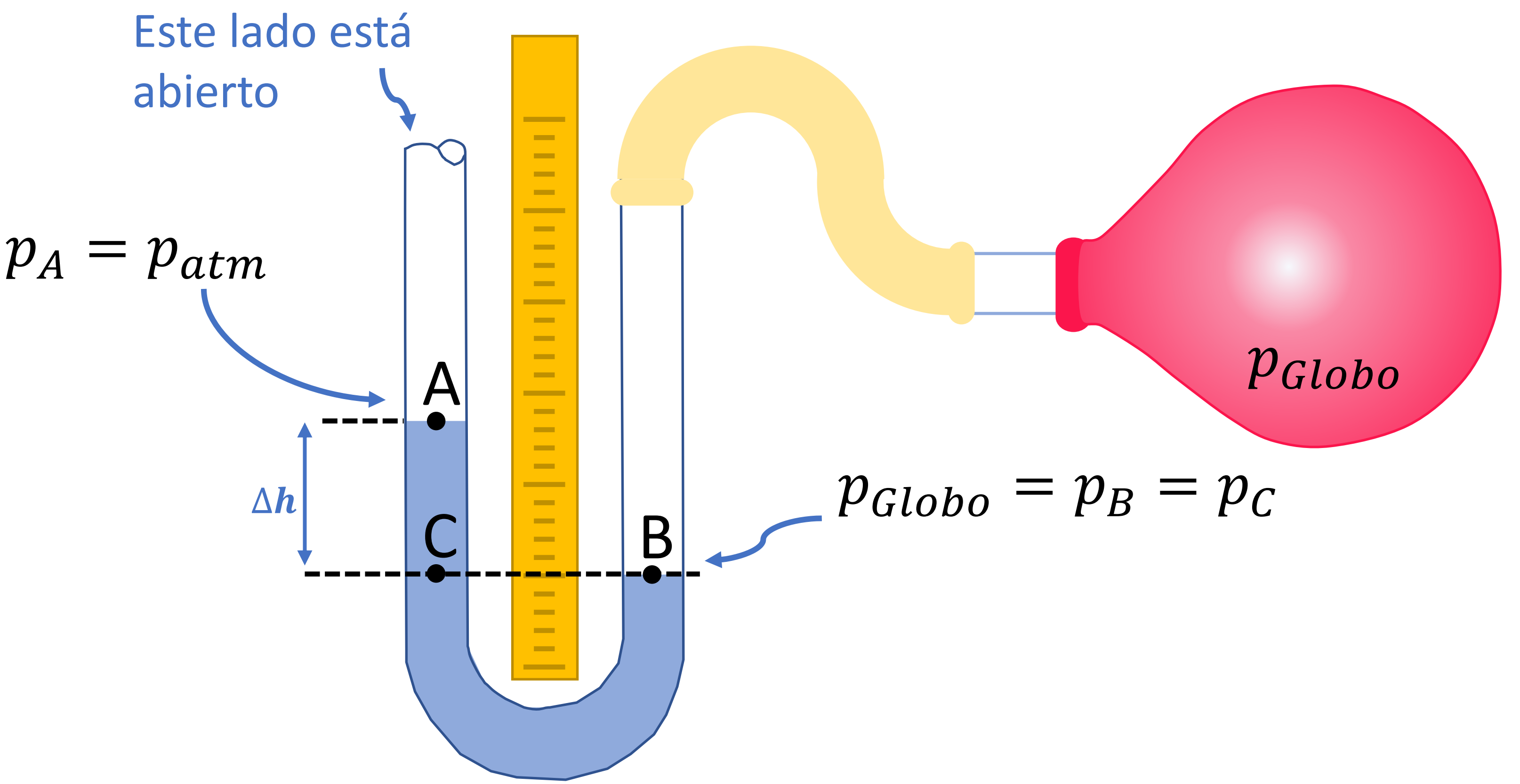
$$p_E = p_F$$

2 Al igual que en cualquier conjunto de recipientes o rubos que se encuentren comunicados

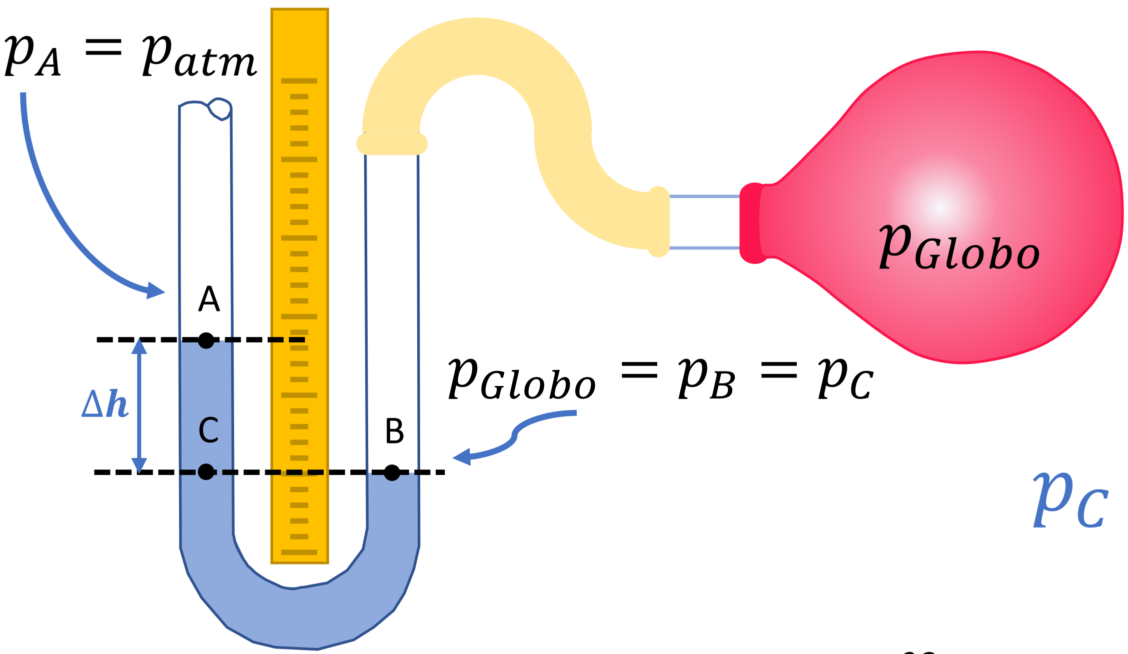
Vasos comunicantes

Manómetro

Si conectamos algo (como este globo) a un lado del manómetro, las columnas de agua se desbalancearán.
Midiendo la diferencia de alturas Δh entre las columnas de líquido, se puede calcular la presión de lo que conectamos al manómetro.



Manómetro



Aplicando la Ley General de la Hidrostática al Manómetro

$$p_C - p_A = \delta_{liq}.g.\Delta h_{liq}$$

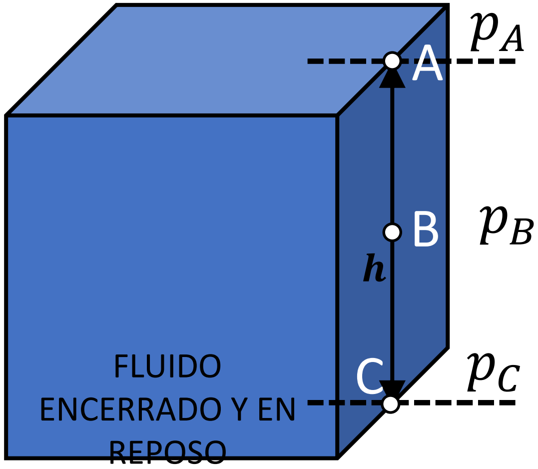
$$p_{Globo} - p_{atm} = \delta_{liq}.g.\Delta h_{liq}$$

Presión absoluta → $\boxed{p_{Globo} = p_{atm} + \delta_{liq}.g.\Delta h_{liq}}$

Restando la presión atmosférica, obtenemos la presión relativa

Presión relativa o Presión manométrica → $\boxed{\boldsymbol{p_{Rel-Globo} = \delta_{liq}.g.\Delta h_{liq}}}$

Principio de Pascal

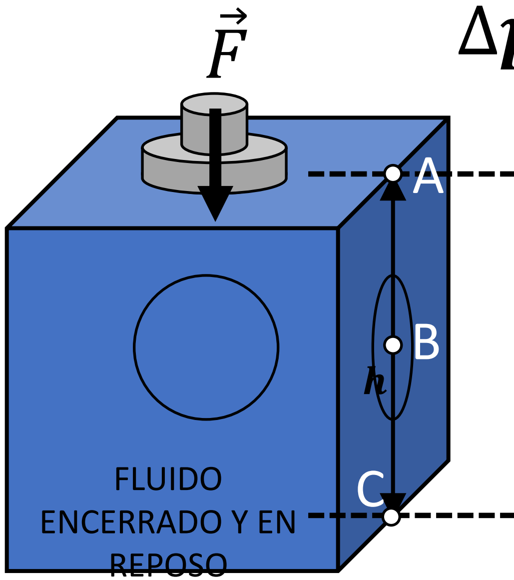


$$p_A = p_{atm}$$

$$p_B = p_A + \delta . g . \frac{h}{2} \Rightarrow p_B = p_{atm} + \delta . g . \frac{h}{2}$$

$$p_C = p_A + \delta . g . h \Rightarrow p_C = p_{atm} + \delta . g . h$$

Principio de Pascal



$$\Delta \boldsymbol{p} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{A}}$$

$$p_A = p_{atm} + \Delta p$$

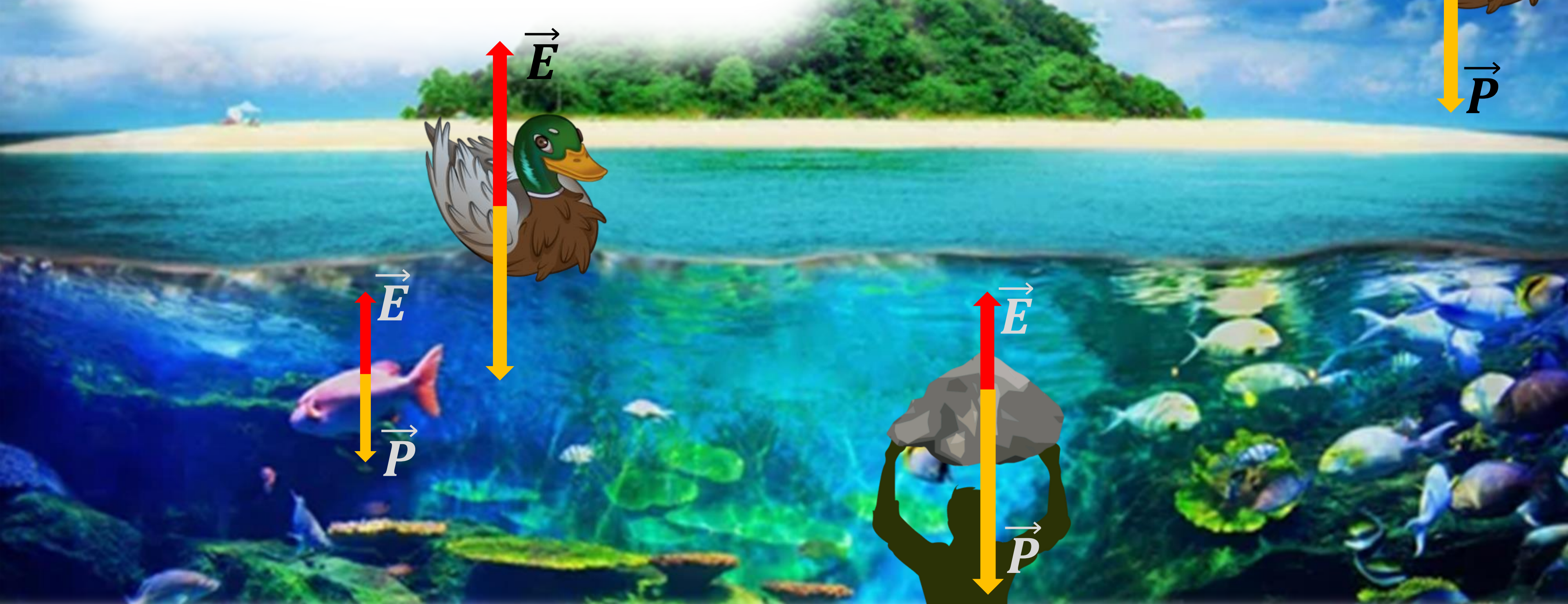
$$p_B = p_{atm} + \delta . g . \frac{h}{2} + \Delta p$$

$$p_C = p_{atm} + \delta . g . h + \Delta p$$

"La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin pérdida a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente"

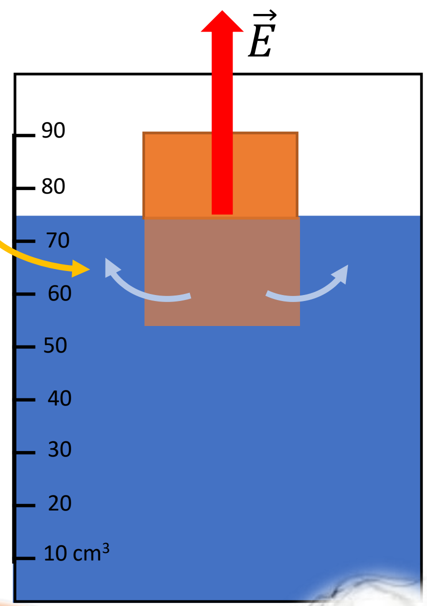
Principio de Arquímedes

- Todos habremos notado que una roca bajo el agua parece mas liviana. Y también hay cuerpos que pueden flotar sobre el líquido.
- Esto es debido a que el agua realiza una fuerza hacia arriba sobre los objetos, a esta fuerza se le llama empuje ($\vec{E}$).
- Dependiendo de la densidad del objeto, esa fuerza puede alcanzar para que el cuerpo flote.



Principio de Arquímedes
Empuje

1 Cuando un cuerpo se sumerge en un líquido, la parte sumergida del cuerpo, desplaza (o desaloja) el líquido que había en ese lugar



2 El volumen del líquido desalojado (V_{ld}), es igual al volumen sumergido del cuerpo (V_{sc}).

$$V_{SC} = V_{ld}$$

3 El empuje ($\vec{E}$) que el líquido realiza sobre el cuerpo, es igual al peso de este líquido desalojado.

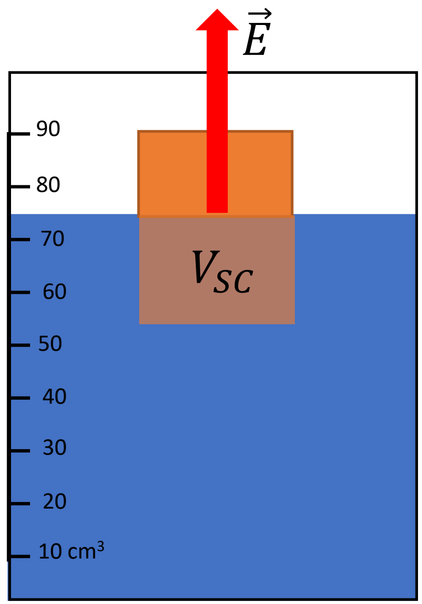
Principio de Arquímedes

4 “Todo cuerpo sumergido en un fluido, recibe un **empuje** de abajo hacia arriba **igual al peso del líquido desalojado**.”

Principio de Arquímedes
Determinación del Empuje

Dijimos que el empuje es igual al peso del líquido desalojado:

$$\boldsymbol{E = P_{ld}}$$



Y vimos que el peso de algo lo podemos escribir como: $\boldsymbol{P = \delta}.V.\boldsymbol{g}$

Para expresar el peso del líquido desalojado, debemos utilizar, la **densidad del líquido ($\boldsymbol{\delta_l}$)**, y el volumen del líquido desalojado (V_{ld}), que como vimos, es igual al volumen sumergido del cuerpo (V_{SC}).

Entonces: $$\boldsymbol{E = P_{ld} = \delta_l . V_{SC} . g}$$

$$\boxed{\boldsymbol{E = \delta_l . V_{SC} . g}} \quad [\boldsymbol{N}]$$

Principio de Arquímedes
Demostración

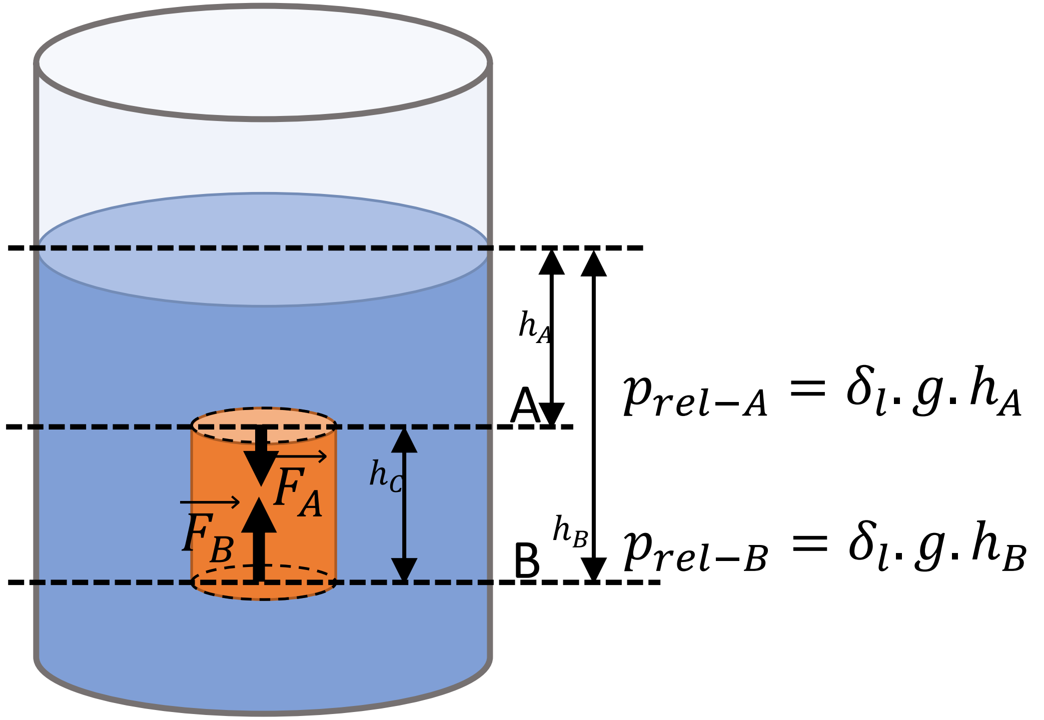
$$\sum F_y = EMPUJE$$

$$F_A = S.p_{rel-A}$$

$$F_A = S.\delta_l.g.h_A$$

$$F_B = S.p_{rel-B}$$

$$F_B = S.\delta_l.g.h_B$$



$$\sum F_y = F_B - F_A$$

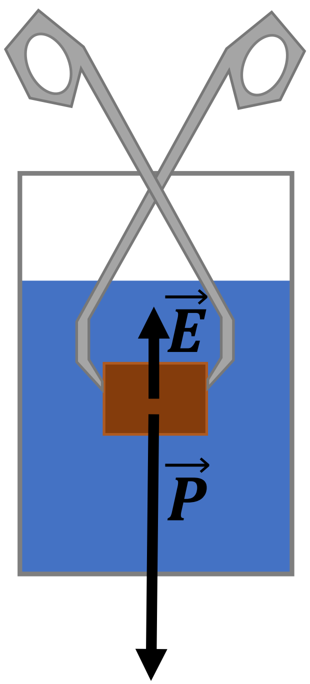
$$\sum F_y = S.\delta_l.g.h_B - S.\delta_l.g.h_A$$

$$\sum F_y = S.\delta_l.g.(h_B - h_A) = S.\delta_l.g.h_C = \delta_l.g.V_C = E$$

Empuje en diferentes cuerpos

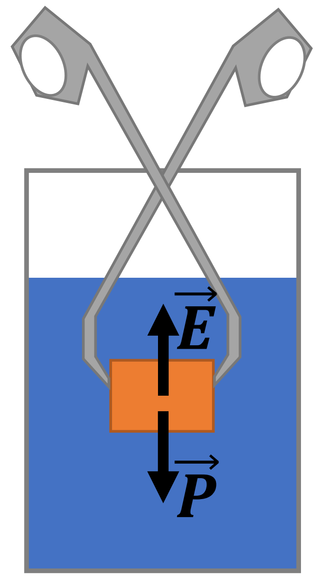
Cuerpo de hierro.

$\delta_{Hierro} > \delta_{líquido}$



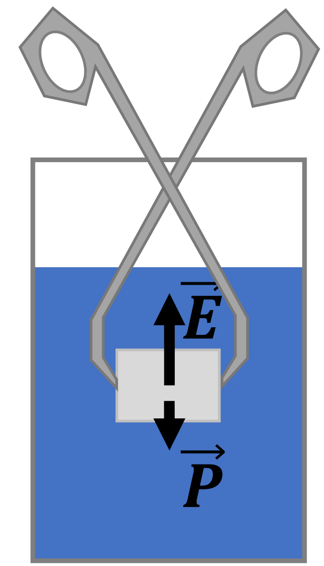
Cuerpo de algún plástico de igual densidad que el agua.

$\delta_{plástico} = \delta_{líquido}$



Cuerpo de corcho.

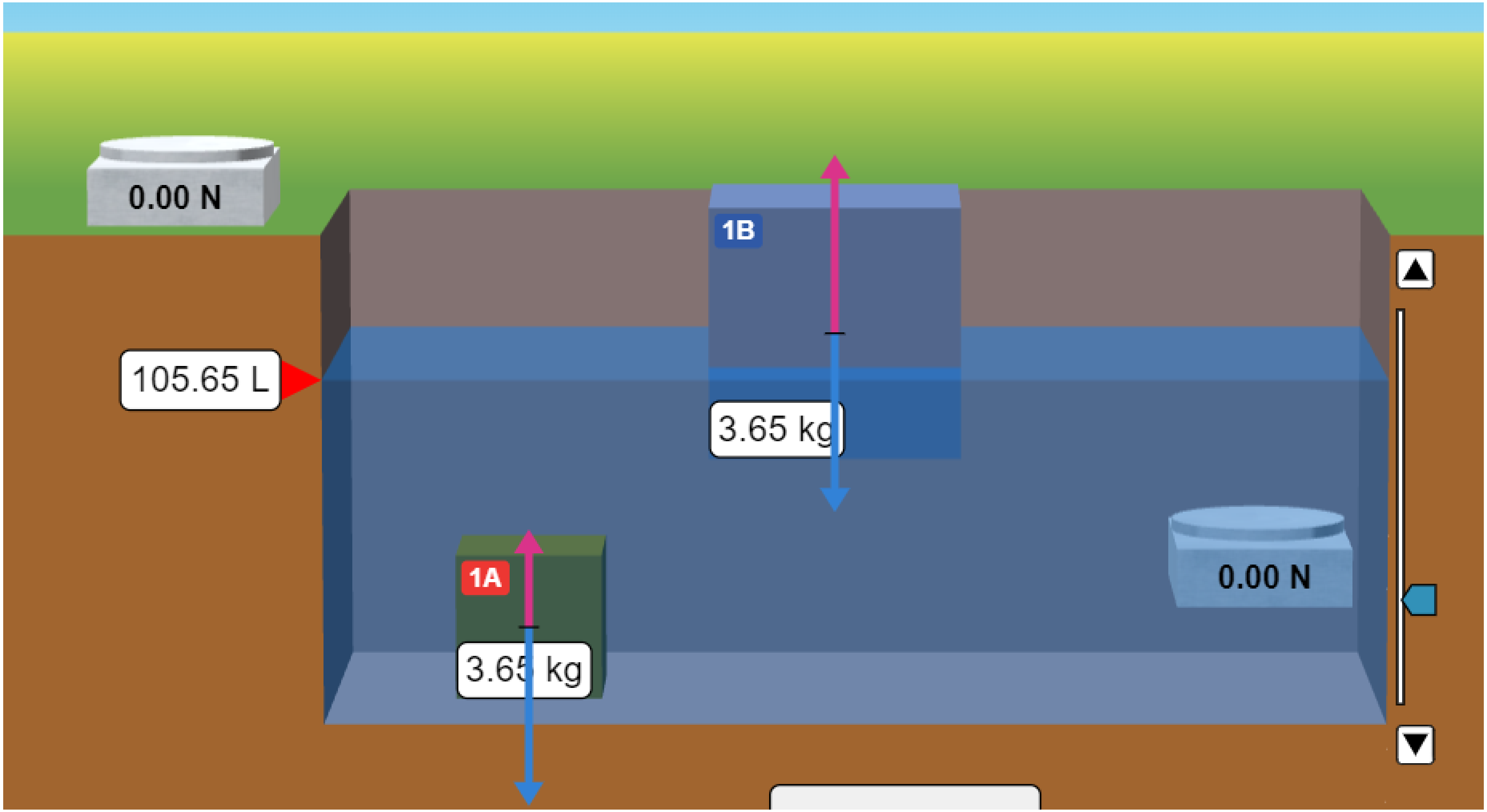
$\delta_{corcho} < \delta_{líquido}$



- Si los cuerpos de diferente material tienen el mismo volumen, ¿como serán sus empujes?
- ¿Que sucederá cuando soltemos cada cuerpo?

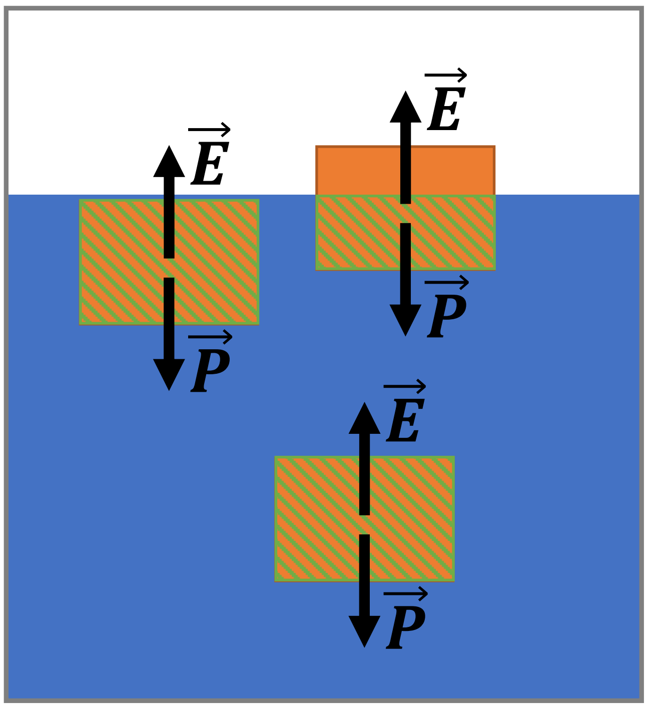
Simulación de empuje

Enlace a simulación



Principio de Arquímedes
Flotación

Si el cuerpo se encuentra flotando (con una parte fuera del líquido o totalmente sumergido), está en equilibrio. $\rightarrow \sum \vec{\boldsymbol{F}} = \mathbf{0}$



$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{E} = 0$$

$P = V.\delta.g$

$$E - P = 0$$

$$\boxed{E = P}$$

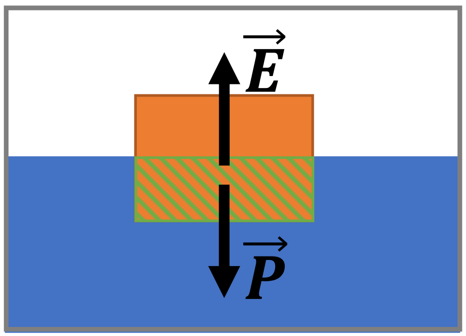
$$V_{sC} . \delta_l . \cancel{g} = V_C . \delta_C . \cancel{g}$$

$$\boxed{\frac{V_{sC}}{V_C} = \frac{\delta_C}{\delta_l}}$$

Principio de Arquímedes

Flotación

parcialmente sumergido



$$\frac{V_{sC}}{V_C} = \frac{\delta_C}{\delta_l} \longrightarrow \delta_C < \delta_l$$

Proporción del cuerpo que está sumergido

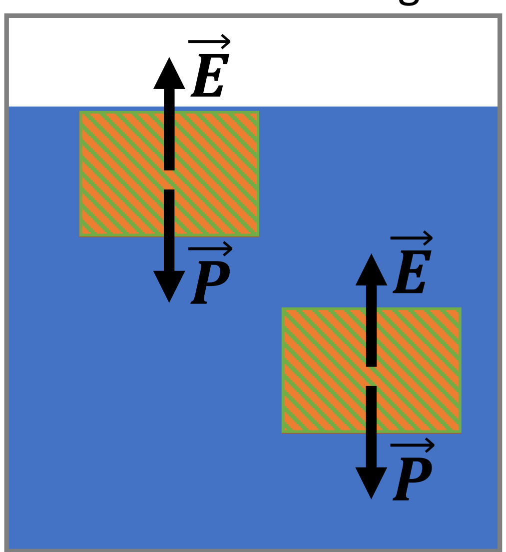
Ejemplo para δ_l=1000Kg/m^3 ,V_C=4 m^3 y V_{sC}=2 m^3

$$\delta_C = \frac{V_{sC}}{V_C} . \delta_l$$

$$\delta_C = \frac{2}{4} . 1000$$

δ_C=500 Kg/m^3

Totalmente sumergido



$$\frac{V_{sC}}{V_C} = \frac{\delta_C}{\delta_l}$$

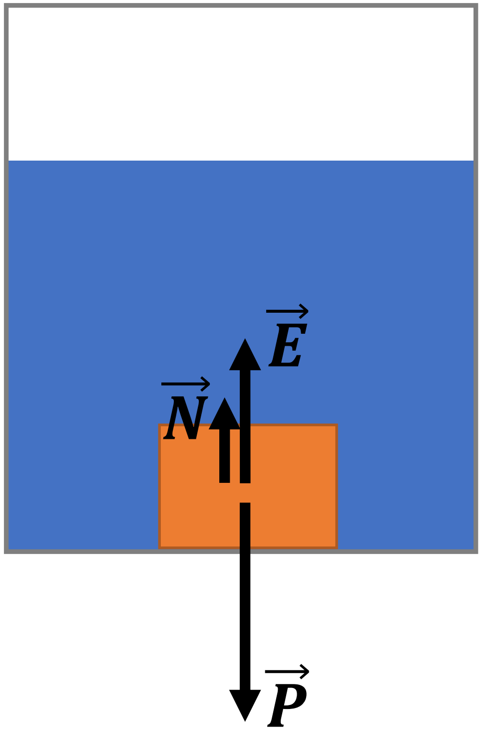
$$Como\ V_{sC} = V_C$$

$$\frac{V_C}{V_C} = \frac{\delta_C}{\delta_l} \longrightarrow \delta_l = \delta_C$$

Experimento de flotación

Principio de Arquímedes
Hundimiento a fondo

- Si el cuerpo es mas denso que el agua, se hundirá hasta que llegue al fondo y encuentre el equilibrio gracias a la fuerza normal (N) que le hará el fondo del recipiente.
- En ese momento de equilibrio tendremos: $\sum \vec{F} = 0$



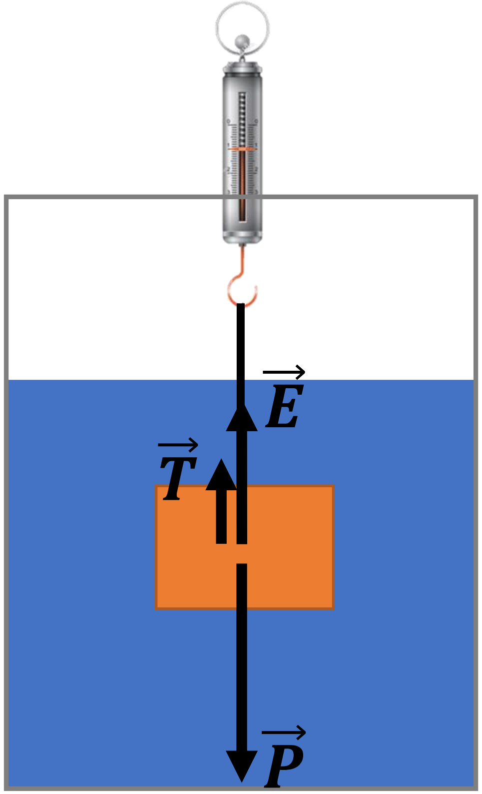
$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{E} + \vec{N} = 0$$

$$\sum F_Y = E + N - P = 0$$

Principio de Arquímedes

Hundimiento a fondo

- Otra forma de que un cuerpo que se hunde, encuentre el equilibrio, es sostenerlo con una cuerda.
- Y si la cuerda se sostiene de un dinamómetro, podemos medir la fuerza necesaria (T) para sostenerlo. Tendremos: $\longrightarrow \sum \vec{F} = 0$



$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{E} + \vec{T} = 0$$

$$\sum F_Y = E + T - P = 0$$

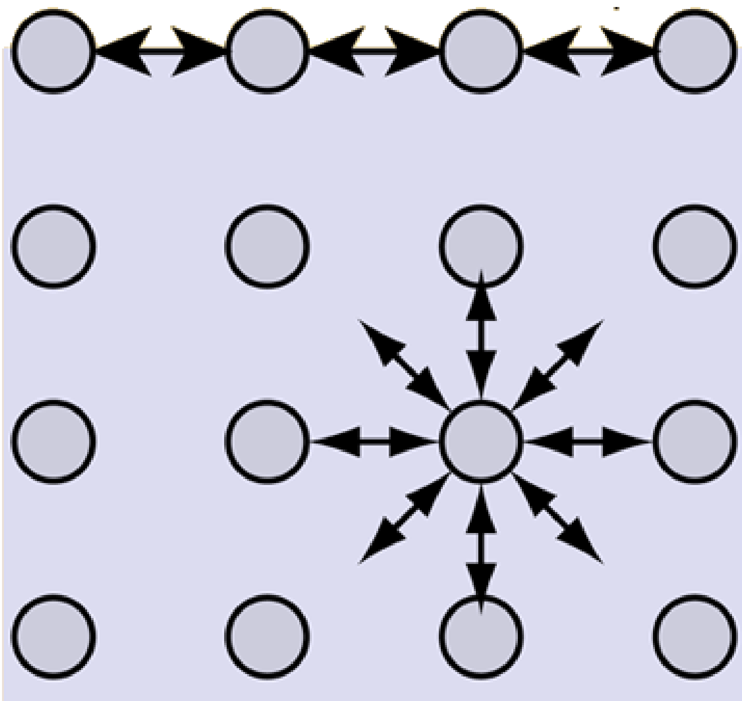
$$V_C.\delta_l.g + T - V_C.\delta_C.g = 0$$

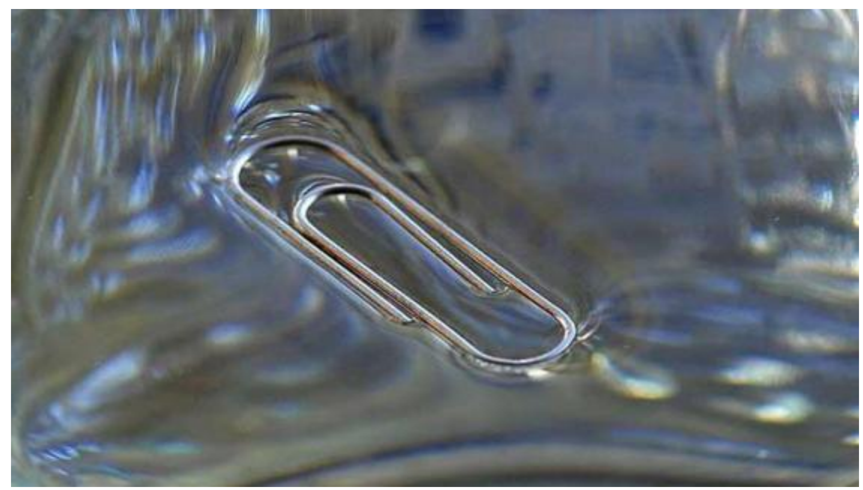
$$T = V_C.\delta_C.g - V_C.\delta_l.g$$

$$T = V_C.g.(\delta_C - \delta_l) \longrightarrow \boxed{\delta_C > \delta_l}$$

Si $\delta_C > \delta_l$, el cuerpo necesita de una fuerza (T) hacia arriba para estar en equilibrio, por lo tanto, si no tiene esta fuerza, se hundirá

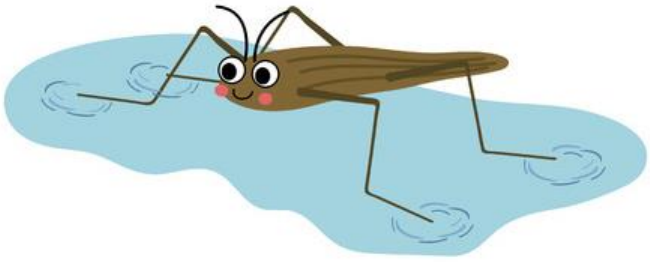
Tensión Superficial





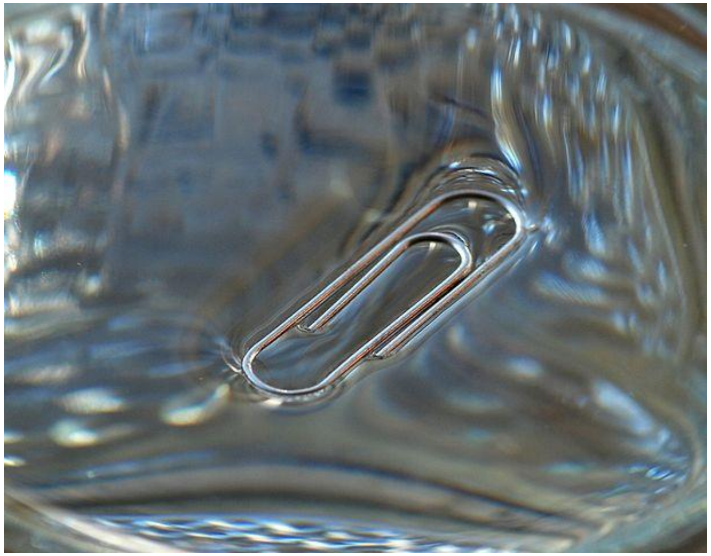
Tensión Superficial

- En la superficie del líquido, aparece una fuerza como reacción al apoyo del cuerpo sobre ella. Esa fuerza actúa distribuida a lo largo de todo el perímetro de la superficie del cuerpo que se apoya en el líquido.
- La tensión superficial γ, propia de cada líquido, es la cantidad de fuerza que puede lograr por unidad de longitud.



$$\gamma = \frac{F}{L} \left[\frac{N}{m}\right]$$

Tensión Superficial



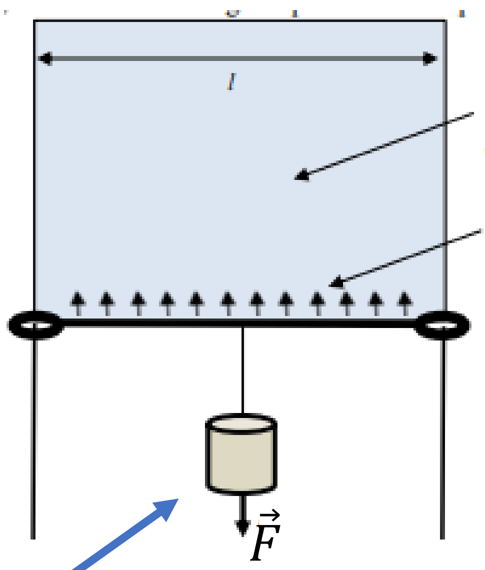
$L = 2.\pi.\mathrm{R}$

$L = 2.l$

Si colocamos distintos objetos en el mismo líquido, tenemos siempre el mismo γ, la forma de los objetos puede modificar el valor de L, y eso cambiará la fuerza que el líquido es capaz de hacer.

$F = \gamma.L$ Si uso formas con mayor perímetro, logro soportar objetos más pesados

Medición de la tensión superficial γ



Película de líquido que se forma en el marco

Fuerza de la tensión superficial

Peso para compensar la fuerza de la tensión superficial

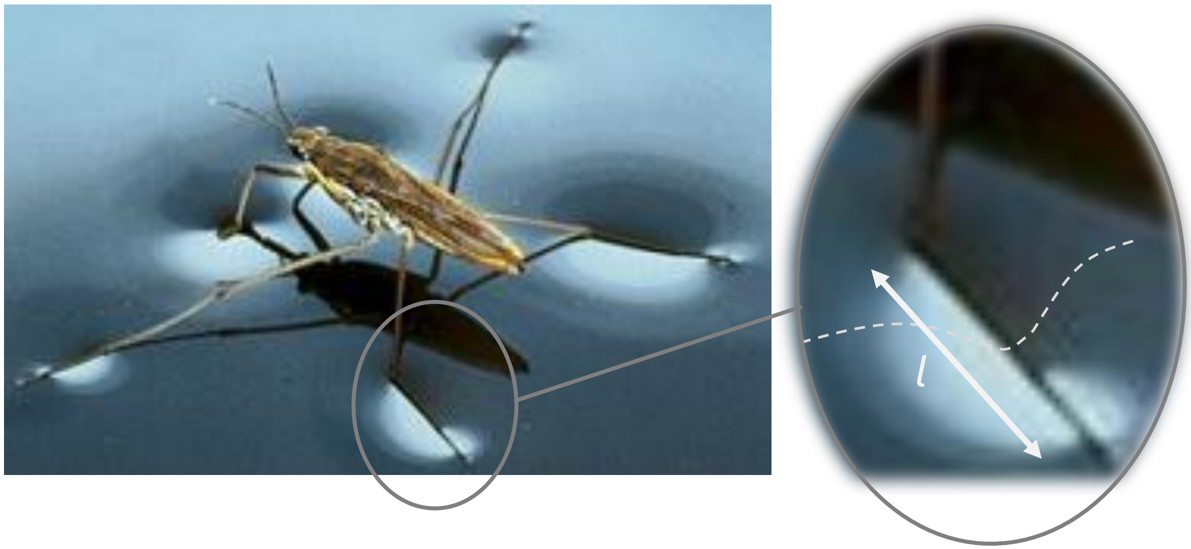
$$\gamma = \frac{F}{L}$$

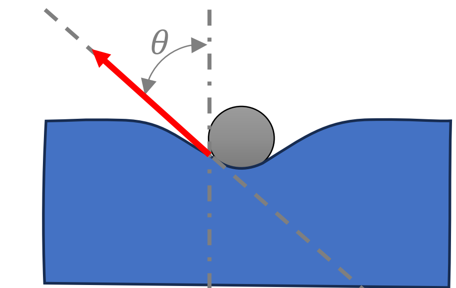
$$L = 2.\,l$$

$$\gamma = \frac{F}{2.\,l}$$

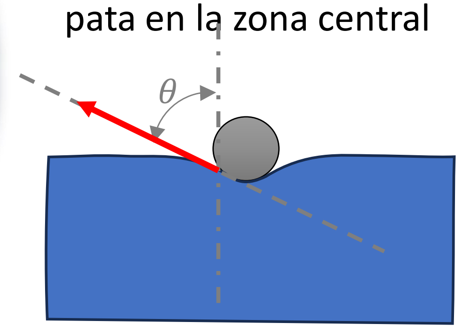
Experimento

Insectos que caminan en el agua



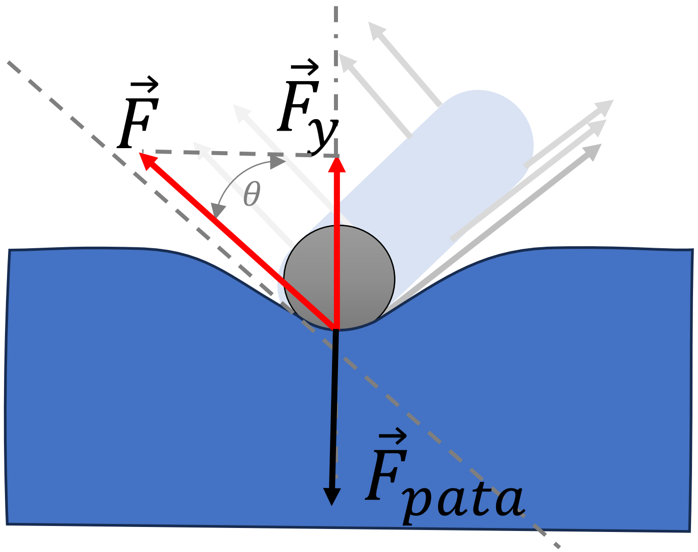


Corte transversal de la pata en la zona central



Corte transversal de la pata cerca del extremo

Insectos que caminan en el agua



Si el insecto está en equilibrio, la fuerza que hace la pata hacia abajo $\vec{F}_{pata}$ debe ser igual a la componente en y de la fuerza de la tensión superficial $\vec{F}_{\gamma_y}$

$$F_{pata} = F_y = F.cos\theta$$

Y la fuerza F que realiza la tensión superficial será: $F = \gamma . L$

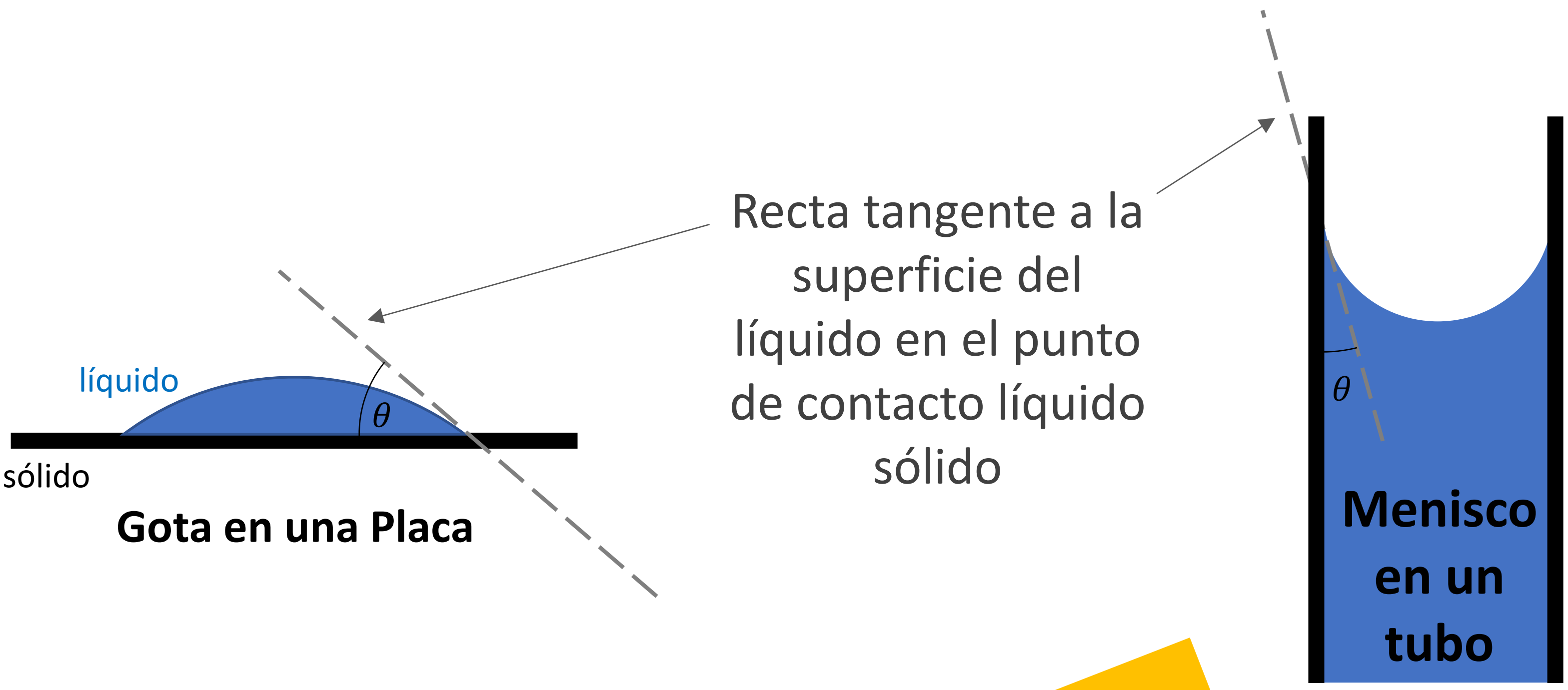
$$\gamma = \frac{F}{L}$$

Remplazando esto en la ecuación de arribanos queda:

$$\boxed{F_{pata} = \gamma . L. cos\theta}$$

Capilaridad

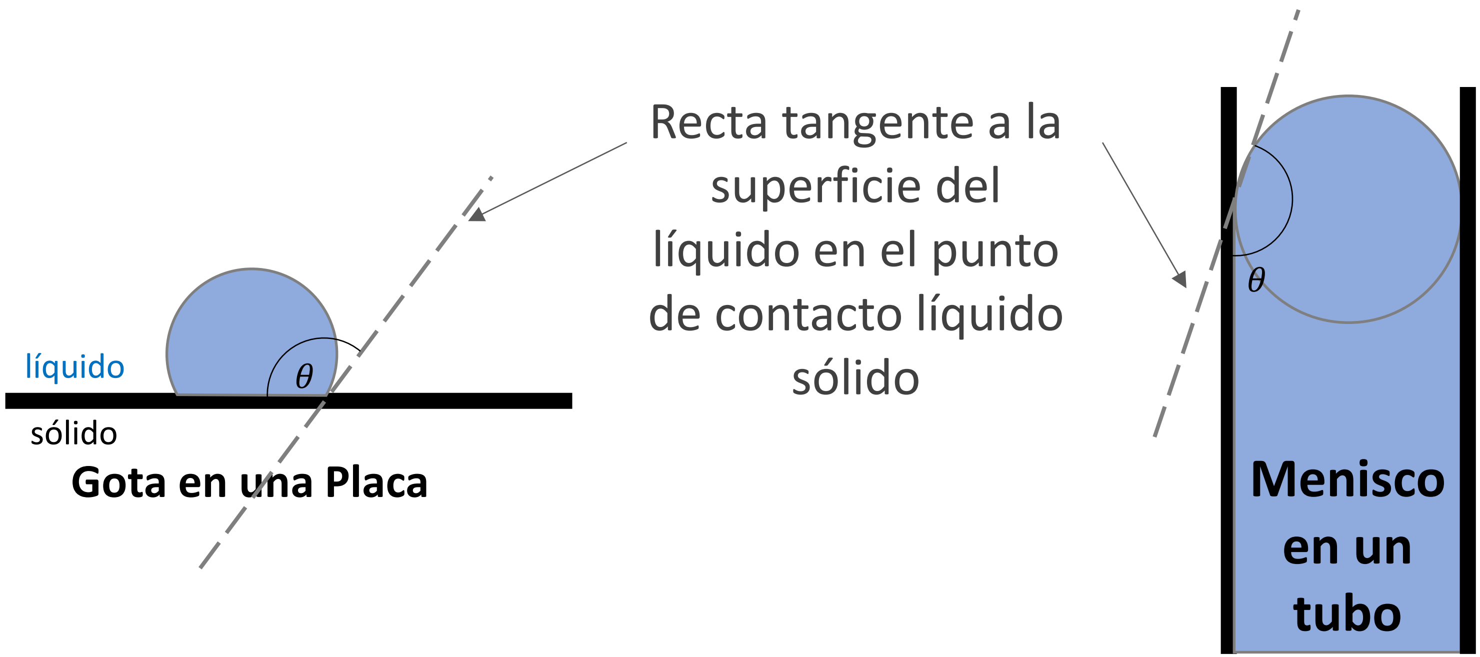
Ángulo de contacto de un sólido con un líquido:
Cuando hay afinidad entre el sólido y el líquido, el líquido moja al sólido (tiende a avanzar sobre el) y el ángulo de contacto $\theta < 90°$



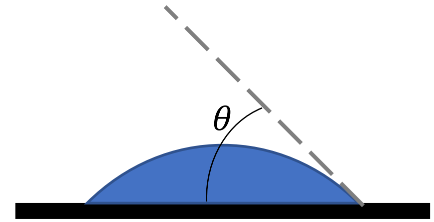
Experimento

Capilaridad

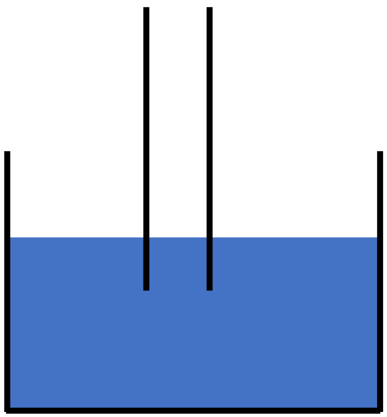
Ángulo de contacto de un sólido con un líquido:
Cuando hay repulsión entre el sólido y el líquido, el líquido no moja al sólido (tiende a avanzar sobre el) y el ángulo de contacto $\theta > 90°$



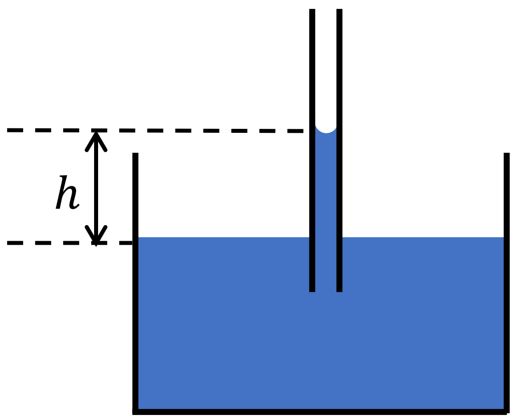
Capilaridad



Cuando el ángulo de contacto $0° < \theta < 90°$



Al sumergir un tubo con radio grande no pasa nada



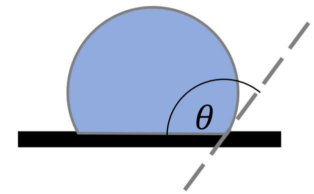
Al sumergir un capilar (un tubo de radio pequeño)

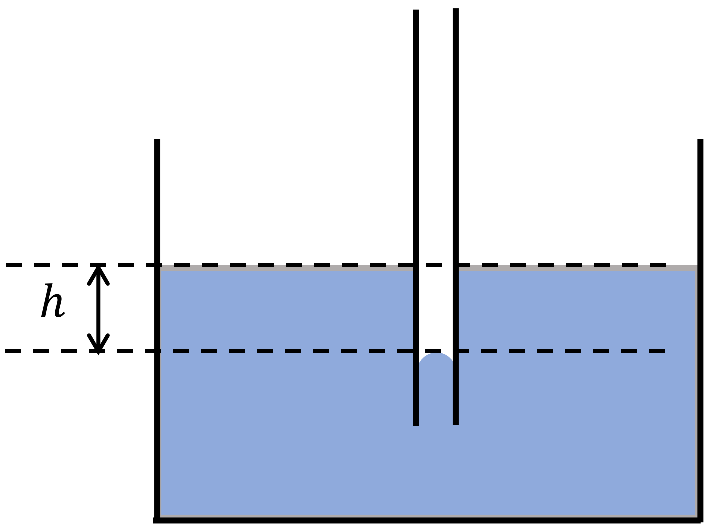
El ascenso por el capilar NO se debe a diferencias de presiones. Se debe a la tensión superficial del líquido y al ángulo de contacto entre el líquido y las paredes sólidas del capilar. Como se trata de un ascenso en el capilar, h es positivo, y este signo está dado por el $\cos\theta$

$$\boxed{h = \frac{2.\gamma.\cos\theta}{\delta.g.R}}$$

Capilaridad

Cuando el ángulo de contacto es: $90° < \theta < 180°$





El descenso por el capilar NO se debe a diferencias de presiones. Se debe a la tensión superficial del líquido y al ángulo de contacto entre el líquido y las paredes sólidas del capilar.
Como se trata de un descenso en el capilar, h es negativo, y este signo está dado por el $\cos\theta$

$$\boxed{h = \frac{2.\gamma.\cos\theta}{\delta.g.R}}$$