

“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

ESTÁTICA DE LOS FLUIDOS

En Física el término **fluido** hace referencia a sistemas materiales líquidos y gaseosos. Se caracterizan por no poseer forma propia, adquiriendo la del recipiente que los contiene. Las moléculas que los contienen tienen más libertad de movimiento que en los sólidos pudiendo desplazarse entre ellas (líquidos) o libremente (gases).

La estática de fluidos estudia estos sistemas materiales en estado de equilibrio, es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición. Si la estática de fluidos se ocupa del estudio de los líquidos, particularmente del agua, se suele llamar *hidrostática*. Si el objeto del estudio son los gases, se denomina *aerostática*.

Presión

El concepto de presión aparece cuando se quiere estudiar el efecto que una fuerza ejerce sobre una superficie.

Ejemplos: si andamos sobre un suelo nevado, el efecto de la fuerza peso no es el mismo si andamos con un calzado normal o si lo hacemos sobre unas raquetas. Un objeto punzante es capaz de penetrar fácilmente en algunos cuerpos porque la fuerza que ejerce lo hace sobre una superficie muy pequeña.

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa. Es una magnitud escalar (es un número positivo) que se determina mediante la relación entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la que actúa.

$$P = \frac{F}{S}$$

Donde P = Presión, F = Fuerza, S = Superficie.

Podemos ver que la expresión se ajusta a los hechos observados:

- Para una misma superficie, si la fuerza aumenta, la presión aumenta (relación directa).
- Para una misma fuerza, si la superficie disminuye la presión aumenta (relación inversa).

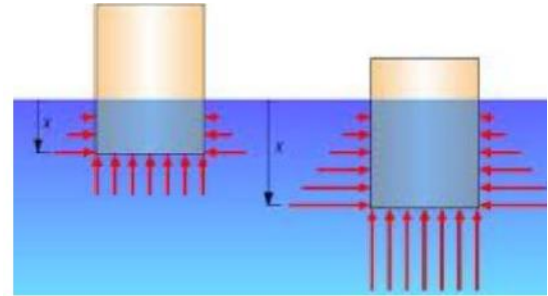
La unidad de la presión en el S.I. es el newton por metro cuadrado, N/m², que recibe el nombre de Pascal (Pa). Por definición, pues, un pascal es la presión que ejerce una fuerza de un newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

$$P = \frac{F}{S} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ metro cuadrado}} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

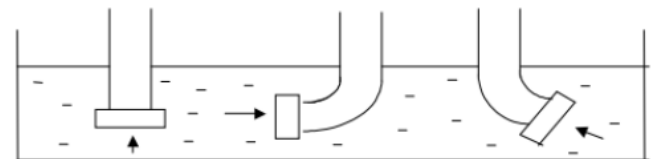
Presión en el interior de un líquido

Los fluidos en equilibrio ejercen fuerzas perpendiculares sobre las superficies de los recipientes que los contienen y sobre las superficies de los cuerpos sumergidos en los mismos.



Observaciones:

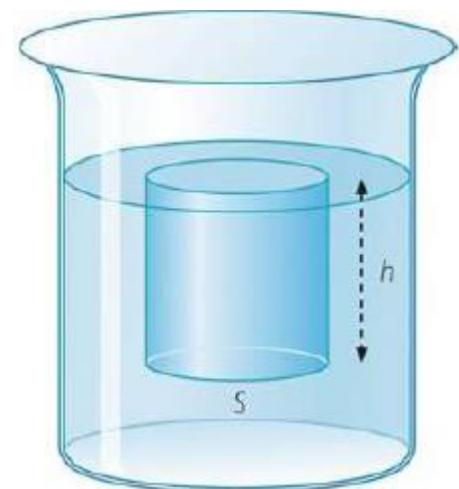
- ① Se puede observar que a mayor profundidad la fuerza que se ejerce es mayor.
- ② El recipiente que contiene un líquido soporta una fuerza debido al peso del líquido y, por tanto, sobre él actúa una presión.
- ③ Esta presión también actúa sobre el propio líquido, ya que las capas superiores del mismo ejercen una fuerza sobre las capas inferiores.
- ④ Por tanto, en el interior de un líquido también existe una presión, originada por su propio peso, que se llama **presión hidrostática**.



A la hora de obtener una expresión para la presión hidrostática imaginemos un punto cualquiera del interior de un líquido de densidad, d .

La presión que hay en todos los puntos de un líquido situados a una profundidad h , es debida al peso de la columna de líquido de dicha altura. La presión que ejerce esta columna de líquido sobre la superficie S es,

$$P = \delta * g * h$$



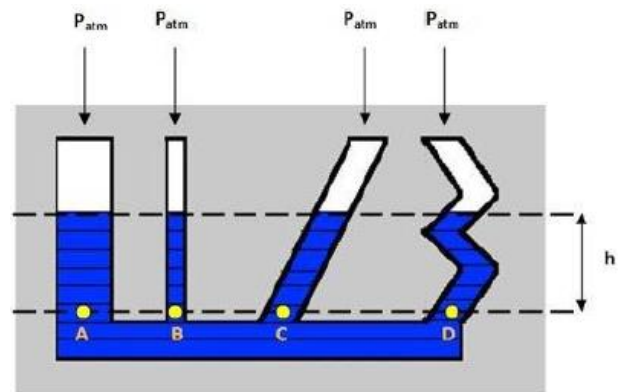
“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Expresión, principio fundamental de la hidrostática, que permite conocer la presión que ejerce un líquido cualquiera a una profundidad determinada. Para que el resultado obtenido sea en *pascales (Pa)* se deben utilizar unidades en el S.I., es decir:

$$\text{densidad, } d \rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{gravedad, } g \rightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{profundidad, } h \rightarrow \text{m}$$

Si observamos la expresión del principio fundamental de la hidrostática vemos que la presión que ejerce un líquido determinado en realidad solo depende de la profundidad y es independiente de la forma del recipiente.

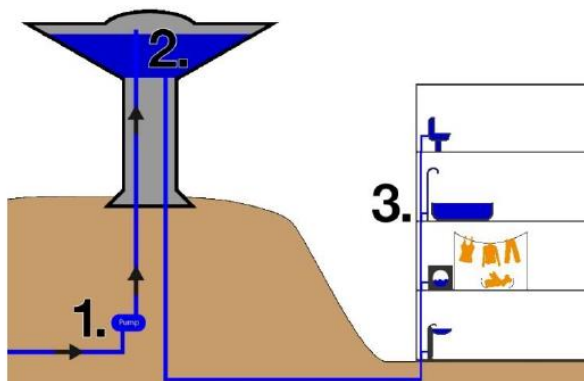
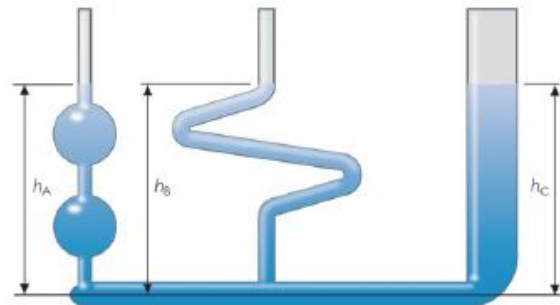
Así, en los puntos A, B, C y D de la figura adjunta la presión es la misma ya que están a la misma profundidad. Esto es independiente de que los vasos estén comunicados o no.



Vasos comunicantes

Son recipientes que tienen sus bases comunicadas. En estos recipientes (abiertos por su parte superior) un líquido alcanza siempre la misma altura en todos los vasos comunicados independientemente de la forma de estos.

Como hemos visto en la paradoja hidrostática, la presión



“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

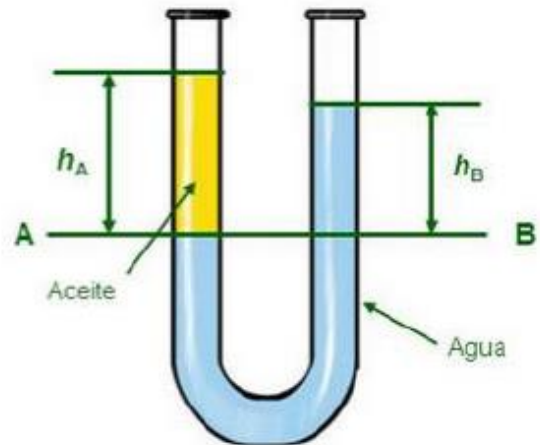
Vasos comunicantes con líquidos no miscibles

Cuando los recipientes de los vasos comunicantes contienen dos líquidos inmiscibles de distinta densidad, la altura alcanzada en cada recipiente no es la misma.

En la figura adjunta se muestra la situación en un tubo en U con dos líquidos inmiscibles (por ejemplo, agua y aceite).

Vemos que el líquido menos denso alcanza más altura (h_A) que el más denso (h_B).

En un punto situado a la misma distancia desde la base del tubo la presión es la misma, por tanto,



$$P_A = d_A \cdot g \cdot h_A$$

$$P_B = d_B \cdot g \cdot h_B$$

Como $P_A = P_B$, al dividir las expresiones y así encontrar la relación entre ellas, nos encontramos:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{d_A \cdot g \cdot h_A}{d_B \cdot g \cdot h_B}$$

$$1 = \frac{d_A \cdot h_A}{d_B \cdot h_B}$$

$$\frac{h_B}{h_A} = \frac{d_B}{d_A}$$

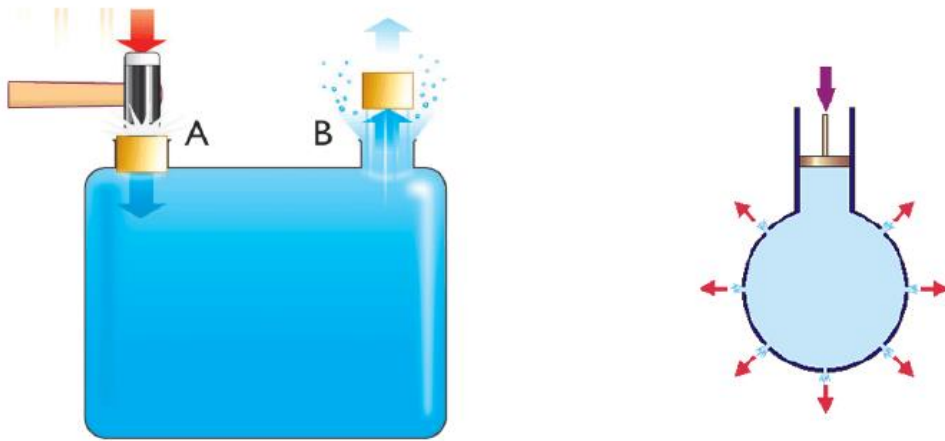
“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Principio de Pascal

El comportamiento de un líquido difiere del de un gas cuando es sometido a una presión externa. Así, mientras que los gases se pueden comprimir o expandir, los líquidos son incompresibles.

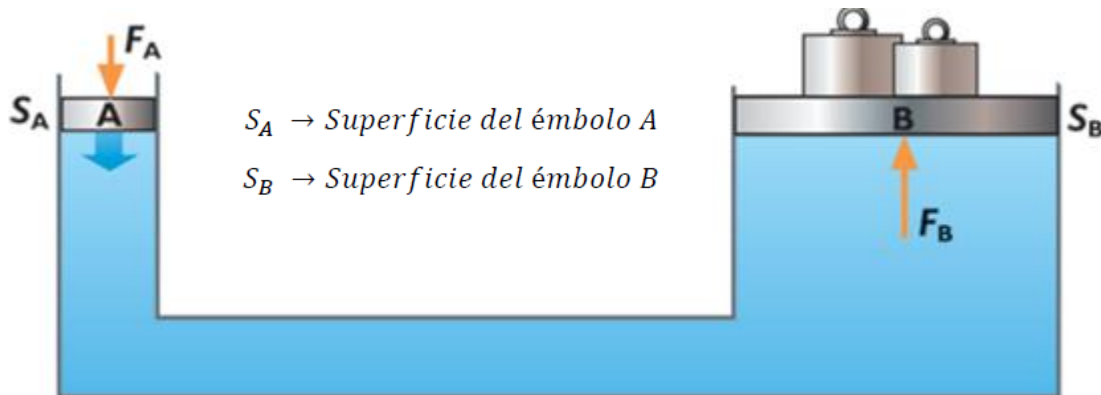
El físico francés Blaise Pascal (1623-1662) demostró el principio que lleva su nombre:

La presión ejercida sobre un líquido en equilibrio se transmite a todos los puntos del mismo con igual intensidad



Dentro de las aplicaciones más importantes de este principio tenemos la utilización de la incompresibilidad de un líquido para transmitir una fuerza desde un punto a otro, como en una prensa hidráulica, en un sistema de frenos hidráulicos, una dirección asistida, etc.

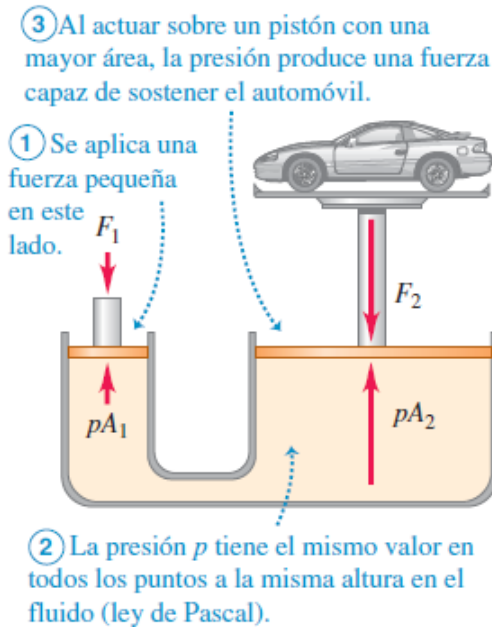
Básicamente todos estos sistemas consisten en dos cilindros de secciones diferentes unidos por un tubo y que contienen un líquido. Dichos cilindros están cerrados por émbolos de diferente tamaño que están en contacto con el líquido.



“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Cuanto mayor es la diferencia entre las superficies del émbolo grande y pequeño, más eficaz es una prensa.

El elevador hidráulico es una aplicación de la ley de Pascal. El tamaño del recipiente lleno de fluido se ha exagerado por claridad.



Presión en gases. Presión atmosférica.

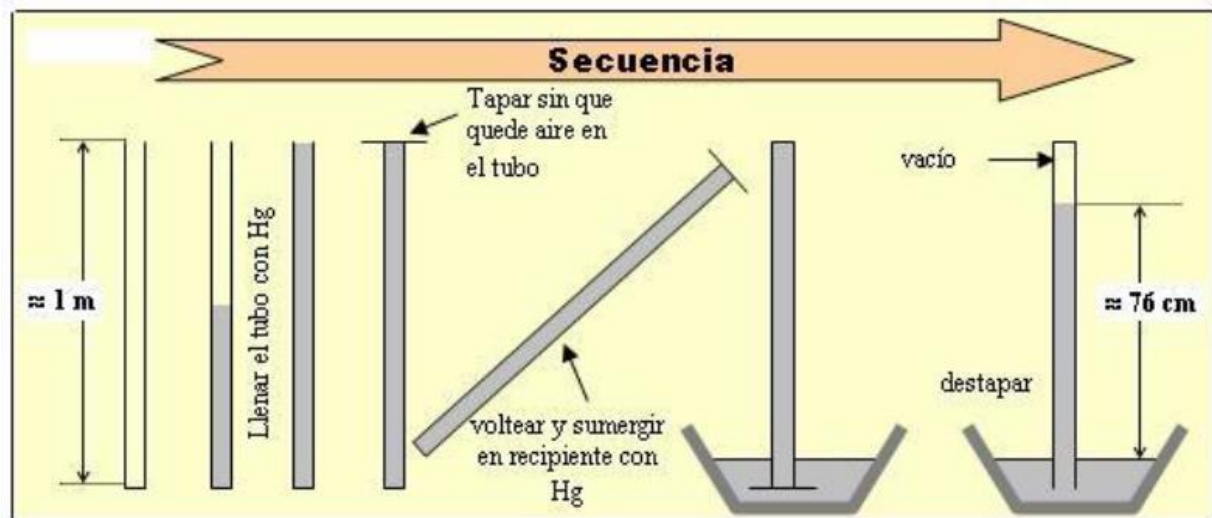
Ideas básicas sobre un gas ideal (teoría cinético-molecular de los gases):

- En el estado gaseoso sus partículas (moléculas) están separadas entre sí y se mueven con gran libertad.
 - En un gas ideal estas partículas son muy pequeñas en comparación con la distancia que las separa y están en continuo movimiento, pudiendo chocar entre sí y con las paredes del recipiente que contiene al gas.
 - No existe atracción ni repulsión entre las partículas del gas ideal. Sus choques son perfectamente elásticos.
- Cada uno de estos choques ejerce una pequeña fuerza, siendo la suma de todas las fuerzas que producen todos los choques en un instante determinado la causa de la presión del gas.
 - La velocidad de las partículas está directamente relacionada con la temperatura del gas. Si la temperatura aumenta, aumenta también la velocidad de las partículas del gas.
 - Entre los motivos que pueden hacer aumentar la presión de un gas, por separados o todos a la vez:
 - i. Aumento del número de choques al aumentar la cantidad de gas que hay en el recipiente
 - ii. Aumento de la velocidad de las partículas (temperatura) que hace que los choques sean más violentos.
 - iii. Disminución del espacio disponible (volumen): las partículas están más juntas y el número de choques aumenta.

“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Presión atmosférica. Experimento de Torricelli. Unidades de presión.

La atmósfera es el conjunto de gases que rodean la Tierra y que, por tanto, ejercen presión sobre su superficie y sobre los objetos “sumergidos” en ella. En 1643 Evangelista Torricelli, que fue discípulo de Galileo Galilei, midió la presión atmosférica mediante el experimento que viene representado a continuación.



La sección del tubo normalmente es de 1 cm^2 . En cualquier caso, la altura alcanzada es independiente del diámetro del tubo, de su longitud (siempre que sea mayor de 760 mm) y de su inclinación.

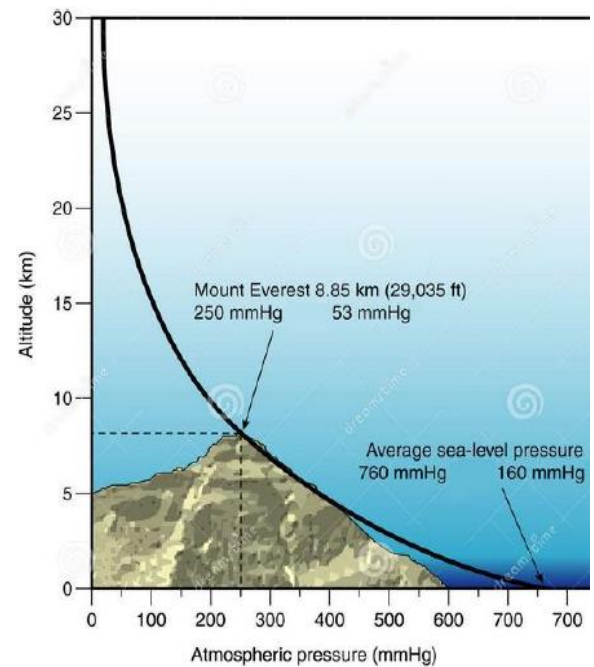
- La altura de 760 mm de Hg se alcanza a nivel del mar.
- El vacío en el tubo se llama vacío barométrico.
- La presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de altura se denomina **presión atmosférica normal**.
- El instrumento que mide la presión de la atmósfera se llama **barómetro**. El utilizado en el experimento de Torricelli se llama también barómetro de Torricelli o de cubeta. El instrumento que mide la presión de un gas en un recipiente cerrado se llama **manómetro**.

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

“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Relación de la presión atmosférica y la altitud

- La longitud de la columna de mercurio depende del lugar en que se realice el experimento, más concretamente de la altitud sobre el nivel del mar de dicho lugar.
- Si ascendemos hay menos aire por encima de nosotros, es decir, la presión atmosférica disminuye. Por tanto, la altura de la columna de mercurio es menor.
- La disminución de la altura de la columna de mercurio no es lineal.
- Cerca del nivel del mar hay que subir 8 metros para que la presión disminuya en 100 Pa (1 milibar).
- A unos 5000 metros de altura hay que subir hasta 20 metros para que la presión disminuya 1 milibar.
- El instrumento que mide la altura sobre el nivel del mar en



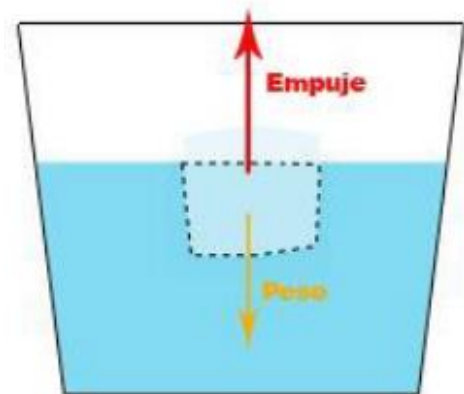
Principio de Arquímedes

Cuando se sumerge un cuerpo en un líquido nos parece que este pesa menos. Esto es debido a que todo cuerpo sumergido recibe una fuerza de abajo hacia arriba que llamamos *empuje*.

La explicación correcta de este hecho, sobre un cuerpo sumergido en un fluido actúa una fuerza, la *fuerza de empuje*, fue dada por Arquímedes (287-212 a. C.).

Las características de la fuerza de empuje son:

- Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje dirigido hacia arriba.
- El empuje (E) que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen de fluido que desaloja. Es decir, es necesario conocer el volumen del cuerpo sumergido porque un el peso de un volumen igual de fluido es igual al empuje.
- La fuerza de empuje no depende del material que esté hecho el cuerpo que se sumerge. Depende del volumen del material sumergido y del tipo de fluido en el que se sumerge.



“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

Todas estas características se pueden redactar en un principio, que recibe el nombre de principio de Arquímedes:

“Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado”

$$E = \delta_L * g * V_L$$

Donde, V_L es el volumen de fluido que corresponde al volumen del cuerpo que está sumergido (m^3); δ_L es la densidad del fluido Kg/m^3 y g es la aceleración de la gravedad m/s^2 .

Importante: nótese que la fuerza empuje existe siempre que un cuerpo esté sumergido en un fluido, sea este un líquido o un gas. Por tanto, al estar todos “sumergidos” en la atmósfera, también sufrimos un pequeño empuje que, sin embargo, será muy pequeño por ser la densidad del aire (de los gases en general) muy pequeña. Sin embargo esta fuerza de empuje puede llegar a ser apreciable si el volumen del cuerpo “sumergido” en el aire es muy grande (globos aerostáticos).

¿Qué es Capilaridad?

La capilaridad es un **fenómeno a través del cual los líquidos tienen la capacidad de subir o bajar a través de un tubo capilar (un sólido)**.

Por su parte, un tubo capilar es un objeto, con diferentes medidas de diámetro, a través del cual se conducen líquidos o fluidos y, es en estos donde ocurre el fenómeno de la capilaridad.

Este fenómeno depende de la tensión superficial del líquido, lo que hace que se enfrente a su resistencia a fin de incrementar su superficie. Asimismo, la tensión superficial también depende de la fuerza intermolecular del líquido y que justamente va a permitir que éste suba o baje del tubo capilar.

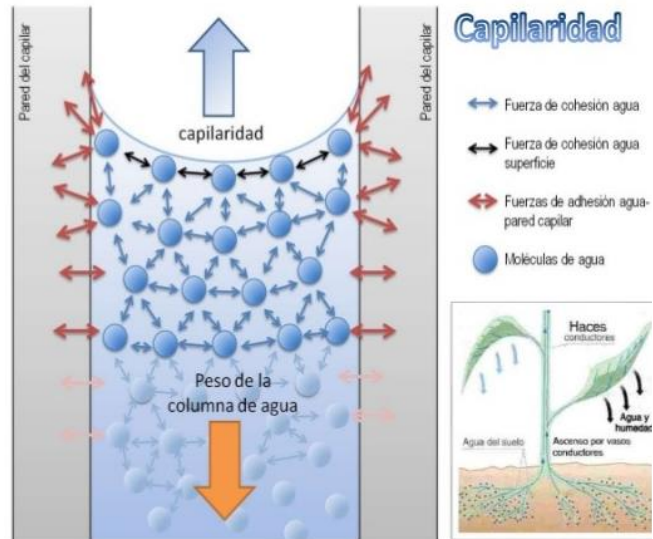
En este sentido, cuando un líquido sube por el tubo capilar es porque la fuerza intermolecular adhesiva, entre el líquido y el objeto sólido, es mayor que la fuerza intermolecular o de cohesión de las moléculas del líquido

¿Cómo ocurre la capilaridad del agua?

La capilaridad del agua ocurre cuando se pone en contacto la superficie del agua con las paredes internas de un tubo capilar en un ángulo determinado. La fuerza que ejerce la **tensión superficial** en las paredes del tubo capilar causa que el agua se eleve dentro del tubo. Por su parte, el agua se adhiere en las paredes del tubo capilar, donde las **fuerzas de adhesión** son mayores que las fuerzas de cohesión de las moléculas de agua.

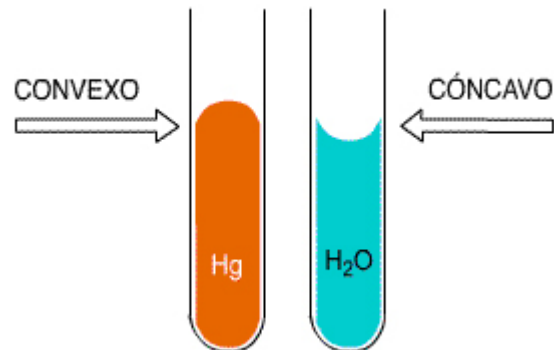
“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

La ascensión se mantiene hasta que el propio peso del agua ascendida se equilibre con la fuerza vertical provocada por la tensión superficial y la fuerza de adhesión del agua. La superficie del agua contenida en un tubo capilar no es plana, sino que *forma un menisco cóncavo*, lo cual implica que la superficie del agua tiene curvatura. En la superficie del agua, la presión del lado cóncavo se encuentra con la presión atmosférica, siendo mayor que la presión que se ejerce en el lado convexo. El líquido tiene que elevarse hasta que se ejerce la misma presión en los dos lados.



Capilaridad del mercurio

El fenómeno de capilaridad depende de la sustancia. Por ejemplo, en el caso de que la fuerza cohesión predomine como con el mercurio, la curvatura del menisco se encontrará mirando hacia abajo y se observará que el mercurio desciende (**sin capilaridad**) formando un **menisco convexo**. En la superficie del mercurio, la presión atmosférica del lado convexo es menor que la presión que se ejerce en el lado cóncavo.



Tensión superficial

La tensión superficial se debe a que las moléculas del líquido ejercen fuerzas de atracción entre sí. La fuerza neta sobre una molécula dentro del volumen del líquido es cero, pero una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen. Por esa razón, el líquido tiende a reducir al mínimo su área superficial, tal como lo hace una membrana estirada.

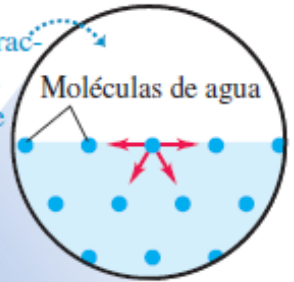
“Desde la revolución de la ternura, construimos nuestra nueva Casa.”

La tensión superficial explica por qué las gotas de lluvia en caída libre son esféricas (*no* con forma de lágrima): una esfera tiene menor área superficial para un volumen dado que cualquier otra forma. También explica por qué se usa agua jabonosa caliente en el lavado de la ropa. Para lavarla bien, se debe hacer pasar el agua por los diminutos espacios entre las fibras. Esto implica aumentar el área superficial del agua, lo que es difícil por la tensión superficial. La tarea se facilita aumentando la temperatura del agua y añadiendo jabón, pues ambas cosas reducen la tensión superficial.

Una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen del líquido, y esto tiende a reducir el área superficial del líquido.

Las moléculas en un líquido son atraídas por moléculas vecinas.

En la superficie, las atracciones desequilibradas hacen que la superficie resista al ser estirada.



Las moléculas en el interior son igualmente atraídas en todas direcciones.

