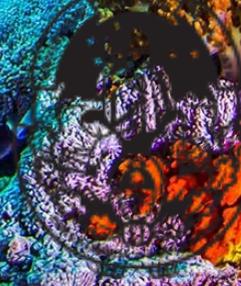


Fluidos



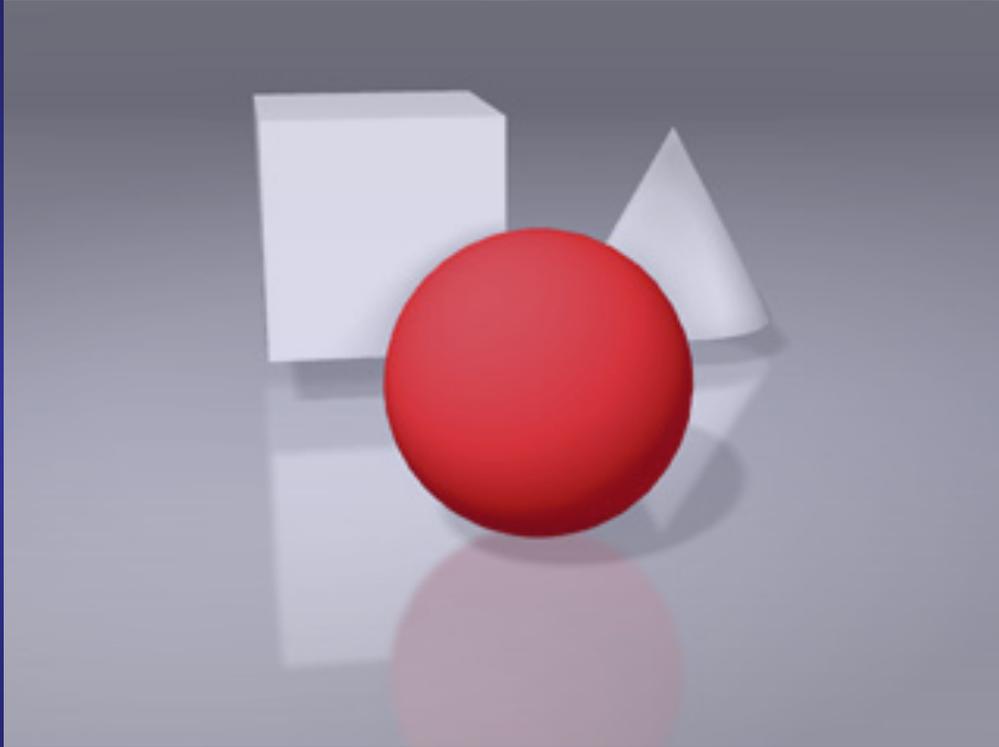
Victoria Fernandez

EDUCACION
PUBLICA
ENTRADA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

¿Qué es un cuerpo rígido?

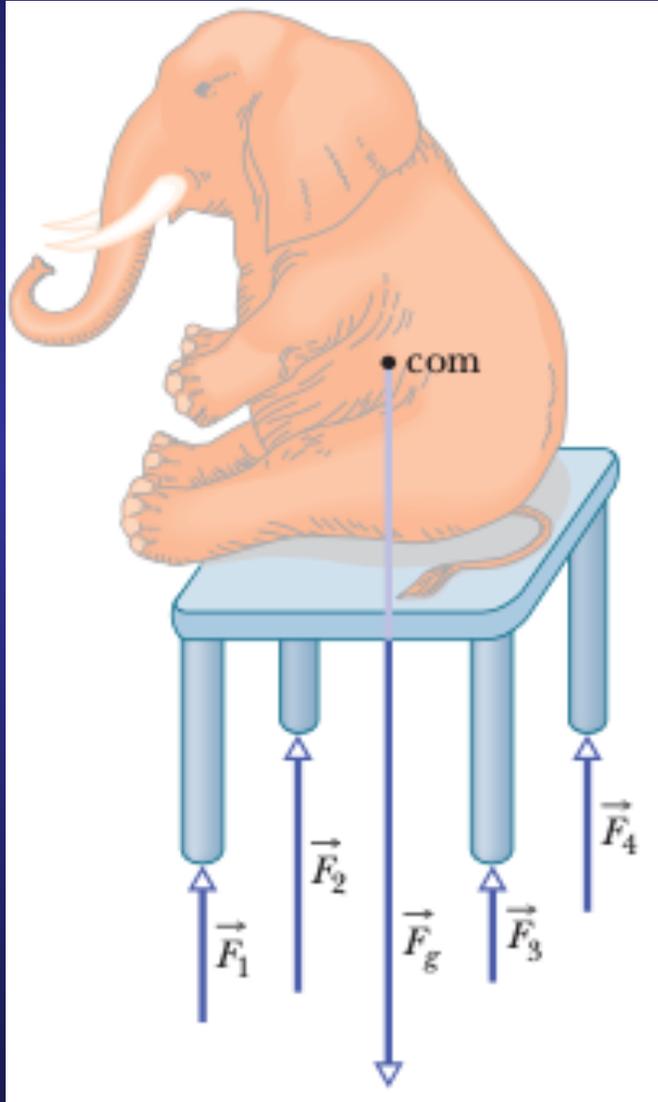


Lo definimos como aquél que no sufre deformaciones por efecto de fuerzas externas, es decir, es un sistema de partículas cuyas **posiciones relativas no cambian**.

El movimiento más general de un cuerpo rígido es una superposición de dos tipos de movimientos: traslación y rotación.

Todas las partículas que conforman el cuerpo rígido, se mueven respecto a un eje con la misma velocidad y aceleración angular. El cuerpo se traslada como un todo con la velocidad y aceleración del centro de masa.

Elasticidad (cuerpos “no tan rígidos”)



Sin embargo, la mayoría de los sólidos pueden deformarse temporal o definitivamente o incluso romperse, debido al efecto de fuerzas externas.

Si un objeto sólido se encuentra en equilibrio, pero sujeto a fuerzas que tienden a alargarlo, deformarlo, o comprimirlo, la forma del objeto varía.

Si el objeto recupera la forma original después de suprimir las fuerzas, decimos que el objeto es **elástico**.

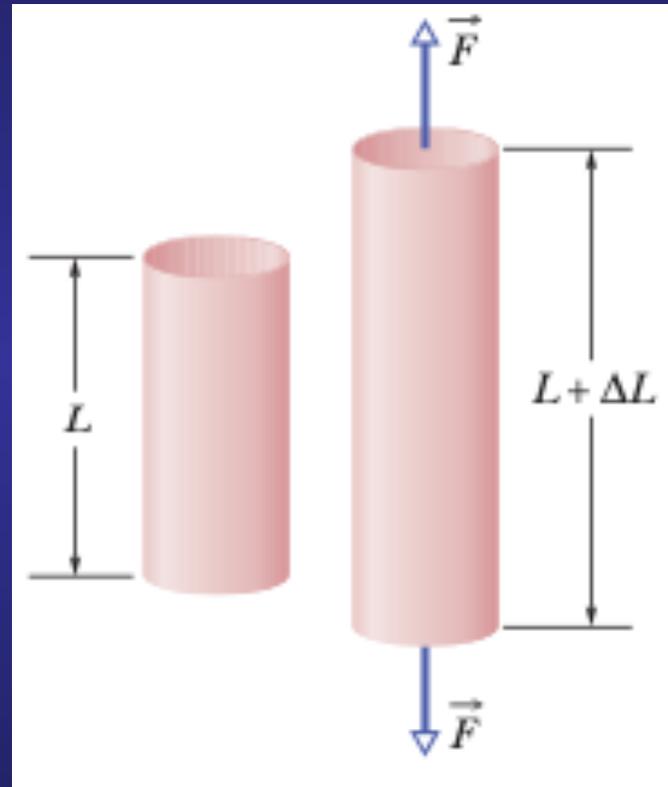
Elasticidad: (a) esfuerzos de tracción (o compresión).

Una barra sólida es sometida a una tracción (compresión) de una fuerza \vec{F} normal en ambos extremos. El cociente entre la fuerza F y el área A de la sección recta se denomina **tensión de tracción (o compresión)**.

$$T = \frac{F}{A}$$

Debido a las fuerzas aplicadas, la barra tiende a deformarse. El cociente entre la variación de la longitud ΔL y la longitud natural de la barra se denomina **deformación**.

$$\text{Deformación} = \frac{\Delta L}{L}$$



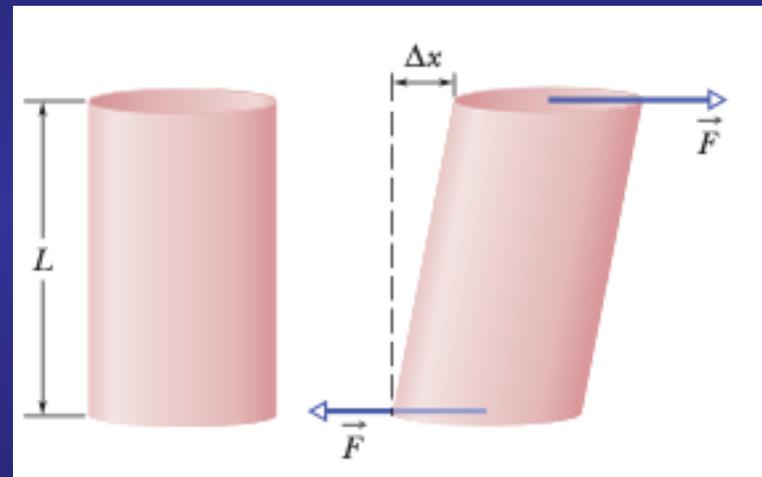
Elasticidad: (b) esfuerzos de corte o cizalladura.

A una barra sólida se le aplica una fuerza \vec{F}_c tangencial en ambos extremos. A estas fuerzas se las denomina fuerzas de cizalladura. El cociente entre la fuerza de cizalladura y el área A recibe el nombre de **tensión de cizalladura (o corte)**.

$$T_c = \frac{F_c}{A}$$

Debido a las fuerzas aplicadas, la barra tiende a deformarse. El cociente entre la variación Δx y la longitud natural de la barra se denomina **deformación de cizalladura**.

$$\text{Deformación de cizalladura} = \frac{\Delta x}{L}$$



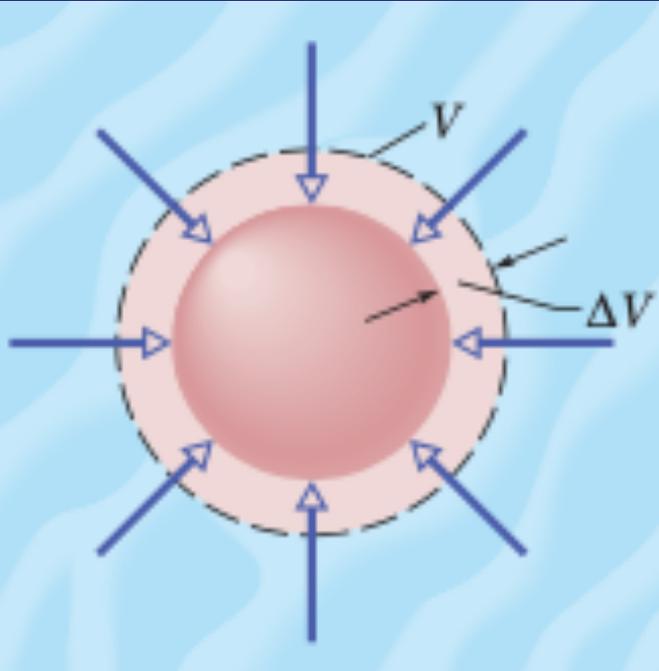
Elasticidad: (c) esfuerzos hidráulicos o volumétricos.

Cuando se sumergen cuerpo en influido, éste ejerce una fuerza normal a la superficie del cuerpo en cada punto de la superficie. Supondremos que el cuerpo es lo suficientemente pequeño de modo que la fuerza por unidad de área ejercida por el fluido sea la misma en cada punto de la superficie del sólido. A esta fuerza por unidad de área la llamaremos **presión p del fluido**.

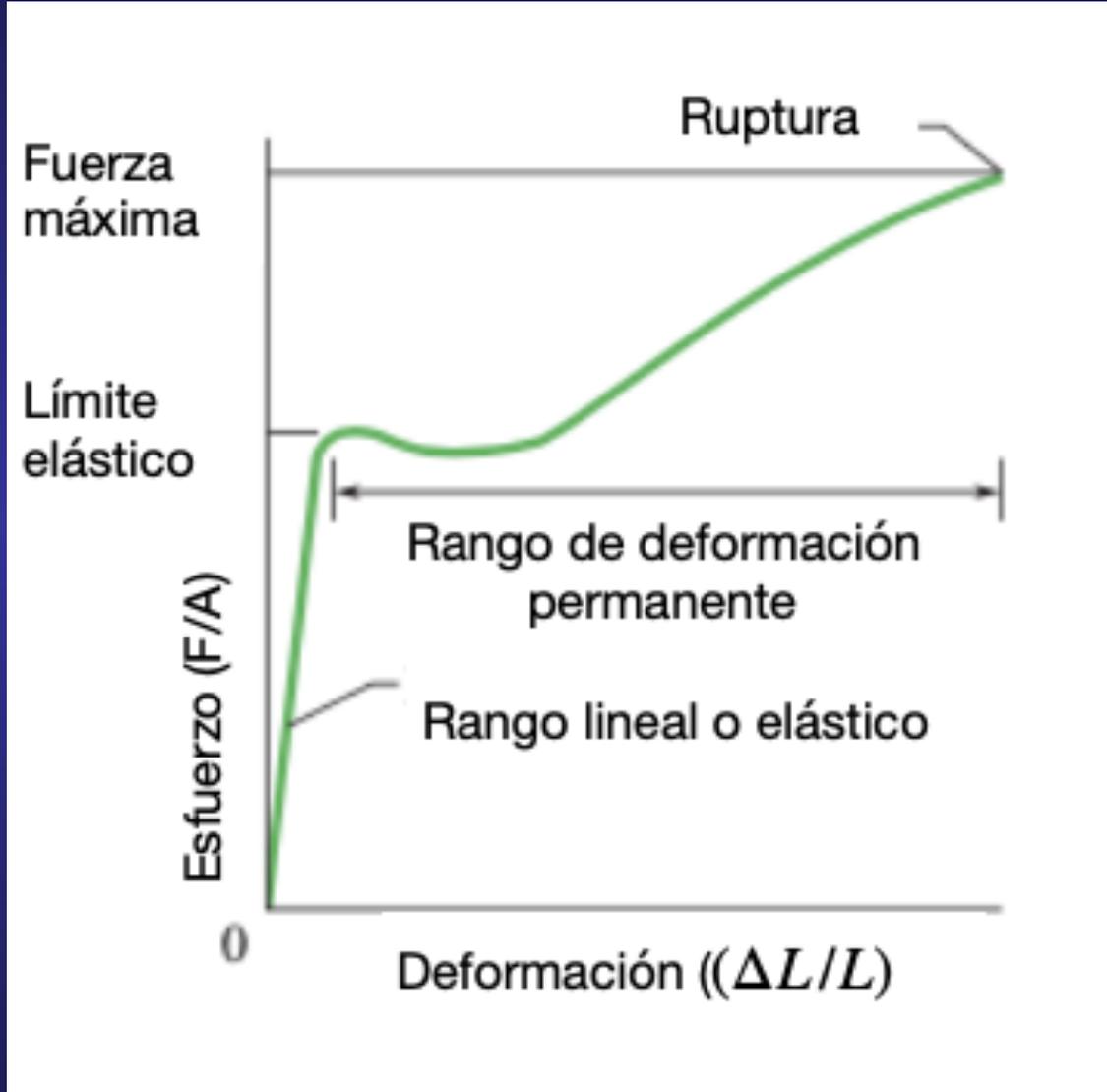
$$p = \frac{F}{A}$$

Debido a las fuerzas aplicadas, el cuerpo tiende a comprimirse volumétricamente. El cociente entre la variación ΔV y el volumen original del cuerpo se denomina **disminución relativa del volumen**.

$$\text{Disminucion relativa de volumen} = \frac{\Delta V}{V}$$



Elasticidad: Esfuerzo = módulo × Deformación



(a) Módulo de Young.

$$Y = \frac{\text{tensión}}{\text{deformación}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

(b) Módulo de cizalladura o de corte

$$M_c = \frac{\text{tens. de corte}}{\text{def. de corte}} = \frac{F_c/A}{\Delta x/L}$$

(c) Módulo de compresibilidad

$$B = \frac{\text{presión}}{\text{def. rel. de } V} = \frac{p}{\Delta V/V}$$

¿Qué es un fluido?



Diremos que un medio es **continuo**, cuando se lo puede caracterizar a partir de propiedades colectivas de largo alcance (superiores a las distancias intermoleculares de sus partículas constituyentes).

Llamaremos **fluido** a una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a esfuerzos de corte.

¿Qué es un fluido?



Un **fluido** es un conjunto de moléculas que se ordenan aleatoriamente y se mantienen juntas a partir de fuerzas cohesivas débiles y fuerzas que ejercen las paredes de un contenedor. Tanto líquidos como gases son fluidos.

Características de un fluido



- puede fluir.
- cambia de forma.
- no resiste fuerzas tangenciales.
- se adecuan a los límites del recipiente que lo contenga.
- puede ser un líquido o un gas.

Densidad de un fluido

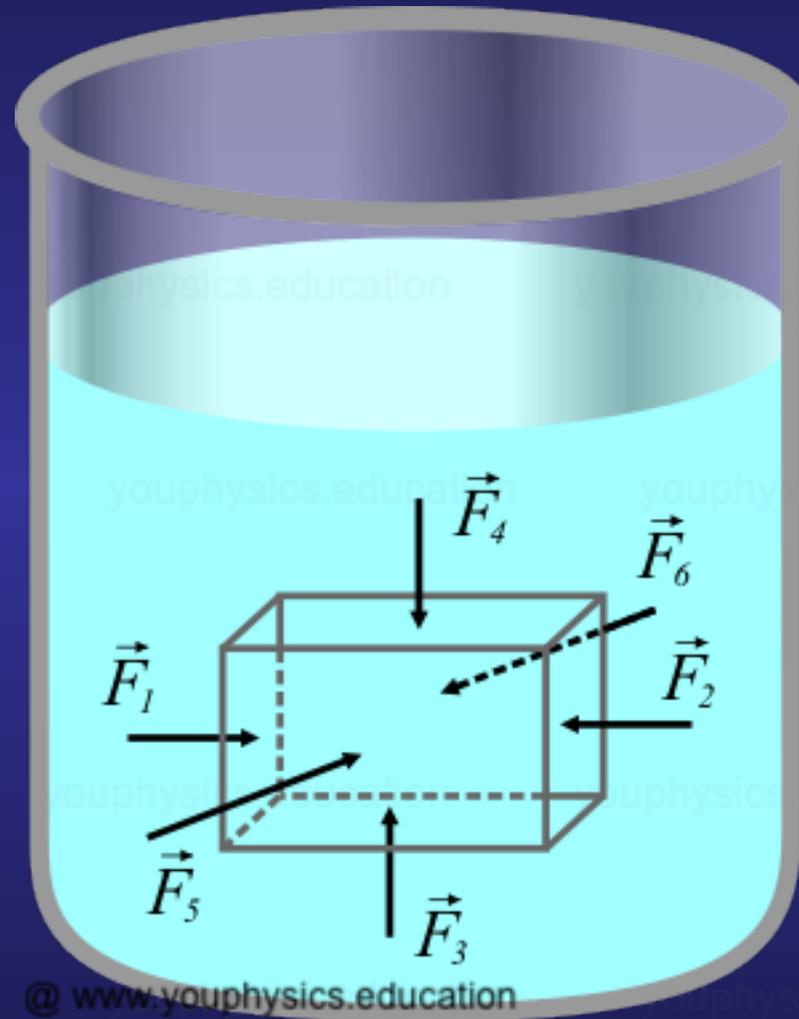


Para encontrar la densidad ρ de un fluido en cualquier punto, aislamos un elemento de pequeño volumen ΔV alrededor de ese punto y medimos la masa Δm del fluido contenido dentro de ese elemento de volumen.

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

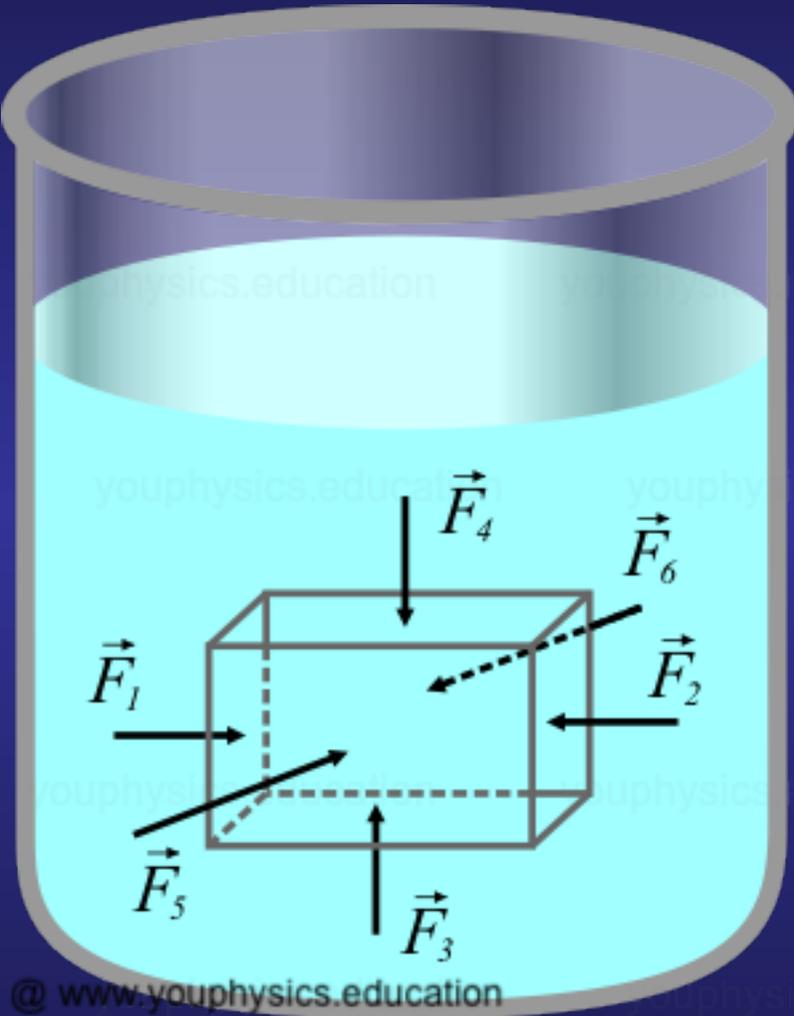
Si la densidad es constante en todo el fluido, entonces $\rho = \frac{m}{V}$

Presión en un fluido



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

Fluido en equilibrio hidrostático.



Estudiamos el elemento de volumen que está en reposo.

Aplicamos la segunda ley de Newton a ese elemento de masa Δm :

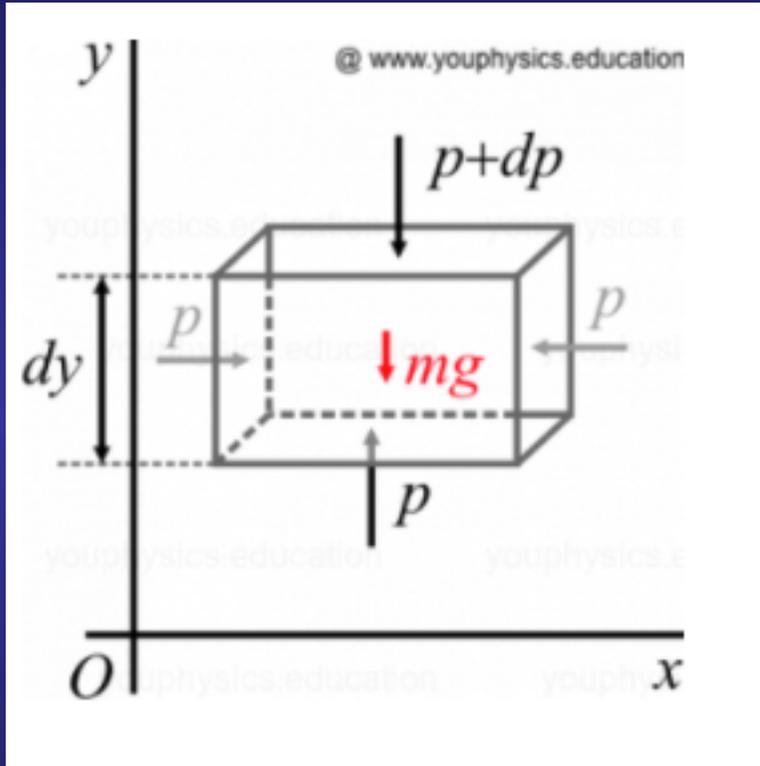
$$\sum \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6 + \Delta m \vec{g} = 0$$

$$\sum F_{xi} = F_1 - F_2 = 0$$

$$\sum F_{yi} = F_3 - F_4 - \Delta m g = 0$$

$$\sum F_{zi} = F_6 - F_5 = 0$$

Fluido en equilibrio hidrostático.



Estudiamos el elemento de volumen que está en reposo.

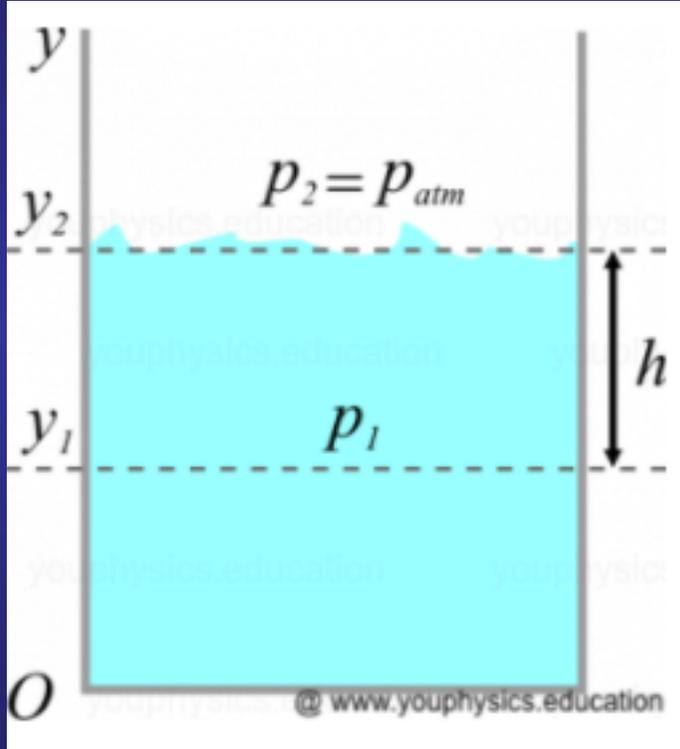
Aplicamos la segunda ley de Newton a ese elemento de masa Δm :

$$\sum F_{yi} = p\Delta A - (p + \Delta p)\Delta A - \rho\Delta Vg = 0$$

$$p - (p + dp) - \rho g dy = 0$$

$$dp = -\rho g dy$$

Fluido en equilibrio hidrostático.



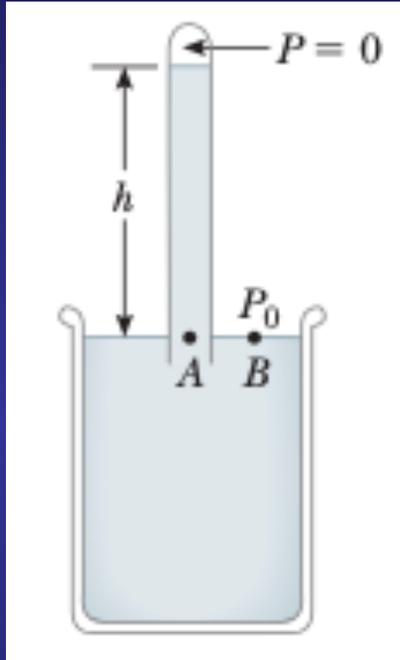
$$dp = -\rho g dy$$

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

$$p_{atm} - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

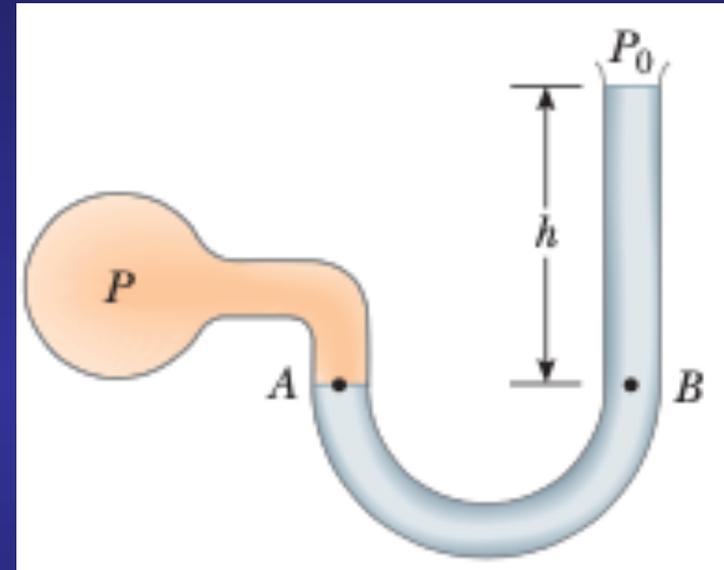
$$p_1 = p_{atm} + \rho gh$$

Presión: barómetros y manómetros.



Barómetro de mercurio

$$p_0 = \rho_{Hg}gh.$$

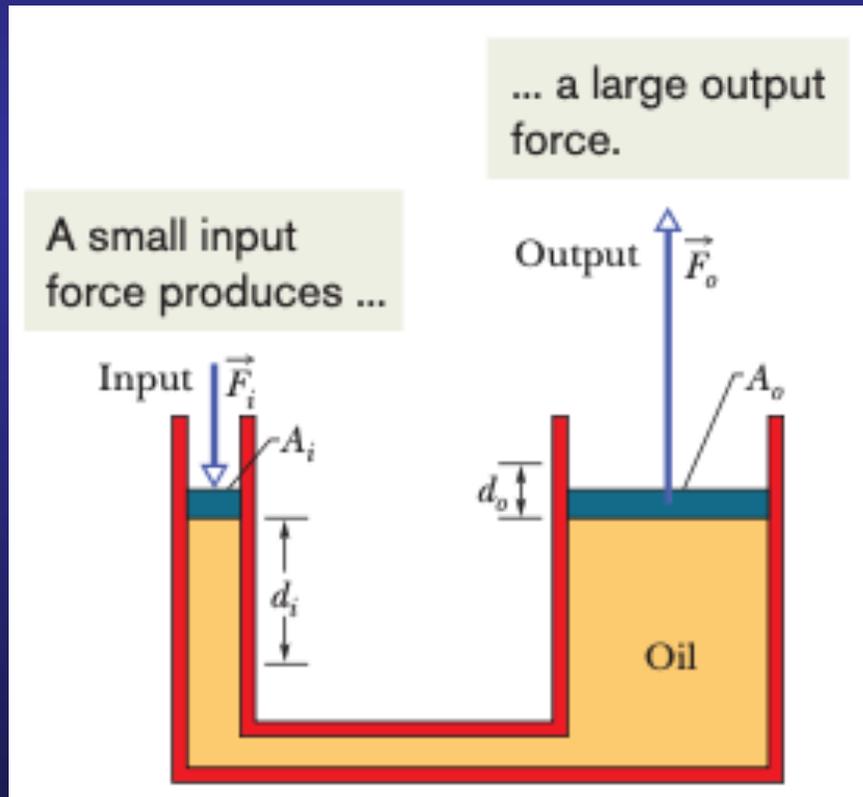


Presión manométrica

$$\Delta p = p - p_0 = \rho gh.$$

Principio de Pascal

Un cambio en la presión aplicada a un fluido incompresible encerrado dentro de un recipiente se transmite por igual y sin disminución a todos los puntos del fluido y a las propias paredes del recipiente que lo contiene.



$$\Delta p = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o}$$

$$V = A_i d_i = A_o d_o$$

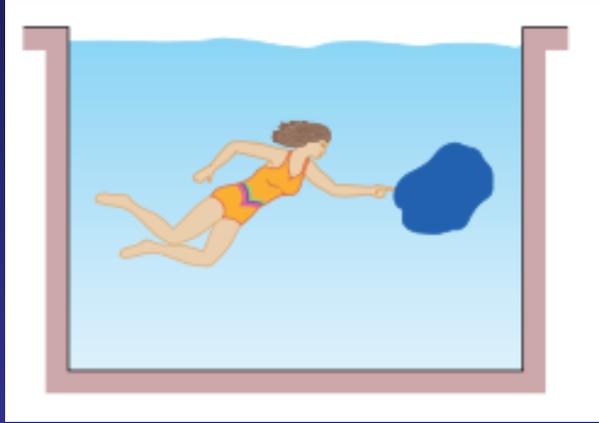
$$W = F_i d_i = \left(F_o \frac{A_i}{A_o} \right) \left(d_o \frac{A_o}{A_i} \right) = F_o d_o$$

Prensa hidráulica.

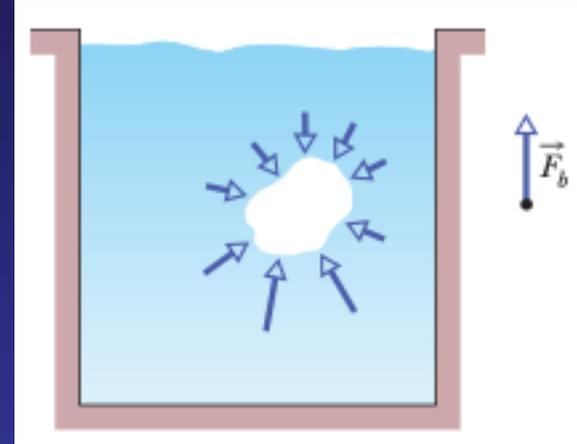


Cuando un cuerpo se sumerge total o parcialmente en un fluido, una fuerza de flotación \vec{F}_b (o empuje) del fluido circundante actúa sobre el cuerpo. La fuerza se dirige hacia arriba y tiene una magnitud igual al peso $|\vec{P}_f| = m_f g$ del fluido que ha sido desplazado por el cuerpo.

Principio de Arquímedes.



Bolsa vacía en equilibrio



Fuerza de flotación que experimenta la bolsa

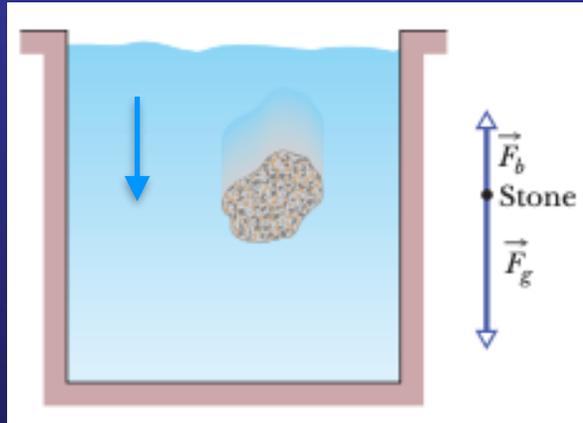


Diagrama de fuerzas sobre una piedra

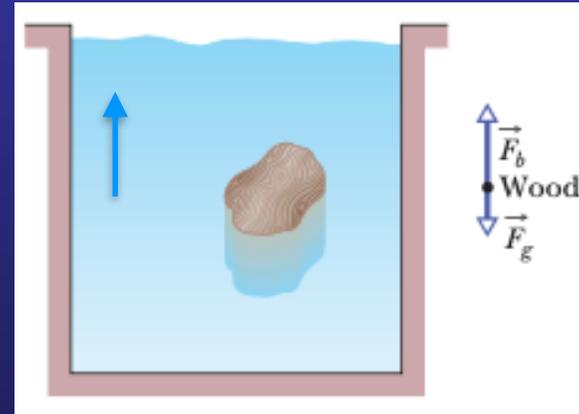
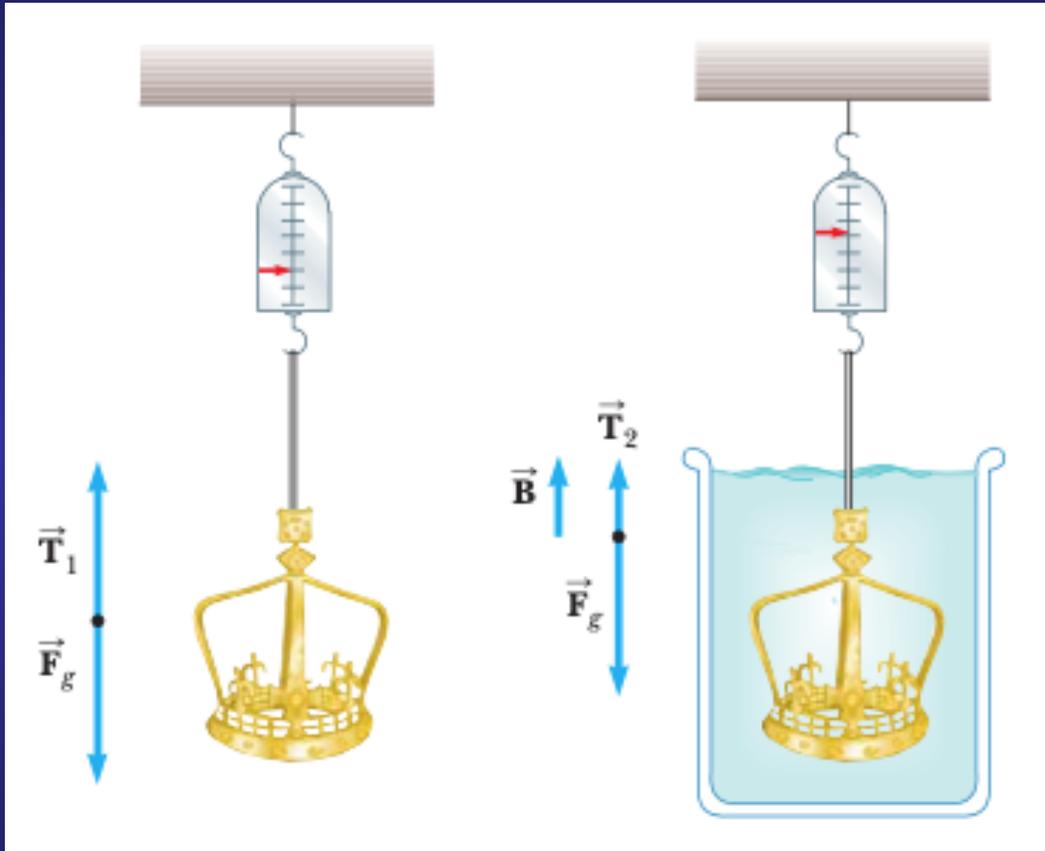


Diagrama de fuerzas sobre una madera

$$\text{Peso aparente: } F_g - F_b$$

Principio de Arquímedes



Se mide con un tensiómetro la corona:

$$\sum \vec{F} = T_1 - F_g = 0$$

Se mide ahora con un tensiómetro la corona sumergida:

$$\sum \vec{F} = T_2 + F_b - F_g = 0$$

La fuerza de flotación es:

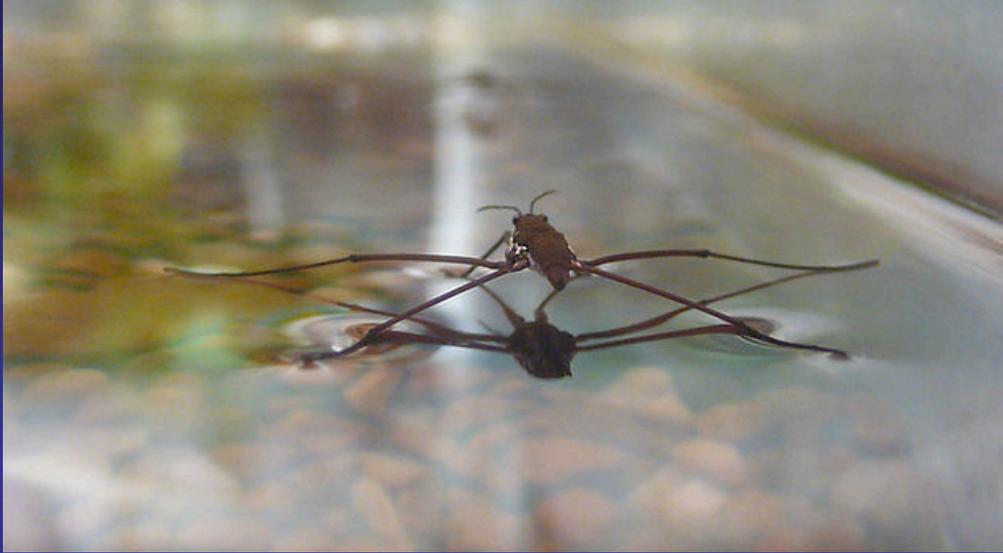
$$F_b = m_f g = \rho_f g V_f$$

El peso de la corona:

$$F_g = m_c g = \rho_c g V_c$$

$$T_1 - T_2 = F_b \text{ y } V_f = V_c \implies \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{\rho_f}{\rho_c}$$

Fenómenos en la superficie de un líquido.



Los líquidos tienen un **volumen fijo**. Sin embargo, su forma varía (cambia el área de la superficie que los envuelve): se adaptan al recipiente (ocupando la zona más baja por gravedad) dejando una **superficie libre** (no totalmente plana) o adoptan formas especiales: **gotas, pompas y burbujas**.

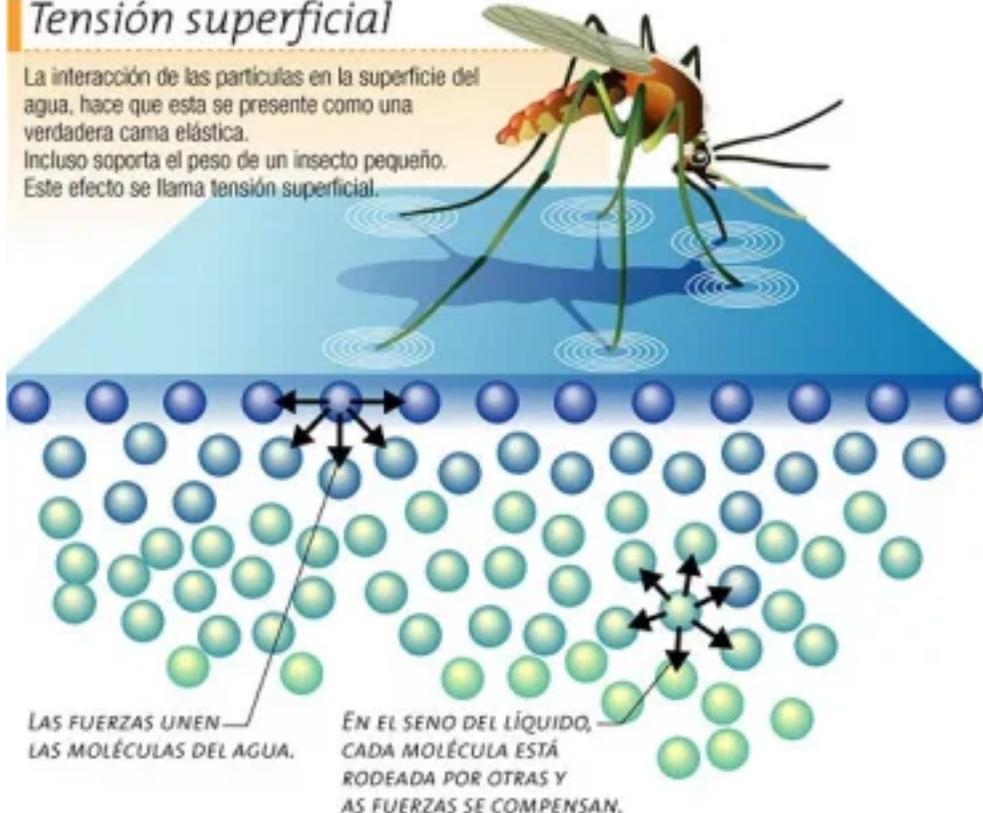
Las fuerzas superficiales (**cohesión**: líquido-líquido, **adhesión**: líquido-sólido) son responsables de muchos fenómenos con interés biológico, basadas en los conceptos de **tensión superficial** y **capilaridad**.



Tensión superficial.

Tensión superficial

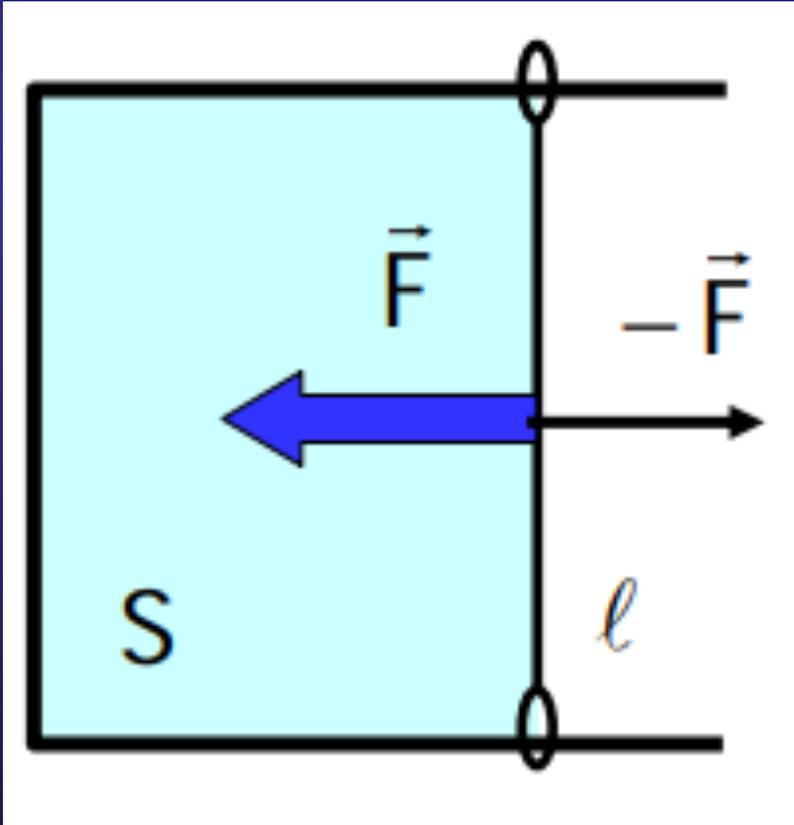
La interacción de las partículas en la superficie del agua, hace que esta se presente como una verdadera cama elástica. Incluso soporta el peso de un insecto pequeño. Este efecto se llama tensión superficial.



Cada molécula de un líquido está rodeada por otras: la atracción en todas direcciones se compensa en cada punto, excepto en la superficie, donde la resultante es una atracción neta hacia el interior. El líquido tiende a cohesionarse (no dispersarse) y a minimizar su superficie (formar gotas). La superficie se comporta como una película que ofrece resistencia a su deformación y por tanto a romperse.

Tensión superficial.

Para cuantificar esta fuerza de cohesión consideremos una estructura de alambre con un lado deslizante, en la que se coloca una capa de líquido. El líquido tratará de minimizar la superficie S ejerciendo una fuerza \vec{F} sobre el lado deslizante que podemos medir. Se observa que:



- $|\vec{F}| = 2\gamma l$ donde γ es la **tensión superficial**.
- γ es una propiedad del líquido.
- \vec{F} depende de l (longitud del cable deslizante) pero no de la superficie S (a diferencia de una membrana elástica).
- Se introduce un factor 2 porque hay dos superficies (por ejemplo un líquido en un plato tiene sólo una).

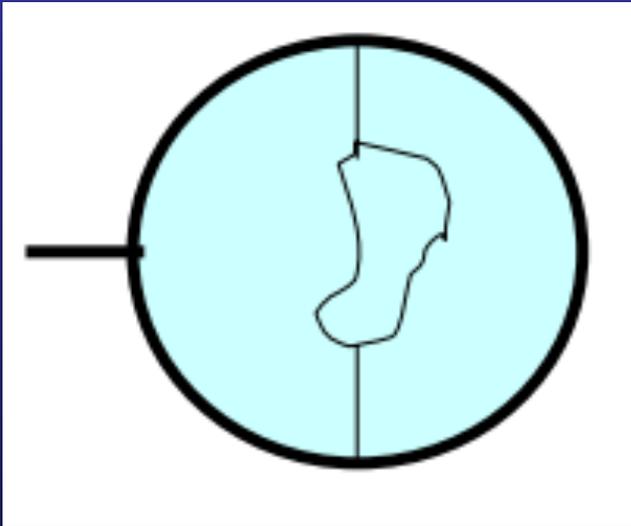
Tensión superficial.

La **tensión superficial** γ es la fuerza por unidad de longitud que ejerce una superficie de un líquido sobre una línea cualquiera situada sobre ella (borde de sujeción).

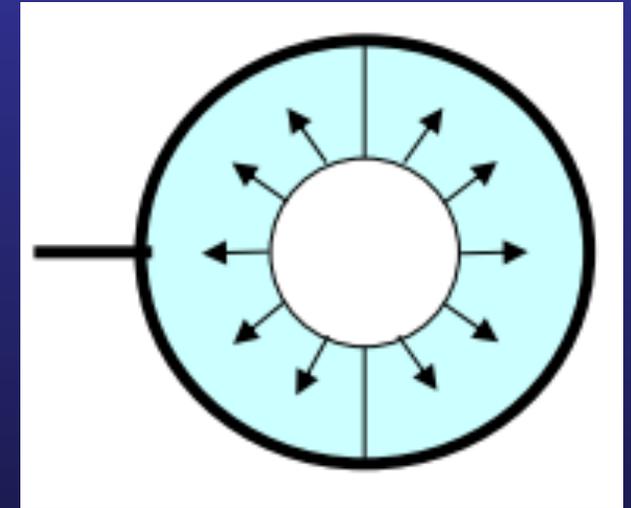
La fuerza debida a la **tensión superficial** es perpendicular a la línea y tangente a la superficie.

Esto puede verse cuando se introducen un anillo de alambre y un hilo en forma de bucle en una disolución jabonosa y a continuación se sacan:

Se forma una película sobre la que flota el hilo:

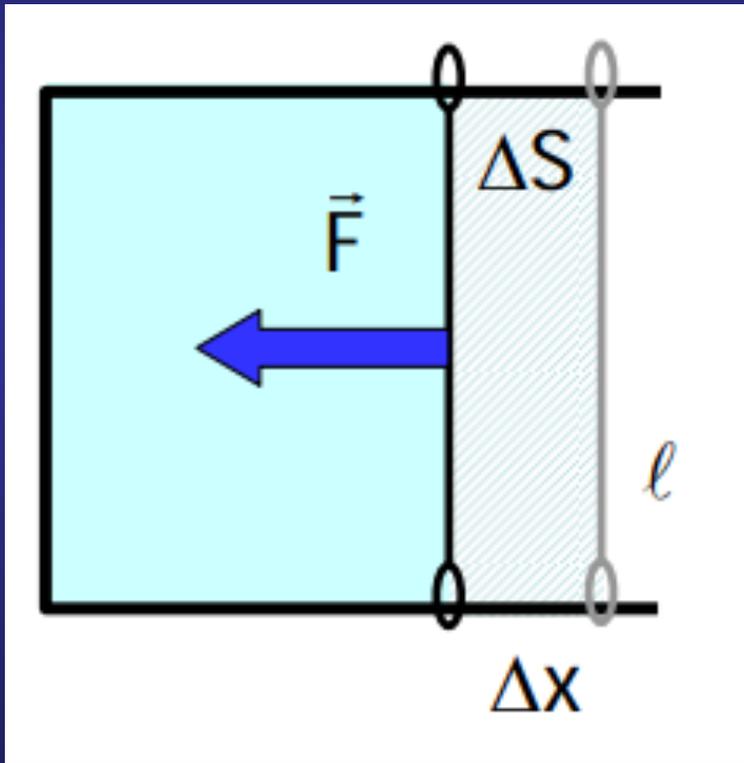


Al pinchar el interior del bucle el hilo forma un círculo perfecto:



Energía: tensión superficial.

La tensión superficial γ también es la **energía por unidad de área** que se necesita para aumentar una superficie:



$$W = |\vec{F}| |\Delta \vec{x}| = 2\gamma l \Delta x = 2\gamma \Delta S$$

Como la formación de una superficie requiere energía, los líquidos minimizan su área expuesta respecto al entorno que les rodea.

De ahí que las superficies de los lagos, el mar, etc. en calma sean planas y los líquidos al caer tiendan a formar volúmenes esféricos (gotas).

Tensión superficial.

Líquido	T (°C)	γ (N/m)
Helio	-270	0.0002
Hidrógeno	-255	0.002
Neón	-247	0.005
Oxígeno	-193	0.016
Etanol	20	0.022
Agua jabonosa	20	0.025
Agua	100	0.059
	60	0.062
	20	0.073
	0	0.076
Mercurio	20	0.465
Plata	970	0.800

- para una sustancia **disminuyen al aumentar la temperatura.**
- **el del agua es mayor** que en la mayoría de los líquidos (permite que los insectos se posen encima).

A veces interesa disminuir la tensión superficial de un líquido. Se logra disolviendo en él **sustancias surfactantes** (tensioactivos) que forman una película superficial cuyas moléculas apenas son atraídas por las moléculas del líquido del interior. Se logra penetrar en irregularidades de piel y tejidos. También facilita que el líquido moje, como veremos

Ejemplos: los jabones son surfactantes del agua, ciertas lipoproteínas en alveolos pulmonares

Formación de burbujas, gotas y pompas: ley de Laplace



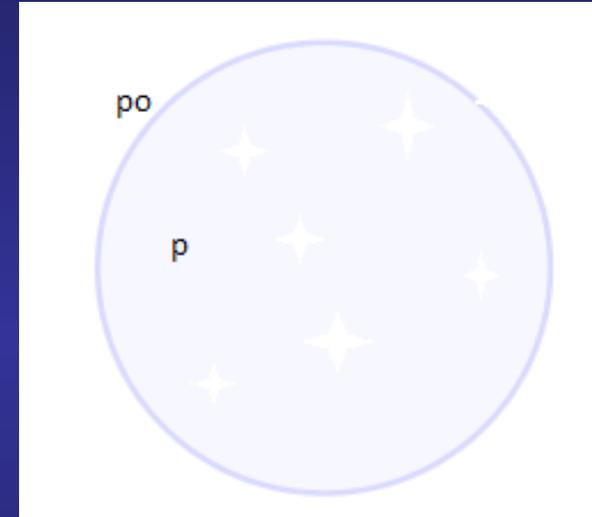
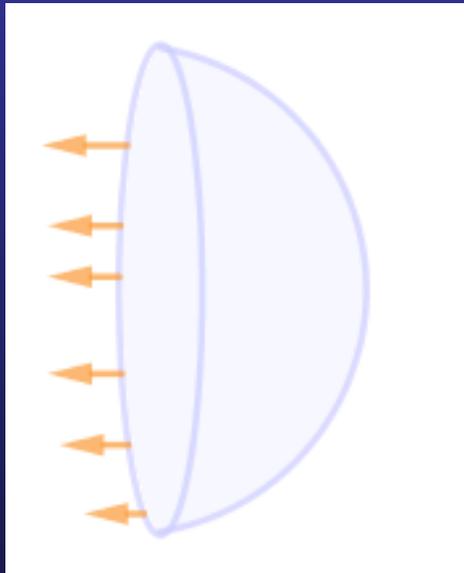
- **Burbuja:** separa la fase líquida (fuera) de la fase gaseosa (dentro): agua hirviendo.
- **Gota:** líquido dentro y gas fuera.
- **Pompa:** película de líquido que separa el gas de dentro del de fuera (pompas de jabón).



Equilibrio en una pompa

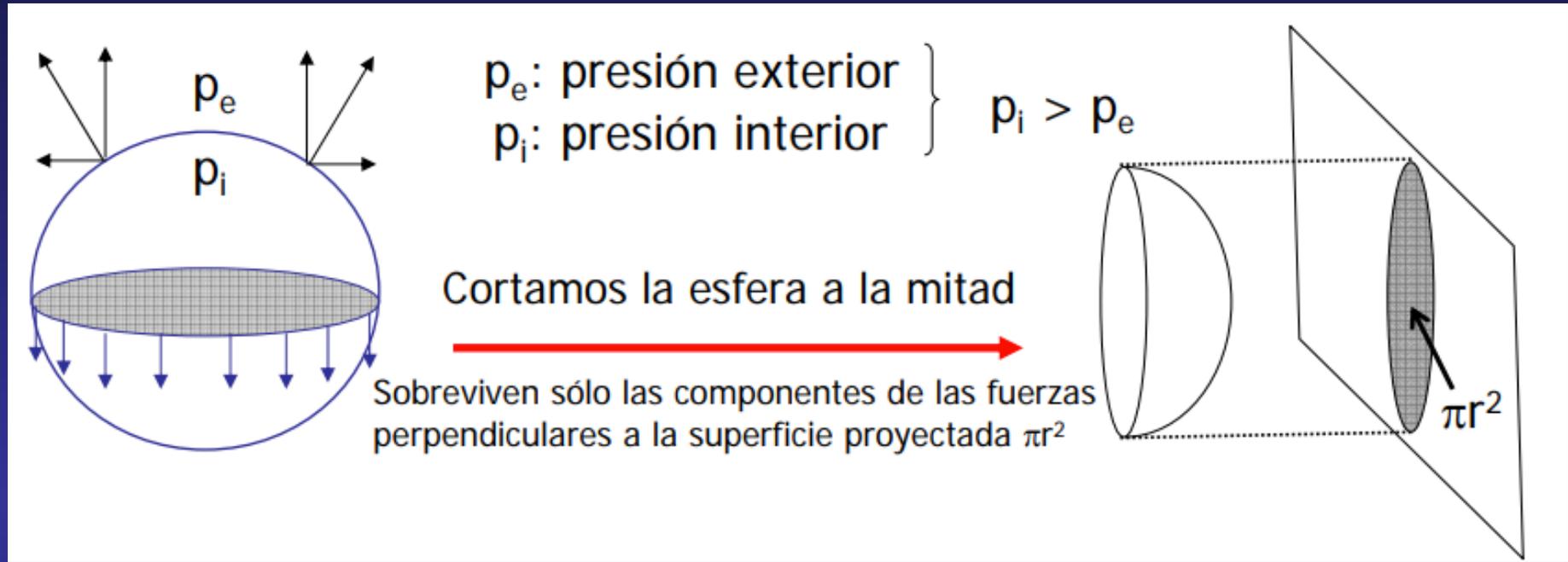
Hallemos el **equilibrio mecánico** de una pompa de radio r formada por una película de líquido de tensión superficial γ :

- La fuerza debida a la **diferencia de presiones** interior y exterior tiende a **aumentar** el tamaño de la pompa.



- La fuerza debida a la **tensión superficial** que tiende a **minimizar** el área de la pompa.

Equilibrio.



Tensión superficial: $F = 2\gamma(2\pi r) = 4\pi\gamma r$ (2 caras)

Diferencia de presiones: $\pi r^2(p_{int} - p_{ext}) = \pi r^2 \Delta p$

En equilibrio se igualan: $\Delta p = \frac{4\gamma}{r}$ Ley de Laplace para la pompa.

Ley de Laplace para gota o burbuja: $\Delta p = \frac{2\gamma}{r}$

Ángulo de contacto y capilaridad

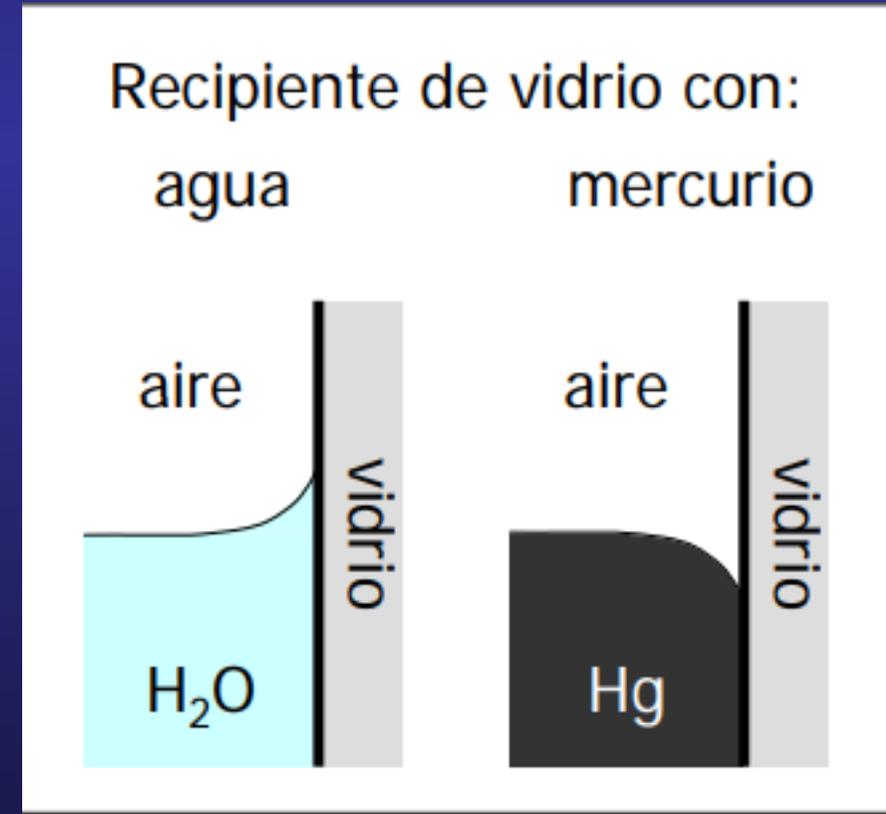
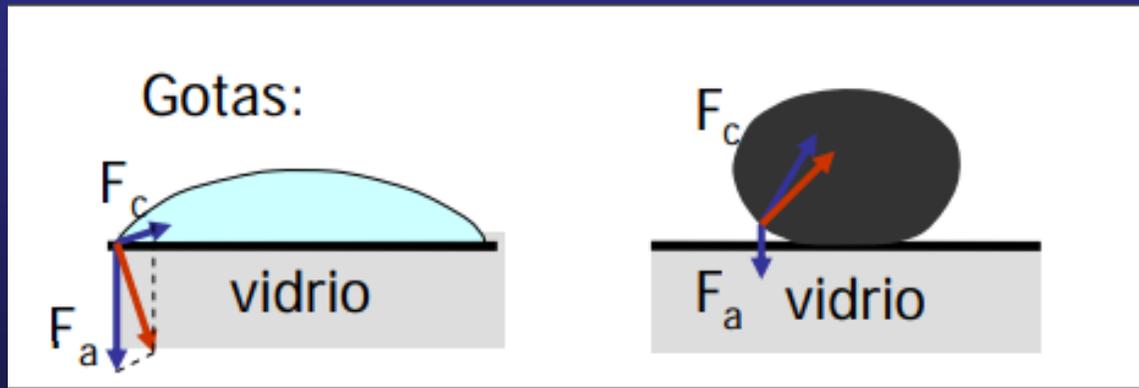
Fuerzas de cohesión y adhesión

Las fuerzas atractivas entre las moléculas del líquido, causantes de la tensión superficial, se llaman **fuerzas de cohesión**. Dependen sólo de la naturaleza del líquido.

Con ellas compiten las **fuerzas de adhesión**, entre el líquido y el sólido con el que está en contacto, dependiendo de la naturaleza de ambos.

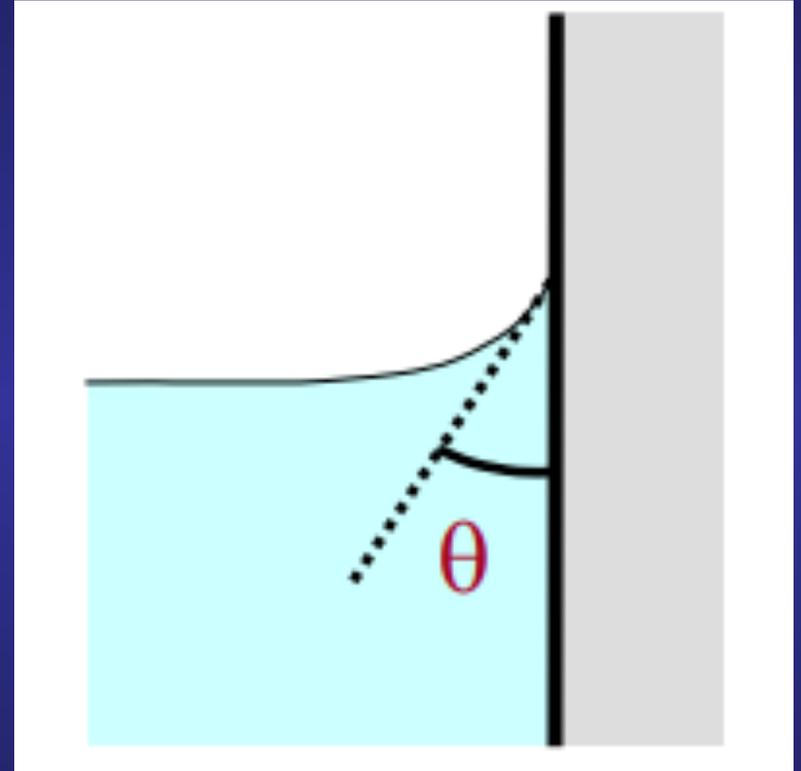
Unas veces las **fuerzas adhesivas** predominan (ejemplo: agua-vidrio).

Otras veces las **fuerzas cohesivas** predominan (ejemplo: mercurio-vidrio).



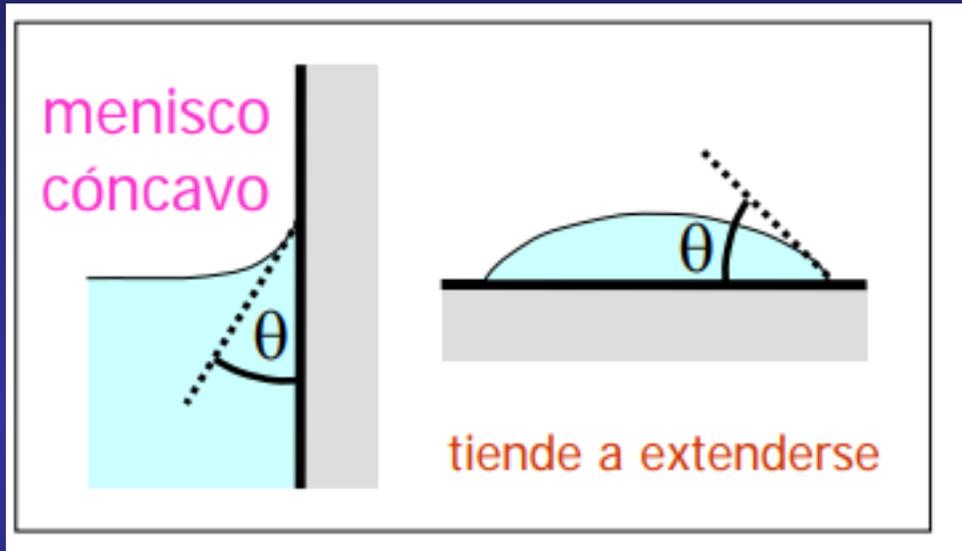
Ángulo de contacto

ángulo θ que forma la superficie sólida con la tangente a la superficie líquida en el punto de contacto (pasando por el líquido).

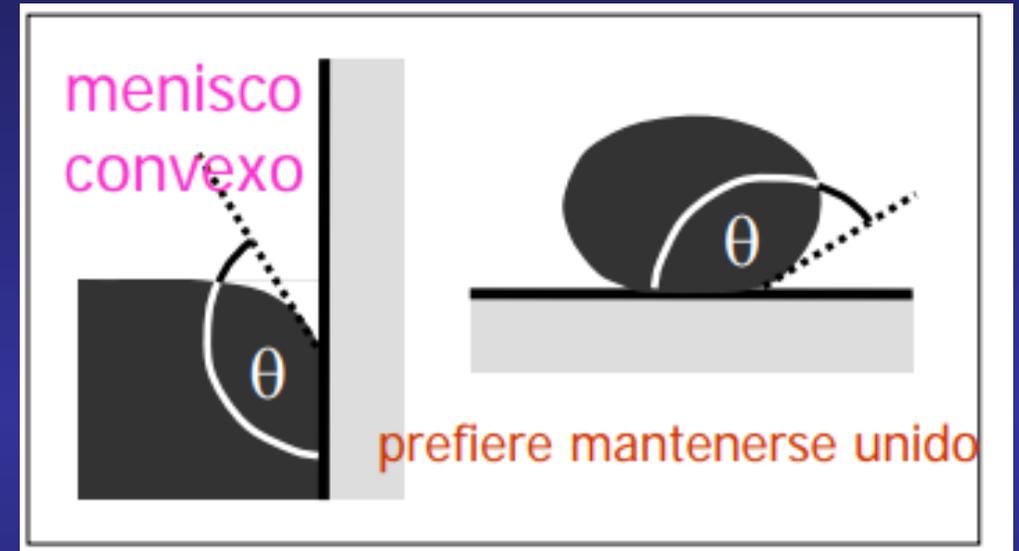


Ángulo de contacto

Si la adhesión predomina



Si la cohesión predomina



ángulo de contacto: $\theta < 90^\circ$

líquido **moja**

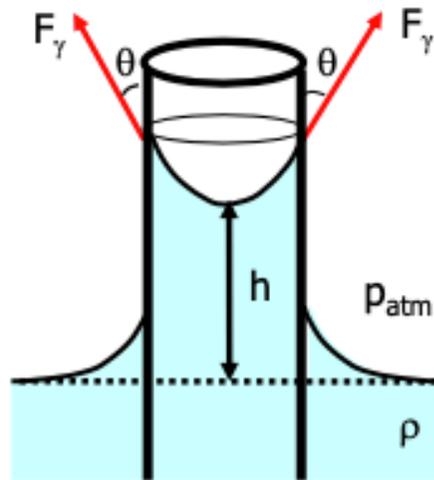
ángulo de contacto: $\theta > 90^\circ$

líquido **no moja**

Capilaridad

Acción capilar o capilaridad

Dependiendo del ángulo de contacto, puede ocurrir que el líquido ascienda ($\theta < 90^\circ$) o descienda ($\theta > 90^\circ$) por un tubo estrecho (capilar) una cierta altura h , lo que se denomina **capilaridad** o **acción capilar**.



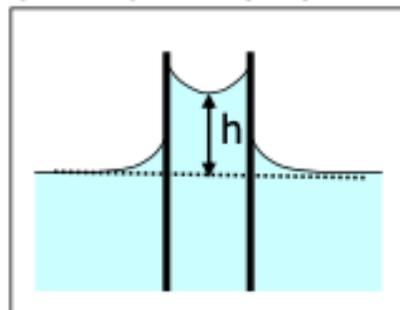
En efecto: en el equilibrio, el peso de la columna de líquido se compensará con la componente vertical de las fuerzas de cohesión $F_\gamma \cos\theta$ (debida a la tensión superficial γ). Las fuerzas de adhesión no intervienen (son perpendiculares a la superficie del tubo).

$$2\pi r\gamma \cos\theta = \rho g\pi r^2 h \Rightarrow h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho g r}$$

$h \uparrow$ si $\gamma \uparrow$ $h \uparrow$ si $r \downarrow$
Si $\theta = 90^\circ$, $h = 0$
Si $\theta < 90^\circ$, $h > 0$
Si $\theta > 90^\circ$, $h < 0$

Por tanto:

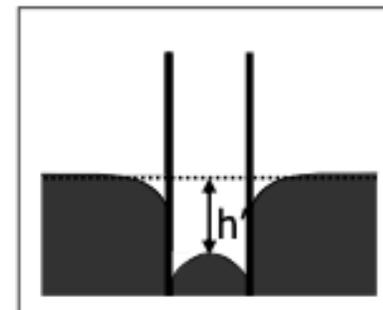
líquido que moja ($\theta < 90^\circ$)



asciende una altura h

$\theta = 90^\circ$
El líquido ni sube
ni baja en el capilar

líquido que no moja ($\theta > 90^\circ$)



desciende una altura h' Cap. 5/16