

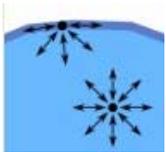
# TENSIÓN SUPERFICIAL

## Concepto de tensión superficial

Se llama tensión superficial a la fuerza que actúa por unidad de longitud de una película elástica que se extiende (como la que forma una burbuja de jabón, una gota de agua o un globo hinchado). Alternativamente, la tensión superficial, se puede definir como la proporción de aumento de la energía superficial con el área y, en este caso, se medirá en unidades de energía/superficie ( $J/m^2 = N/m$ ). Se suele representar con la letra  $\gamma$  (gamma).

Termodinámicamente la tensión superficial es un "fenómeno de superficie" y se relaciona con la tendencia de un líquido a disminuir dicha superficie hasta que su energía de superficie potencial es mínima (condición necesaria para que el equilibrio sea estable). Como la esfera presenta un área mínima para un volumen dado, por la acción de la tensión superficial, la tendencia de una porción de un líquido lleva a formar una esfera (por ejemplo, gotas de agua) o a que se produzca una superficie curva o menisco cuando está en contacto un líquido con un recipiente.

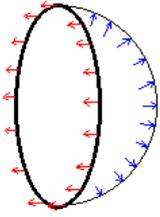
La tensión superficial es responsable de fenómenos como la resistencia que presenta un líquido a la penetración de su superficie, de la tendencia a la forma esférica de las gotas de un líquido, del ascenso de los líquidos en los tubos capilares y de la flotación de objetos u organismos en la superficie de los líquidos.



El modelo cinético-corpúscular de la materia puede explicar satisfactoriamente la tensión superficial, suponiendo que en un material elástico cada molécula interacciona mediante una fuerza de ligadura atractiva con las que le rodean. El radio de acción de las fuerzas moleculares es relativamente pequeño, con lo que abarca a las moléculas vecinas más cercanas. La resultante de estas fuerzas de cohesión elástica entre las partículas (por ejemplo, en el caso del agua, fuerzas intermoleculares) es una fuerza neta en cada punto dirigida hacia el interior, con más precisión, hacia el centro de la esfera. En consecuencia, la presión en el interior de la esfera es mayor que en el exterior, puesto que tal presión exterior ha de contrarrestar a la exterior y a la tensión superficial.

## Ley de Young y Laplace

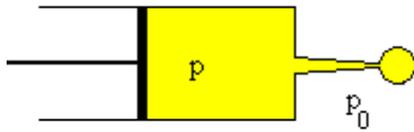
En 1805, Young y Laplace dedujeron de forma independiente la fórmula de la diferencia de presión entre el interior y el exterior de una superficie esférica de radio  $R$ . La fórmula de Young-Laplace dice que la diferencia de presión es inversamente proporcional al radio de la esfera. Por tanto, aumenta cuando disminuye dicho radio y sería cero en el caso extremo de considerar una superficie plana (radio infinito). Es evidente que, para una película plana, las fuerzas de cohesión no dan resultante alguna en dirección perpendicular a la película.



Una forma de deducir la fórmula de Young y Laplace, consiste en considerar un sector de superficie esférica ( $S=\pi R^2$ ) de un globo inflado, como el dibujado en la figura adjunta. Por otra parte, la diferencia entre las fuerzas que hacen las partículas de aire existente en el interior del globo y las del exterior es debida a la diferencia de presión originada por la tensión superficial y, por tanto, suponen fuerzas ejercidas hacia fuera (flechas azules). La fuerza neta resultante, se relaciona con la diferencia de presión mediante:  $F_1 = (p-p_0) \pi \cdot R^2$

Por otra parte, la mitad izquierda de la burbuja (no representada) para sujetar a la mitad representada ejerce una fuerza hacia la izquierda (flechas rojas en la figura). Esta fuerza es igual a dos veces la tensión superficial,  $\gamma$ , por el perímetro:  $F_2 = \gamma \cdot 2\pi R$

En el equilibrio se tiene que cumplir  $F_1 = F_2$  y, por tanto:  $p - p_0 = 2\gamma/R$



También se puede deducir la fórmula de Young y Laplace imaginando una superficie esférica estática (de un globo o de una gota de agua) que se forma en el extremo de una jeringa al desplazar el émbolo, tal como se indica en la figura adjunta.

Para formar la gota de radio  $R$  es necesario aplicar mediante el émbolo una presión  $p$  algo mayor que la presión exterior,  $p_0$ . Tenemos en cuenta que el trabajo realizado por el émbolo sobre el líquido al desplazarse es  $p \cdot dV$  y que la gota realiza un trabajo  $p_0 \cdot dV$  sobre su entorno ya que desplaza el aire al incrementar su volumen  $dV$ . Por tanto, el trabajo total sobre el líquido es:

$$dW = (p - p_0) \cdot dV \quad (1)$$

De acuerdo con la definición de la tensión superficial, dicho trabajo se emplea en incrementar la superficie de la gota, según la expresión:

$$dW = \gamma \cdot dA \quad (2)$$

Igualando ambos trabajos y teniendo en cuenta las fórmulas del área y del volumen de una superficie esférica.

$V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ,  $A = 4\pi R^2$ , se obtiene:  $dV = 4\pi R^2 dR$  y  $dA = 8\pi R dr$ . Sustituyendo estas expresiones en las

fórmulas del trabajo (1) y (2), se obtiene finalmente:

$$p - p_0 = \frac{2 \cdot \gamma}{R}$$