



## I. INTRODUCCIÓN

**FÍSICA:** Ciencia que estudia la materia en relación con los fenómenos que no modifican la estructura molecular de los cuerpos

**MECÁNICA DE FLUIDOS:** Parte la física que estudia el equilibrio (**ESTÁTICA DE FLUIDOS**) y movimiento de los fluidos (**CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE FLUIDOS**)

**HIDRÁULICA:** Parte de la mecánica de fluidos que estudia el agua en particular y los líquidos en general

**HIDROSTÁTICA**

**HIDRODINAMICA**

- La **HIDRÁULICA** es una ciencia aplicada semiempírica
  - Hidráulica agrícola
  - Hidráulica fluvial
  - Hidráulica mecánica
  - Hidráulica subterránea
  - Hidráulica urbana
- **LÍQUIDO:** estado de la materia en el que, para una temperatura determinada, se mantienen constantes la masa y el volumen, mientras que la forma se adapta a la del recipiente que los contiene



- **LÍQUIDO PERFECTO:** líquido ideal que cumple en grado máximo todas las propiedades de los líquidos
- **PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS:**
  - Isotropía
  - Ausencia de cohesión
  - Fluidéz total
  - Incompresibilidad
  - Peso específico ó densidad independiente de T y P
- Los **LÍQUIDO REALES** se consideran isótropos, sin cohesión, sin fluidéz total (viscosidad), incompresibles (excepto en el estudio de transitorios) y con peso específico y densidad constantes para condiciones homogéneas de trabajo.
- **MAGNITUDES FUNDAMENTALES:**

	Longitud	Masa	Tiempo	Fuerza
S.I	m	kg	s	
C.G.S.	cm	gr	s	
Técnico-terrestre	m	UTM	s	kp ó kgf

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 9,81 \text{ N} \\ 1 \text{ kgf} = 1 \text{ UTM} \cdot 1 \text{ ms}^{-2} \end{array} \right\} 1 \text{ UTM} = 9,81 \text{ kg}$$

- **ECUACIÓN DE DIMENSIONES:** expresión que nos indica como está relacionada una magnitud derivada con las magnitudes fundamentales.

$$[X] = M^\alpha \cdot L^\beta \cdot T^\gamma$$

$$[F] = M \cdot [a] = M \cdot L \cdot T^{-2}$$





---

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS

### 1. Masa (m)

Es la cantidad de materia que un cuerpo (líquido) posee.

### 2. Densidad específica ( $\rho$ )

Es la masa del líquido contenido en la unidad de volumen, a una temperatura determinada.

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

### 3. Peso (W)

Fuerza con que la Tierra atrae la masa de un cuerpo (líquido).

$$W = m \cdot g$$

### 4. Peso específico ( $\gamma$ )

Es el peso de la unidad de volumen de un líquido, a una temperatura determinada.

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \rho \cdot g$$

Como la  $\rho$  del agua a 4°C es  $1000 \text{ kgm}^{-3}$ , su  $\gamma$  será de:



$$\gamma = \rho \cdot g = 1000 \text{kgm}^{-3} \cdot 9,81 \text{ms}^{-2} = 9810 \text{ Nm}^{-3}$$

$$\gamma = 1000 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-3}$$

**VALORES DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD EN DIVERSOS LUGARES**

Lugar	Latitud	g. (cm./seg. <sup>2</sup> )
Ecuador .....	0°	978,1
Madrid .....	40° 24'	980,1
Nivel del mar .....	45	980,7
París .....	48° 50'	981,0
Greenwich .....	51° 29'	981,2
Polo .....	90°	983,2

**PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD DEL AGUA DULCE EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA**

Temperatura en °C.	Kg./m <sup>3</sup> .	Kg.seg <sup>2</sup> ./m <sup>4</sup> .
4	1.000,00	101,936
10	999,73	101,909
12	999,53	101,888
14	999,27	101,862
15	999,13	101,848
16	998,97	101,831
18	998,62	101,796
20	998,23	101,756
22	997,80	101,712
24	997,32	101,663
26	996,81	101,611
28	996,26	101,555
30	995,67	101,495



## 5. Densidad relativa o peso específico relativo (d)

Si  $\rho$  y  $\gamma$  son los valores correspondientes a una sustancia, y  $\rho'$  y  $\gamma'$  son los de una sustancia de comparación (agua) se define la densidad o peso específico relativo como la relación entre estas variables:

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = \rho \cdot g \\ \gamma' = \rho' \cdot g \end{array} \right\} \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\rho}{\rho'} = d$$

DENSIDAD

AGUA A DIVERSAS TEMPERATURAS

t °C	$\delta$
0	0,99987
3	0,99999
4	1,00000
5	0,99999
10	0,99750
15	0,99915
20	0,99826
25	0,99712
30	0,99576
40	0,99235
50	0,98820
60	0,98338
70	0,97794
80	0,97194
90	0,96556
100	0,95865

### PESO ESPECÍFICO Y DENSIDAD DEL AGUA SALADA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA Y DEL GRADO DE SALINIDAD (g=9,81M/SEG<sup>2</sup>.)

Temperatura en °C	Salinidad 30‰		Salinidad 35‰		Salinidad 40‰	
	Kg./m <sup>3</sup> .	Kg.seg <sup>2</sup> ./m <sup>4</sup> .	Kg./m <sup>3</sup> .	Kg.seg <sup>2</sup> ./m <sup>4</sup> .	Kg./m <sup>3</sup> .	Kg.seg <sup>2</sup> ./m <sup>4</sup> .
0	1024,1	104,394	1028,1	104,804	1032,2	105,216
5	1023,7	104,358	1027,7	104,760	1031,7	105,165
10	1023,1	104,289	1027,0	104,686	1030,9	105,085
15	1022,1	104,195	1026,0	104,586	1029,8	104,980
20	1021,0	104,076	1024,8	104,463	1028,6	104,852
25	1019,6	103,935	1023,4	104,319	1027,1	104,704
30	1018,0	103,773	1021,7	104,154	1025,5	104,537



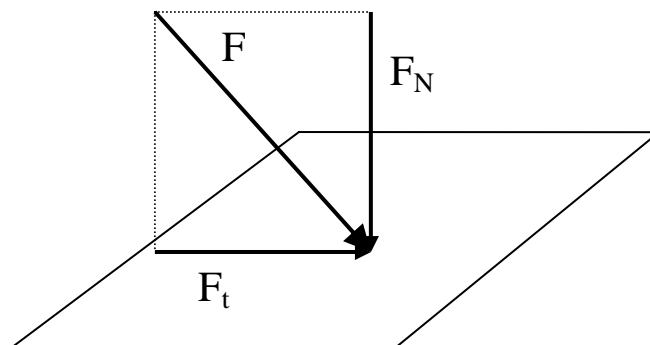
### DENSIDAD RELATIVA $\delta$ DE ALGUNOS LÍQUIDOS

Líquido	Densidad relativa	t °C
Agua dulce .....	1,00	4
Agua de mar .....	1,02-1,03	4
Petróleo bruto ligero .....	0,86-0,88	15
Petróleo bruto medio .....	0,88-0,90	15
Petróleo bruto pesado .....	0,92-0,93	15
Keroseno .....	0,79-0,82	15
Gasolina ordinaria .....	0,70-0,75	15
Aceite lubricante .....	0,89-0,92	15
Fuel-oil .....	0,89-0,94	15
Alcohol sin agua .....	0,79-0,80	15
Glicerina .....	1,26	0
Mercurio .....	13,6	0

## 6. Presión (P)

Se define como presión la fuerza normal que actúa por unidad de superficie.

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



En la práctica se maneja con asiduidad la **altura de presión**, que no es más que una forma de medir la presión haciéndola



equivalente a la presión existente bajo una columna de líquido de altura **h**.

$$P = \frac{W_{\text{liquido}}}{S} = \frac{\gamma_{\text{liquido}} \cdot S \cdot h_{\text{liquido}}}{S} = \gamma_{\text{liquido}} \cdot h_{\text{liquido}} \Rightarrow h_{\text{liquido}} = \frac{P}{\gamma_{\text{liquido}}}$$

$$h_{(mca)} = \frac{P(Nm^{-2})}{\gamma_{\text{agua}}(Nm^{-3})}$$

$$h_{(Hg)} = \frac{P(Nm^{-2})}{\gamma_{Hg}(Nm^{-3})}$$

1 atm = 760 mm Hg = 10,33 mca = 1,033 kg cm<sup>-2</sup> = 1,013·10<sup>5</sup> Pa  
Hay 2 **escalas** para medir presiones: una **absoluta** y otra **relativa**.  
La escala absoluta tiene su origen en el vacío, mientras que la escala relativa toma como referencia la presión atmosférica local.

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{relativa}} + P_{\text{atmosferica}} = P_{\text{relativa}} + 10,33 \text{ mca}$$

La **presión diferencial** es la diferencia de presiones entre dos puntos.

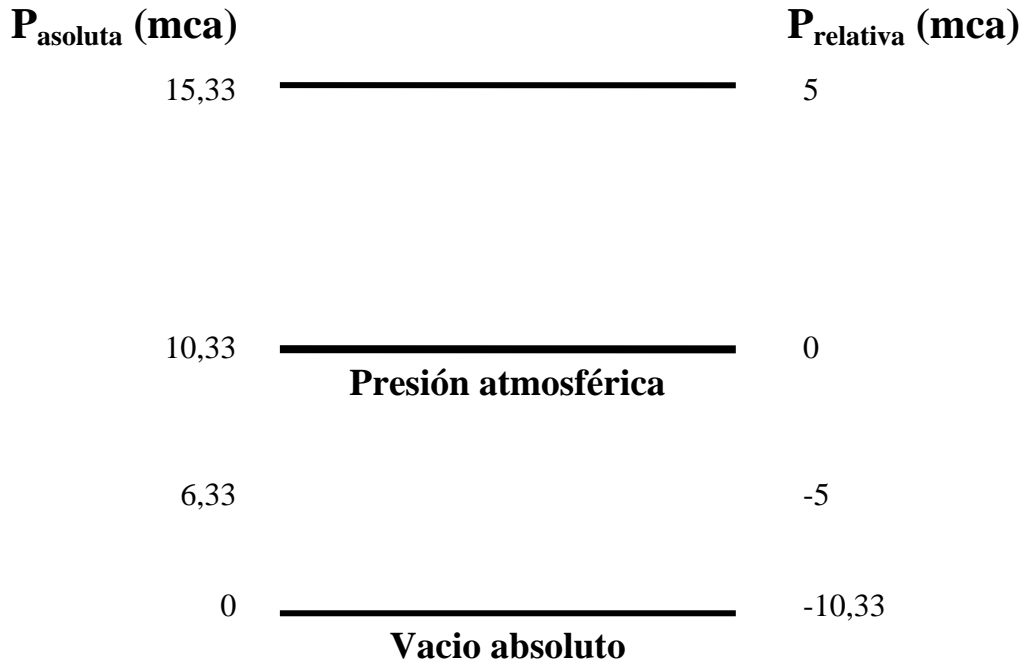
La **presión manométrica** es la presión relativa en el punto en que se mide. Para su medida se emplean **manómetros** si la presión es mayor que la atmosférica y **vacuómetros** si es menor.

La **presión barométrica** es la presión (absoluta) atmosférica en un lugar. Se mide mediante **barómetros**. Equivale al peso de la





columna de aire que hay en ese momento sobre ese punto, y por tanto varía con la altitud.



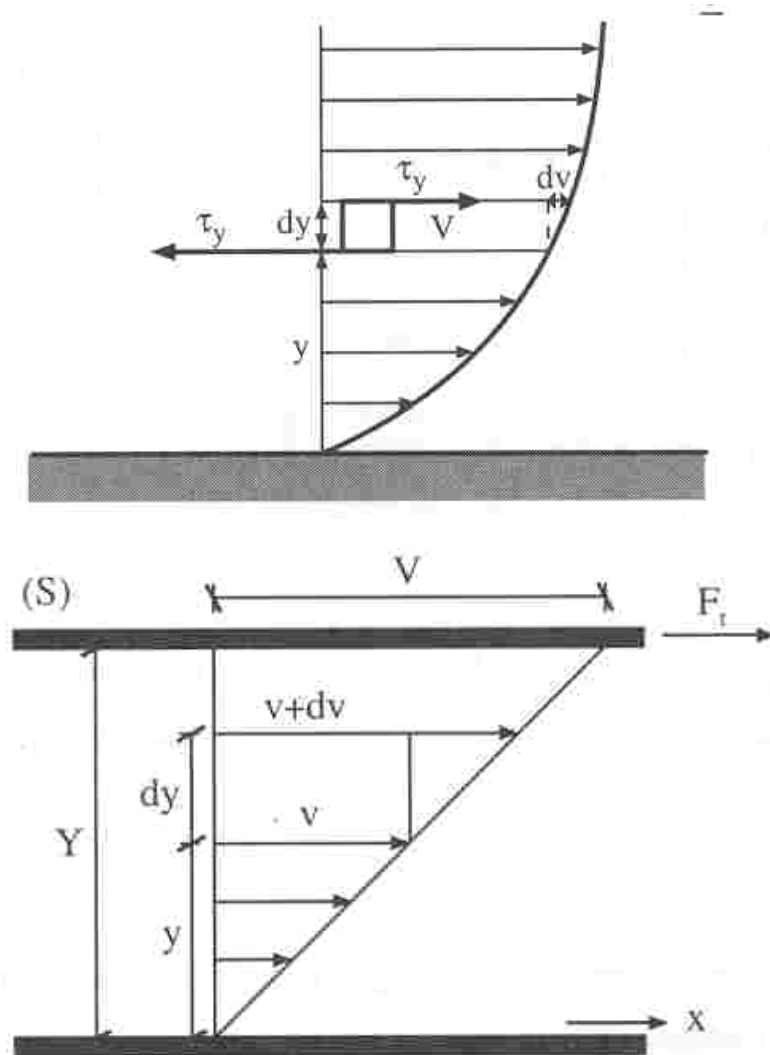
Si  $P_{\text{relativa}} < 0$ , y por tanto  $P_{\text{asoluta}} < P_{\text{atmosférica}}$  se pueden producir una serie de situaciones perjudiciales para las instalaciones hidráulicas:

- Entrada de aire
  - Cavitación ( $P_{\text{asoluta}} < P_{\text{vapor}}$ )
- } Disminuye la sección de paso y se generan sobrepresiones, vibraciones, oxidaciones, etc.



## 7. Viscosidad dinámica y cinemática ( $\mu$ , $\nu$ )

La viscosidad es la resistencia que un fluido opone a ser deformado por esfuerzos tangenciales. Se debe a la interacción (cohesión) entre las moléculas de líquido.



$$F_t = \mu \cdot \frac{S \cdot v}{y}$$

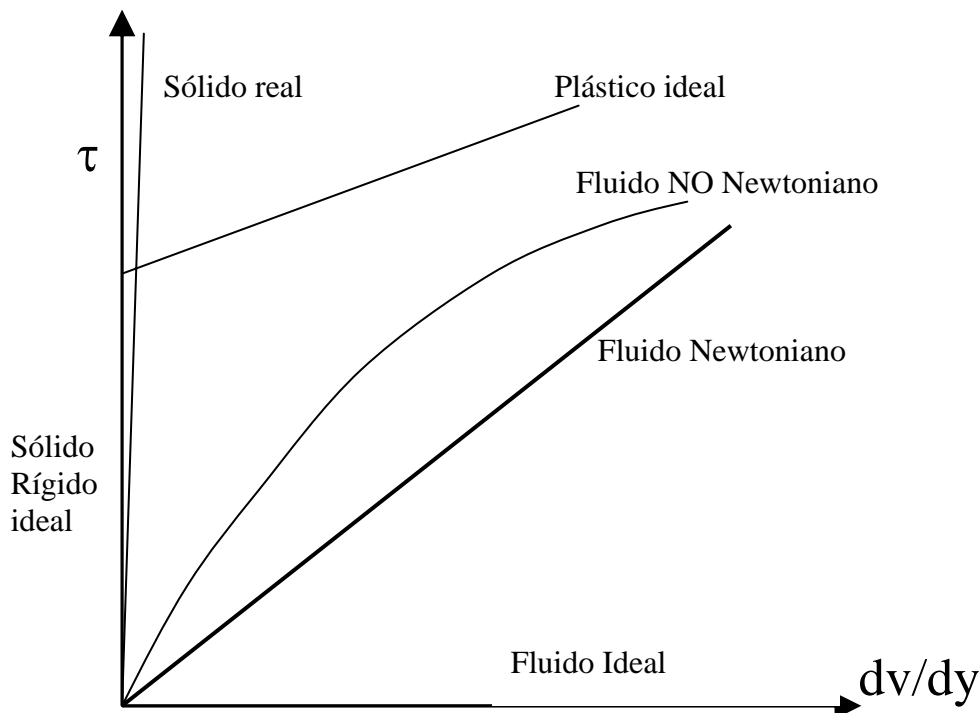


$$\frac{\bar{v}}{y} = \frac{d\bar{v}}{dy} \Rightarrow d\bar{T} = \tau = \mu \cdot ds \cdot \frac{dv}{dy} \quad (1)$$

$\mu$  = viscosidad dinámica (poises)

$\tau$  = Tensión o esfuerzo cortante

la ecuación (1) representa la ley de NEWTON de la viscosidad y sólo se cumple exactamente en los llamados **fluidos newtonianos**, para los cuales  $\mu$  permanece constante en condiciones constantes de P y T.



### RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CUERPO



VISCOSIDAD DE VARIOS LÍQUIDOS (en poises) A DIFERENTES TEMPERATURAS

Líquido	Peso espec. aprox.	Viscosidad $\mu$ en poises a varias temperaturas dadas en grados centígrados					
		0°	20°	40°	60°	80°	100°
Agua.....	1,00	0,0179	0,0101	0,0066	0,0048	0,0036	0,0028
Alcohol.....	0,79	0,0177	0,0120	0,0083	0,0059	-	-
Parafina.....	0,81	0,032	0,020	0,013	0,009	-	-
Petróleo.....	0,75	0,0071	0,0055	0,0044	0,0036	-	-
Aceite de motor (corriente)	0,94	-	3,55	0,72	0,28	0,14	0,07
Aceite de motor (extra).....	0,94	-	-	2,52	0,73	0,31	0,17

En hidráulica es más habitual trabajar con la **viscosidad cinemática**, que se define como:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu \cdot g}{\gamma}$$

TABLA DE VALORES DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA PARA EL AGUA

Temperatura °C	$\nu$ (m <sup>2</sup> /seg)	Temperatura °C	$\nu$ (m <sup>2</sup> /seg)
5°	1,52x10 <sup>-6</sup>	30°	0,81x10 <sup>-6</sup>
10°	1,31x10 <sup>-6</sup>	40°	0,66x10 <sup>-6</sup>
15°	1,14x10 <sup>-6</sup>	50°	0,55x10 <sup>-6</sup>
20°	1,01x10 <sup>-6</sup>	60°	0,48x10 <sup>-6</sup>
25°	0,90x10 <sup>-6</sup>	80°	0,37x10 <sup>-6</sup>

### 8. Compresibilidad (E)

Es la mayor o menor capacidad de un fluido para variar el volumen con la presión a la cual esté sometido. Se expresa mediante el **módulo de elasticidad volumétrico E**:

$$E = \frac{dP}{-\frac{dV}{V}}$$



---

El valor de  $E$  permanece constante para cada líquido en condiciones constantes de  $T$  y  $P$ , pero al aumentar la presión aumenta  $E$ . para el agua  $E$  está comprendido entre 20000 y 21000  $\text{kgf/cm}^2$ .

## 9. Presión o tensión de vapor ( $P_v$ ). Cavitación

Es la presión parcial a que dan lugar las moléculas de vapor cuando se produce el fenómeno de la evaporación dentro de un espacio cerrado. También puede definirse como la presión para la cual el agua pasa a estado de vapor. Depende de la temperatura.

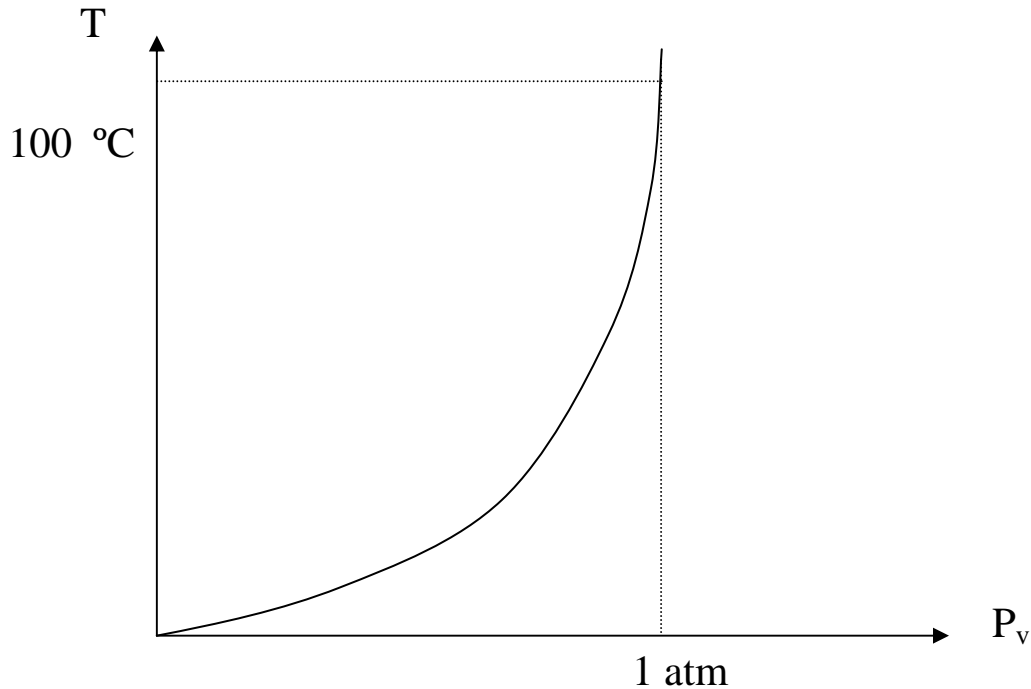


Tabla 1.XII

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL AGUA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Temperatura	Viscosidad dinámica en centipoises	Tensión superficial dinas/cm.	Tensión de vapor en mm. de Hg.	Módulo de elasticidad Ton./cm <sup>2</sup> .
0	1,7921	75,6	4,579	20,32
5	1,5188	74,9	6,543	20,86
10	1,3077	74,22	9,209	21,45
15	1,1404	73,49	12,788	21,89
20	1,0050	72,75	17,535	22,32
25	0,8937	71,97	23,756	22,72
30	0,8007	71,18	31,824	23,02
35	0,7225	70,37	42,175	23,20
40	0,6560	69,56	55,324	23,32
45	0,5988	68,73	71,880	23,38
50	0,5494	67,91	92,510	23,41
55	0,5064	67,04	118,040	23,35
60	0,4688	66,18	149,380	23,23
65	0,4355	65,29	187,540	23,06
70	0,4061	64,40	233,700	22,86
75	0,3799	63,50	289,100	22,66
80	0,3565	62,60	355,100	22,43
85	0,3355	61,67	433,600	22,37
90	0,3165	60,75	525,760	21,90
95	0,2994	59,82	633,900	21,60
100	0,2838	58,90	760,000	21,30

Para 100 °C  $P_v = 10,33 \text{ mca} \Rightarrow 10,33 - 10,33 = 0 \text{ mca}$

Para 20 °C  $P_v = 0,238 \text{ mca} \Rightarrow 0,238 - 10,33 = - 10,09 \text{ mca}$

Para 4 °C  $P_v = 0,083 \text{ mca} \Rightarrow 0,083 - 10,33 = - 10,25 \text{ mca}$



**Cavitación:** Fenómeno que se produce cuando la presión disminuye por debajo de la presión de vapor a la temperatura de trabajo.

## 10. Tensión superficial ( $\sigma$ ). Capilaridad.

Debido a la cohesión entre las moléculas de los líquidos, en sus superficies de contacto con otros fluidos o con sólidos parece conformarse una membrana elástica

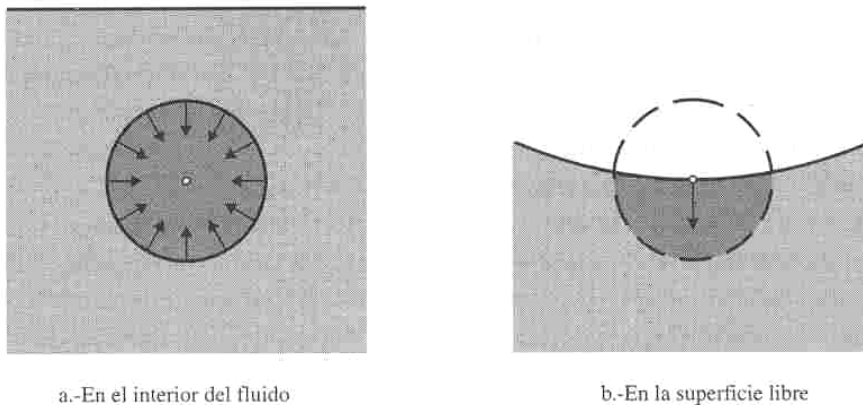


FIGURA 1.4: Campo efectivo de atracción entre las partículas

La tensión superficial puede definirse como el trabajo que debe realizarse para separar todas las moléculas de la unidad de superficie del líquido.

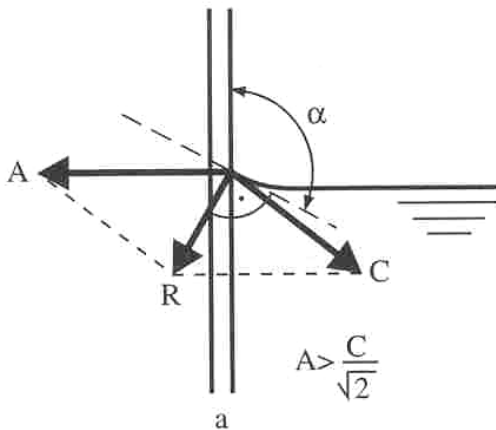
$$\sigma = \frac{\text{Trabajo}}{\text{superficie}} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{longitud}}$$



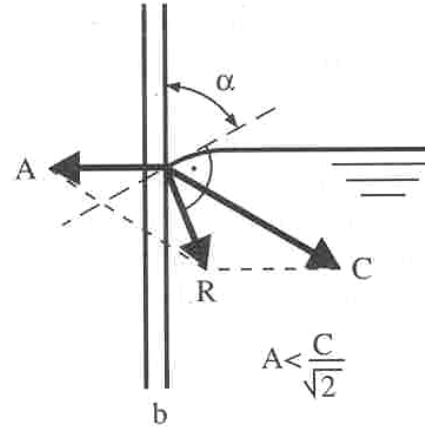
TENSIÓN SUPERFICIAL DE LÍQUIDOS A 20 °C.

LÍQUIDO	En Kg./m.	LÍQUIDO	En Kg./m.
Alcoholético (en aire)	0,00228	Mercurio (en vacío)	0,04956
Benceno (en aire)	0,00295	Aceite lubricante (en aire)	0,00357-0,00387
Mercurio (en aire)	0,05238	Aceite mineral crudo (en aire)	0,00238-0,00387
Mercurio (en agua)	0,04003		

**Capilaridad:** La existencia de un contorno sólido modifica el equilibrio superficial. Pueden presentarse dos casos:



El líquido moja la pared



El líquido no moja la pared

El fenómeno de **capilaridad** consiste en el ascenso o descenso del líquido (según que moje o no) que se produce en un tubo y cuya altura viene dada por la ley de JURIN.



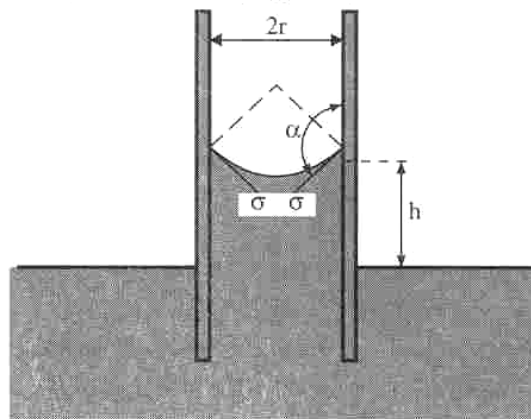


FIGURA 1.6: Tubo capilar

$$h = \frac{2 \sigma \cos \alpha}{\gamma r}$$