

T 1.1.- Introducción a la Mecánica de Fluidos

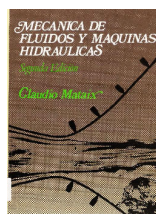
T 1.2.- Estática. Fuerzas sobre Superficies

T 1.3.- Dinámica de Fluidos

T 1.4.- Flujo en Tuberías

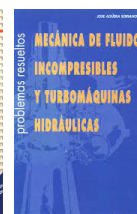
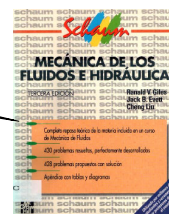
T 1.5.- Golpe de Ariete y Cavitación

T 1.6.- Máquinas Hidráulicas



Problemas

Teoría



1

MF. T1.- Introducción a la Mecánica de Fluidos

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

2

MF. T1.- Introducción a la Mecánica de Fluidos

Objetivos:

En este tema se trata de familiarizar al alumno con el comportamiento de los fluidos y sus propiedades. Este estudio lleva a la definición de fluido y sus propiedades fundamentales. Se expone la Ecuación General de la Hidrostática, que será de utilización a lo largo de todo el bloque. Se introduce el concepto de viscosidad, y otros conceptos de Mecánica de Fluidos como son la superficial y de capilaridad

Se realizará una práctica de laboratorio que permitirá analizar la viscosidad de un fluido, aceite de lubricación, observando la influencia que presenta la temperatura

3

T1.- INT. A LA MECANICA DE FLUIDOS

- 1.- Introducción
- 2.- Conceptos Generales
- 3.- Ecuación General de la Hidrostática
- 4.- Viscosidad
- 5.- Otros Conceptos

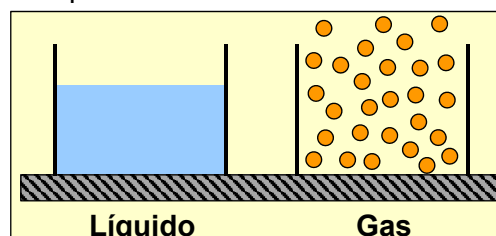
1.- Introducción (I)

Fluido: sustancia continua con débiles fuerzas de cohesión entre sus moléculas, lo que las permite “resbalar”, por lo que no tiene forma propia y se adapta al recipiente; presenta resistencia a la velocidad de deformación (no a la def.)

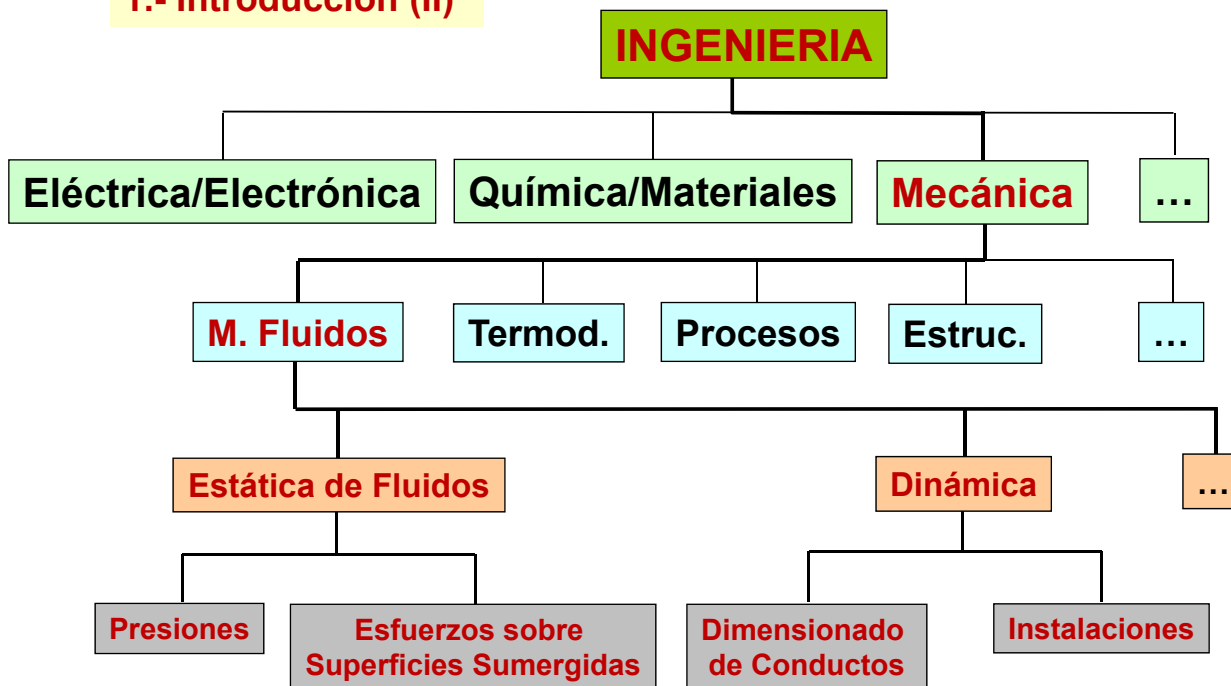
- **Líquidos:** conservan el volumen (“incompresibles”)
presentan una superficie libre
- **Gases:** no tiene volumen, ocupan todo el recipiente

Mecánica de Fluidos: fluidos en reposo y movimiento (**fluidos incompresibles**)

Termodinámica: fluidos en condición de aporte de calor (**fluidos compresibles**)



1.- Introducción (II)



2.- Conceptos Generales (I)

Peso, W: (es una fuerza): (masa . gravedad) [N (Newton) = kg.m/s²]
 $k_f = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$

Densidad, ρ : (masa / volumen) [kg/m³]

ρ rho

Densidad relativa, ρ_R : $\rho_R = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$

Peso específico, γ : (peso/volumen) [N/m³] $\gamma = \frac{W}{Vol} = \frac{M \cdot g}{Vol} = \rho \cdot g$

γ gamma



La Fuerza es una magnitud vectorial, y cuando se aplica a un cuerpo, se puede descomponer en una componente perpendicular y otra normal al cuerpo.

- **Componente normal** (perpendicular)
- **Componente cortante** (tangencial)

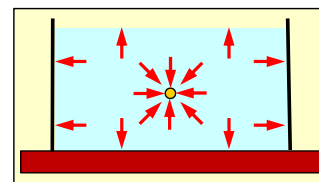
Esfuerzo cortante, τ , es la fuerza tangencial dividida entre el área, (N/m²)

τ tau

2.- Conceptos Generales (II)

Presión, P: (F / Superficie) [Pascal: N/m²]

- En el interior se transmite igual en todas las direcciones
- Se ejerce perpendicularmente a las superficies que lo contienen



Tipos de Presión:

- **Atmosférica;** p_{atm} (nivel del mar y 0°C) = 1 atm = 1,013 bar = 101.325 Pa

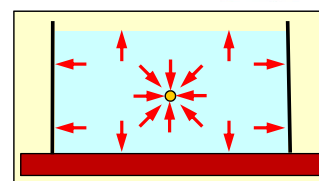
$$P_{atm} = \frac{F}{S} = \frac{\text{Peso}_{\text{columna de aire de la atmósfera}}}{S}$$

Se mide con un barómetro

2.- Conceptos Generales (II)

Presión, P: (F / Superficie) [Pascal: N/m²]

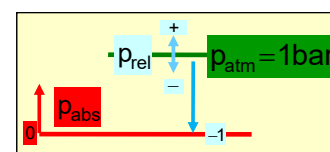
- En el interior se transmite igual en todas las direcciones
- Se ejerce perpendicularmente a las superficies que lo contienen



Tipos de Presión:

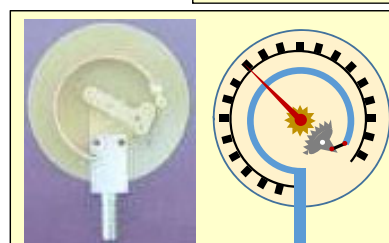
- **Atmosférica;** p_{atm} (nivel del mar y 0°C) = 1,013 bar
- **Absoluta;** p_{abs} (>0)
- **Relativa o manométrica;** p_{rel} (>-1bar; si <0 P de vacío)

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



Medida de la Presión:

- **Manómetros:** P relativas positivas
- **Vacuómetros:** P relativas negativas



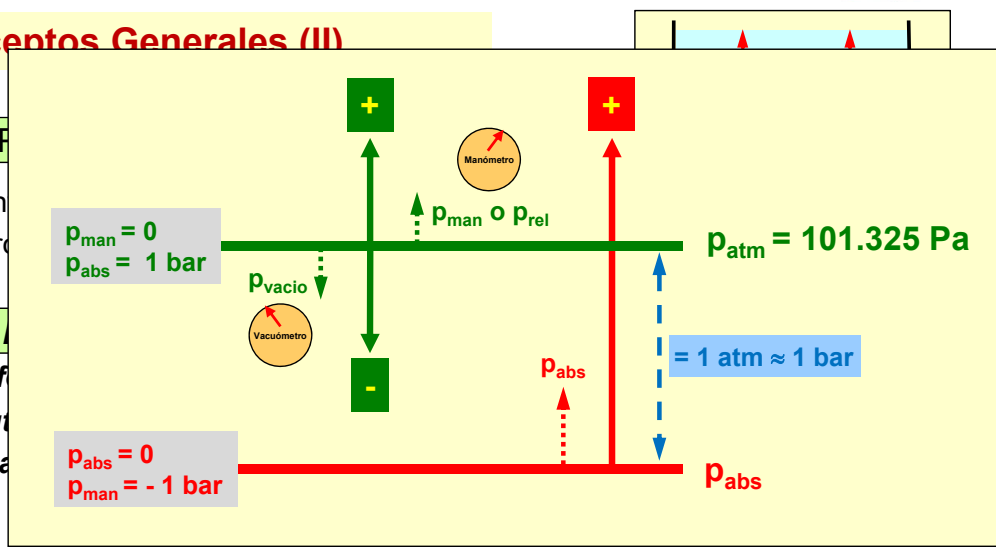
2.- Conceptos Generales (II)

Presión, P

- En el in
- Se ejer

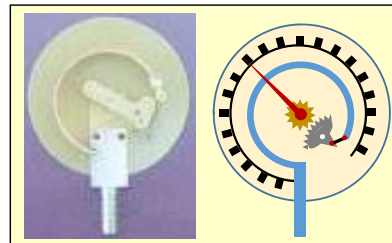
Tipos de

- Atmosf
- Absolut
- Relativa

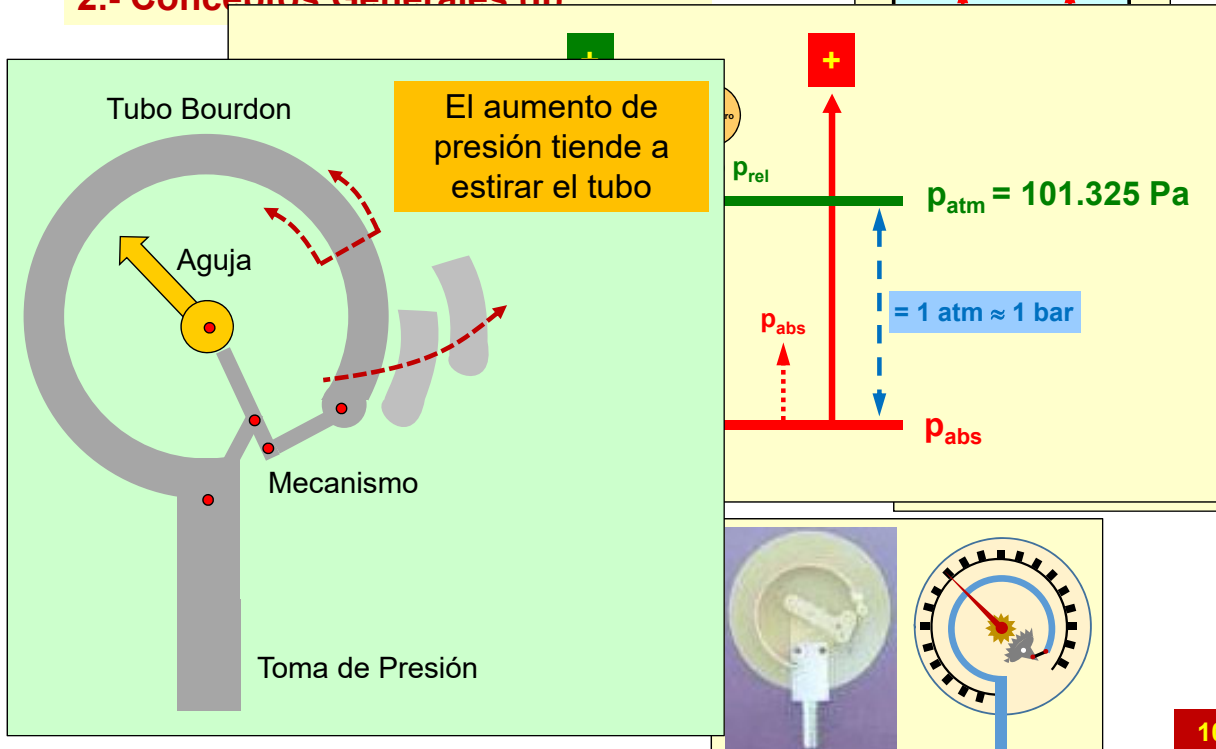


Medida de la Presión:

- **Manómetros:** P relativas positivas
- **Vacuómetros:** P relativas negativas



2.- Conceptos Generales (II)

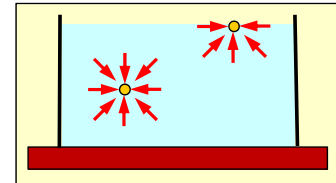


2.- Conceptos Generales (III)

Tensión superficial, σ : [N/m], f(T) σ sigma

Efecto macroscópico de la diferencia de fuerza de cohesión molecular de dos fluidos
Aparece en la superficie de separación de fluidos no miscibles

20°C	Agua-aire	$\sigma = 0,074$ N/m
	Agua-alcohol	$\sigma = 0,020$ N/m
	Agua-aceite	$\sigma = 0,027$ N/m
	Agua-mercurio	$\sigma = 0,375$ N/m
	Mercurio-aire	$\sigma = 0,48$ N/m



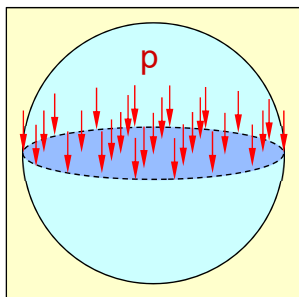
En una gota la tensión superficial alrededor de la circunferencia debe equilibrar la fuerza de la presión interna

En una burbuja (gota hueca) la tensión superficial alrededor de las dos circunferencias (2 interfases) debe equilibrar la fuerza de la presión interna

2.- Conceptos Generales (IV)

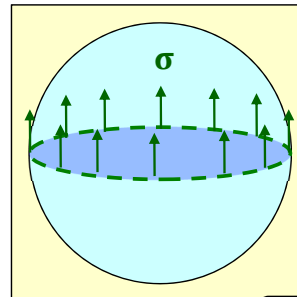
Tensión superficial, σ : [N/m], f(T) σ sigma

En una gota la tensión superficial alrededor de la circunferencia debe equilibrar la fuerza de la presión interna



$$p \cdot \pi \cdot R^2 = 2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot R$$

$$p = \frac{2 \cdot \sigma}{R}$$



Dos circunferencias (interior y exterior)

$$p \cdot \pi \cdot R^2 = 2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot R)$$

$$p = \frac{4 \cdot \sigma}{R}$$

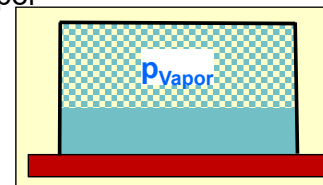
En una burbuja (gota hueca) la tensión superficial alrededor de las dos circunferencias (2 interfases) debe equilibrar la fuerza de la presión interna

2.- Conceptos Generales (V)

Presión de vapor, $f(T)$

Es la presión originada por el vapor del líquido en la atmósfera que le rodea
El fluido se evapora hasta que el vapor alcanza la presión del vapor

Agua	20°C	0,02337 bar
	100°C	1,013 bar



Cavitación, $f(P, T)$

Evaporación del líquido cuando la P es inferior a la P_{vapor}

P absolutas

Módulo de elasticidad, E : [Pa]

Resistencia a la compresión

$$E = - \frac{dp}{dV/V}$$

Fluido	E (MPa)
Aire (1 bar)	0,2
Agua	$2 \cdot 10^3$
Aceite	$1,3 \cdot 10^3$
Mercurio	$24,75 \cdot 10^3$

"Incompresibles"

13

Una gota de agua de diámetro 0,5 mm tiene una presión en su interior de $5,8 \cdot 10^{-3}$ kg/cm² mayor que la atmosférica; determinar su tensión superficial.

Calcular el **vacío necesario** para provocar cavitación en un flujo de agua a 80°C si sucede a una altura de 2.500 m.s.n.m. ($p_{vapor\ 80^\circ C} = 47,7$ kPa; $p_{atm\ 2.500msnm} = 75$ kPa)

14

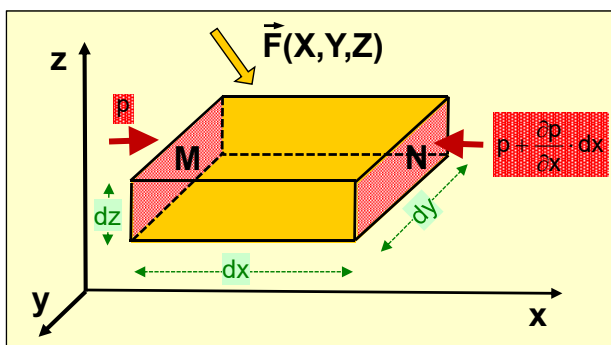
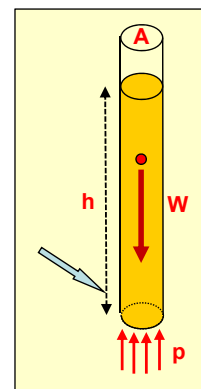
A una profundidad de 9 km la P en el océano es de 1.000 bar. Si la densidad en la superficie es de 1,025 kg/dm³ y el módulo elástico medio de 23.000 bar, calcular la densidad del fondo

3.- Ecuación de la Hidrostática (I)

Presión de una columna de fluido

$$p = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{\text{Masa} \cdot g}{A} = \frac{(\rho \cdot \text{Vol}) \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot (h \cdot A) \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h = \gamma \cdot h$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ m.c.a. } (\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3) = 9.800 \text{ Pa} \\ 1 \text{ m.c.Hg } (\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3) = 133.280 \text{ Pa} \end{array} \right.$$



Elemento diferencial de volumen
(en reposo)

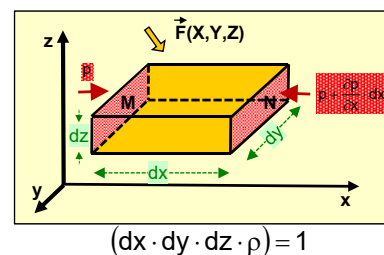
$$m = \text{Vol} \cdot \rho = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho = 1$$

$$p \Rightarrow p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot dx$$

Fuerza exterior: $\vec{F}(X, Y, Z)$

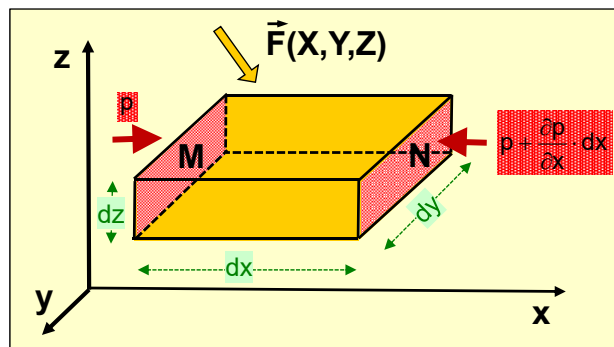
3.- Ecuación de la Hidrostática (II)

$$\vec{F}(X,Y,Z) \begin{cases} p \cdot dz \cdot dy - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dz \cdot dy + X = 0 \\ p \cdot dx \cdot dz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial y} \cdot dy \right) \cdot dx \cdot dz + Y = 0 \\ p \cdot dx \cdot dy - \left(p + \frac{\partial p}{\partial z} \cdot dz \right) \cdot dx \cdot dy + Z = 0 \end{cases}$$



17

3.- Ecuación de la Hidrostática (III)



$$\rho \cdot X \cdot dx + \rho \cdot Y \cdot dy + \rho \cdot Z \cdot dz = \frac{\partial p}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial p}{\partial y} \cdot dy + \frac{\partial p}{\partial z} \cdot dz = dp$$

$$\frac{dp}{\rho} = X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz$$

- Si sólo existe la gravedad: $\vec{F}(0, 0, -g)$ $z \Rightarrow$ altura

$$dp = -\rho \cdot g \cdot dz$$

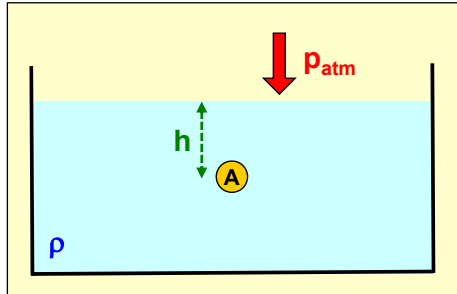


$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

18

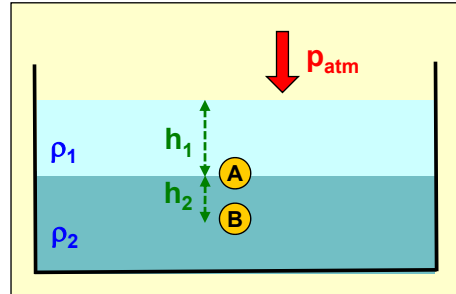
3.- Ecuación de la Hidrostática (IV)

Si el fluido está sometido a una presión exterior



• **P. Absoluta** $p_{abs A} = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$

• **P. Relativa** $p_{rel A} = \rho \cdot g \cdot h$



• **P. Absoluta** $p_{abs B} = p_{abs A} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$

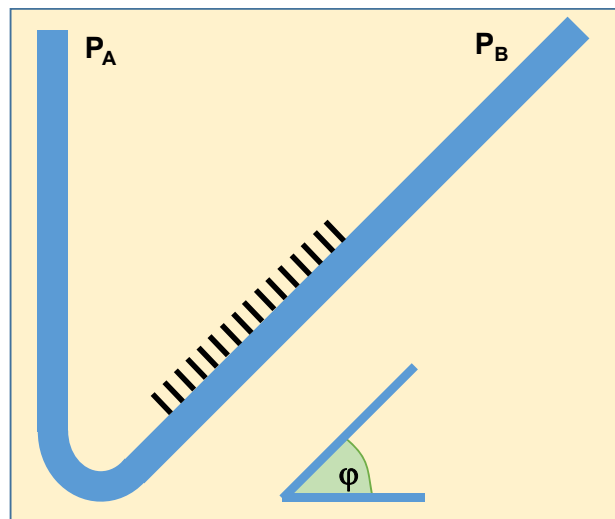
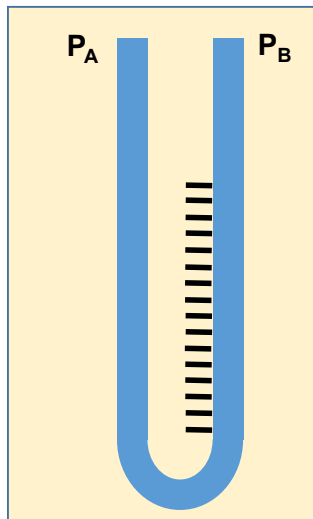
$p_{abs B} = (p_{atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1) + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$

• **P. Relativa** $p_{rel B} = p_{rel A} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$

$p_{rel B} = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$

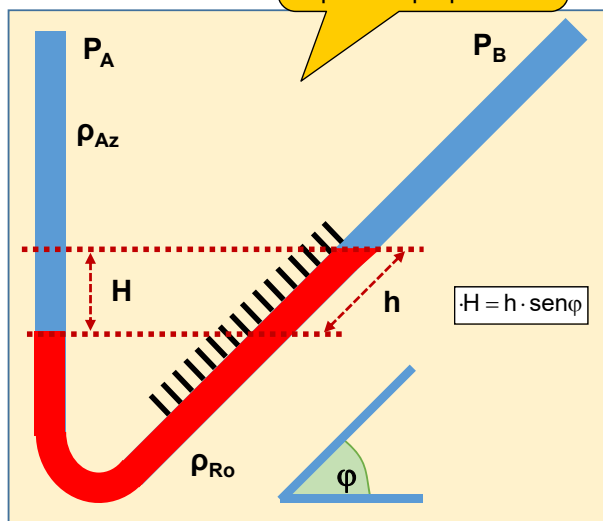
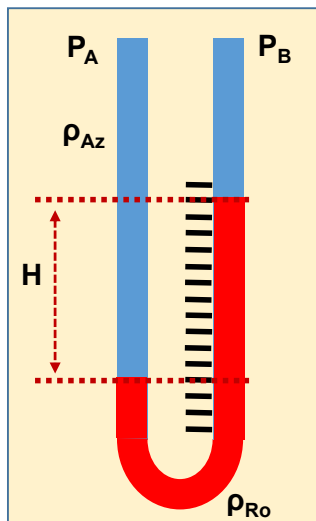
3.- Ecuación de la Hidrostática (V)

Medida de la presión con una columna de líquido



3.- Ecuación de la Hidrostática (V)

Medida de la presión con una columna de líquido



$$P_A + (\rho_{Az} \cdot g \cdot H) = P_B + (\rho_{Ro} \cdot g \cdot H)$$

$$P_A - P_B = (\rho_{Ro} \cdot g \cdot H) - (\rho_{Az} \cdot g \cdot H) = (\rho_{Ro} - \rho_{Az}) \cdot g \cdot H$$

$$P_A - P_B = (\rho_{Ro} - \rho_{Az}) \cdot g \cdot H = (\rho_{Ro} - \rho_{Az}) \cdot g \cdot (h \cdot \text{sen}\phi)$$

21

m.c.a. a Pa \Rightarrow

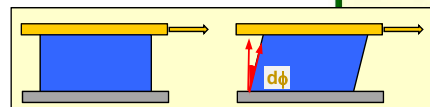
m.c.Hg. a Pa \Rightarrow

kg/cm² a Pa \Rightarrow

m.c.a. a kg/cm² \Rightarrow

22

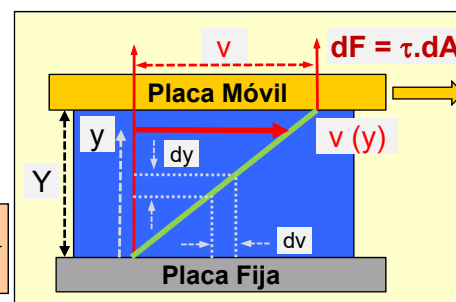
4.- Viscosidad (I)



Resistencia a fluir, a la velocidad de deformación

Fluidos Newtonianos; $f(T)$

$$F = \tau \cdot A = \text{cte} \cdot \frac{A \cdot v}{Y} = \text{cte} \cdot \frac{A \cdot dv}{dy} \quad \frac{F}{A} = \tau = \text{cte} \cdot \frac{v}{Y} = \text{cte} \cdot \frac{dv}{dy}$$



• V. Dinámica, μ [Pa.s]:

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}$$

Agua	10^{-3} Pa.s
Aire	$1,8 \cdot 10^{-5}$ Pa.s

- Líquidos $\mu \downarrow$ al T^a
- Gas $\mu \uparrow$ al T^a

• V. Cinemática, ν [m²/s]:

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

Agua	$1,1 \cdot 10^{-6}$ m ² /s
Aire	$1,51 \cdot 10^{-5}$ m ² /s

4.- Viscosidad (II)

Equivalencias de unidades entre S.I. y c.g.s

- **Viscosidad dinámica**, μ
- **Viscosidad cinemática**, ν

S.I.	c.g.s.
Pa.s	Poise
m ² /s	Stoke

Poise = 0,01 Pa · s

Es usual manejar el cPoise

1.000 cPoise = 1 Pa · s

Stoke = 10^{-4} m² / S

Es usual manejar el cStoke

1.000.000 cStoke = 1 m² / s

4.- Viscosidad (III)

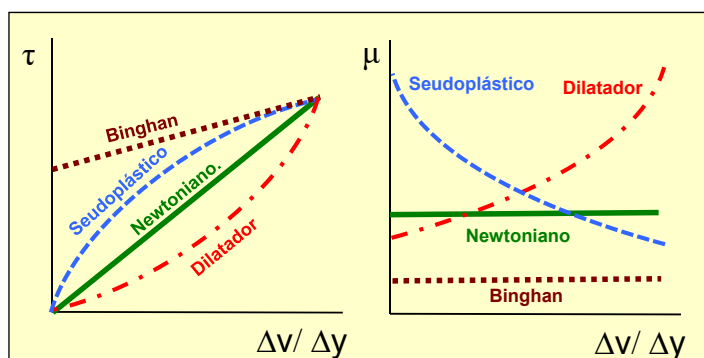
Existen otras **Unidades de viscosidad**

Sistema C.G.S. { • Poise: 1.000 cPoise = 1 Pa.s
• Stoke: 10.000 Stokes = 1m²/s

- °E (viscosímetro Engler)
- SAE (Soc. Auto. Eng.)
- Segundos Redwood
- Segundos Saybolt

Indice de viscosidad (I.V.): relaciona ($\Delta\mu / \Delta T^a$)
si I.V.↑ la influencia de T^a en μ ↓

Fluidos no Newtonianos:
f (T, dv/dy, t)



4.- Viscosidad (III)

Existen otras **Unidades de viscosidad**

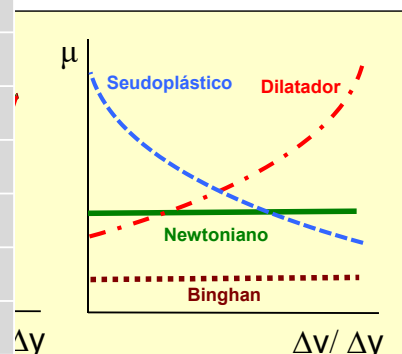
Sistema C	Centistokes	Engler	Saybolt	Redwood
Indice de	400	52,6	1.819	1.620
	350	46,1	1.591	1.417
	300	39,4	1.364	1.215
Fluidos no	250	32,9	1.137	1.012
	200	26,3	910	810
	150	19,74	683	608
	100	13,17	456	405
	50	6,62	230	203
	10	1,83	58	51
	5	1,39	42	37

1 St = 1 cm²/s

1 St = 10⁻⁴ m²/s

1 cSt = 10⁻⁶ m²/s

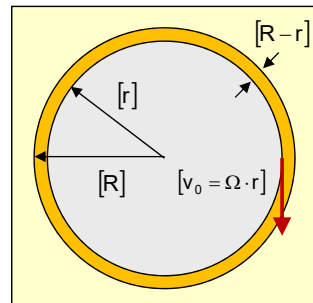
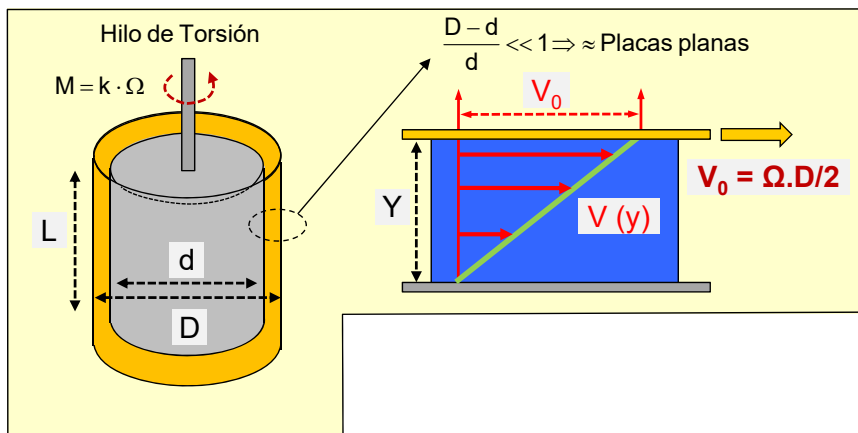
- °E (viscosímetro Engler)
- SAE (Soc. Auto. Eng.)
- Segundos Redwood
- Segundos Saybolt



4.- Viscosidad (IV)

Práctica de laboratorio

Viscosímetro de Torsión



$$\mu = \frac{M \cdot (D - d)}{v_0 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L}$$

27

4.- Viscosidad (V)

Viscosímetro Engler:

- Un depósito para el líquido a ensayar
- Una señal que marca la capacidad del depósito
- Una vasija para calentar al “baño maría”
- Un orificio y tubo de salida en su base algo cónica
- Una tapadera para introducir un termómetro
- Un matraz calibrado
- Un cronómetro

Se realiza la experiencia con el líquido y con agua

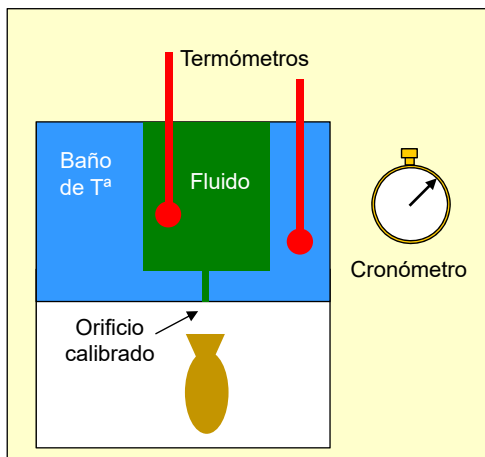


28

4.- Viscosidad (VI)

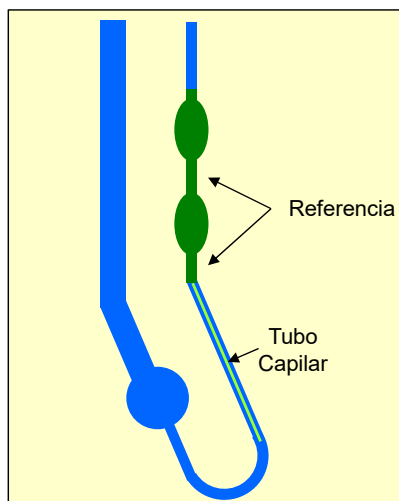
Viscosímetro Saybolt:

- Un tubo cilíndrico de bronce
- Un orificio calibrado en el fondo
- Un baño termostático
- Cronómetro (tiempo de vaciado)



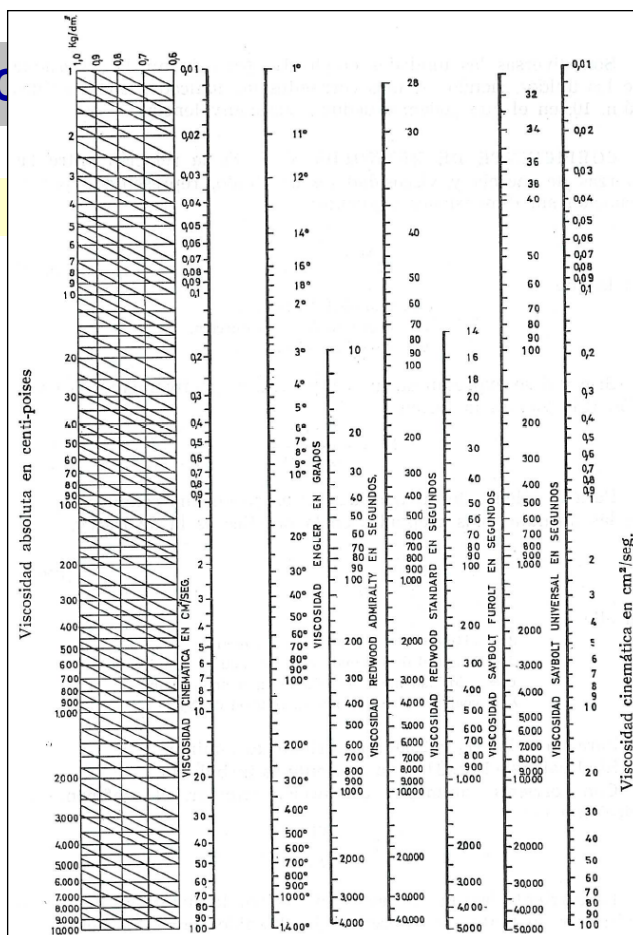
Viscosímetro Oswald:

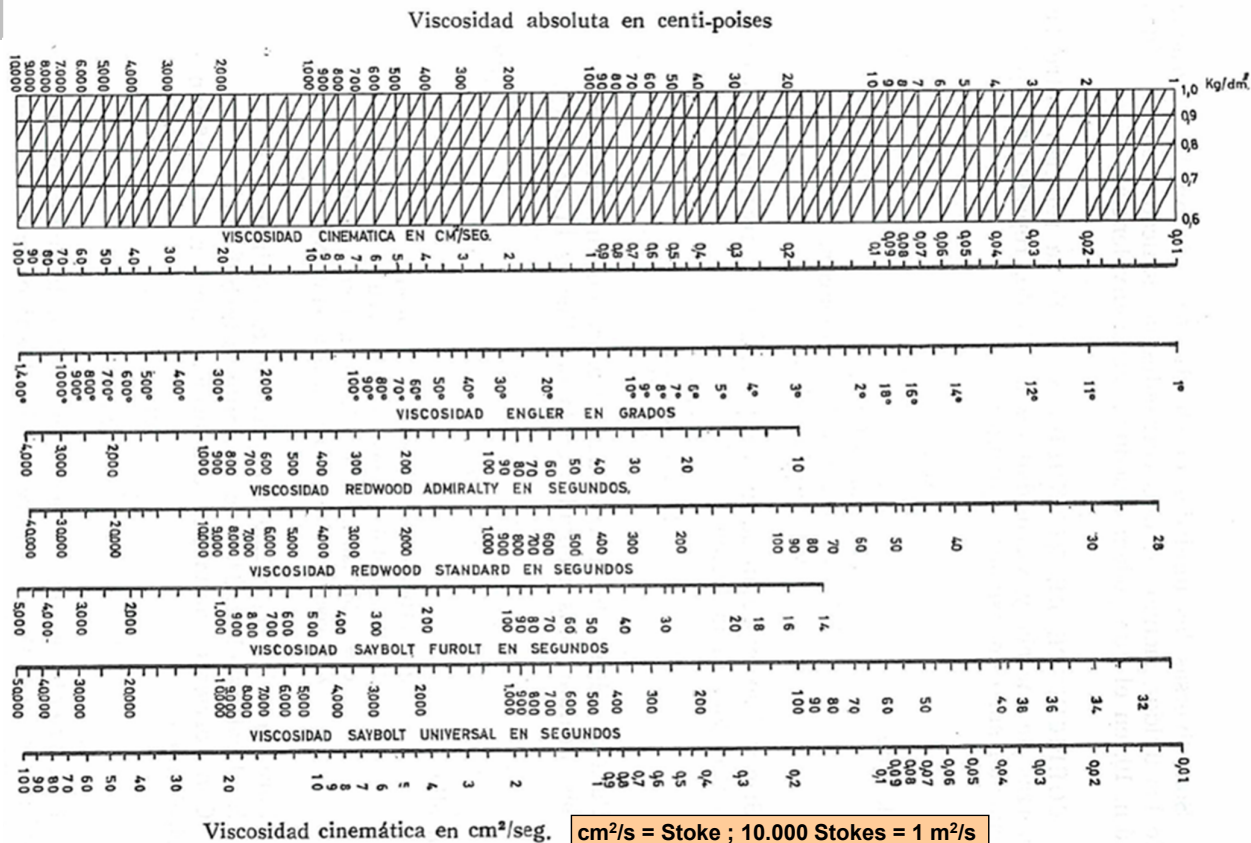
- Un tubo capilar
 - Un tubo más ancho
 - Cronómetro
- } Formando una U



4.- Viscosidad (VII)

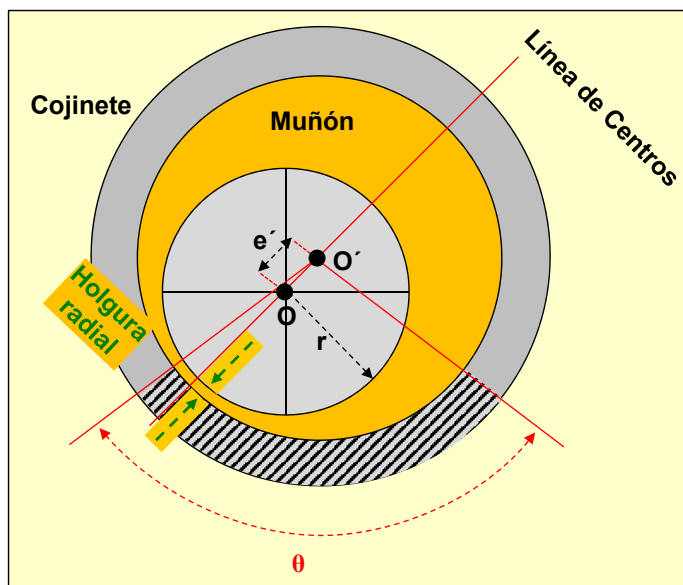
Cambio de Unidades de Viscosidad





4.- Viscosidad (VII)

Cojinete de lubricación: nomenclatura



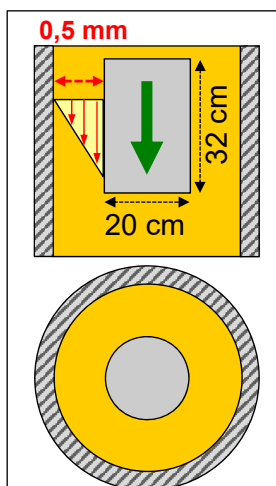
- h: espesor de película
- c: diferencia radial
- $\epsilon = e/c$, relación de excentricidad

$h = c \cdot (1 + \epsilon \cdot \cos\theta)$

Determinar la variación de la fuerza para mover un pistón de un motor diésel si cuando arranca el aceite está a 0°C y a régimen a 120°C; la viscosidad dinámica varía de $1,5 \cdot 10^{-3}$ a $2 \cdot 10^{-4}$ kg s/m²

Un émbolo de 100 kg se mueve por gravedad en el interior de un cilindro vertical. El espacio entre ambos está relleno de aceite (0,5 mm de espesor) de viscosidad $8,5 \cdot 10^{-1}$ N s /m²

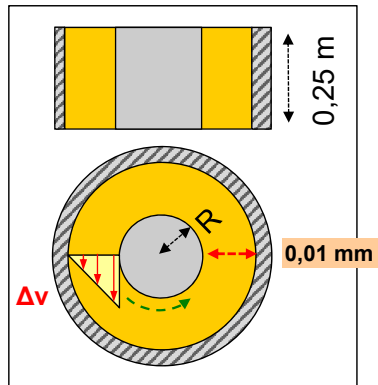
- Determinar la velocidad de descenso
- Determinar la viscosidad del aceite si el émbolo tarda 3 s en recorrer 1 m



El árbol de una máquina tiene 0,10 m de diámetro, se mantiene en posición vertical mediante un soporte cojinete de 0,25 m de longitud. La separación radial entre el árbol y el soporte es de 0,1 mm, y va recubierto de un lubricante de 0,125 Poises de viscosidad. La velocidad de giro del árbol es de 240 rpm. Calcular:

- Par resistente producido en el soporte cojinete
- Potencia disipada en el rozamiento

1 Poise = 0,1 Pa s



35

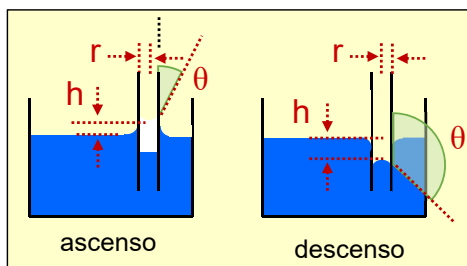
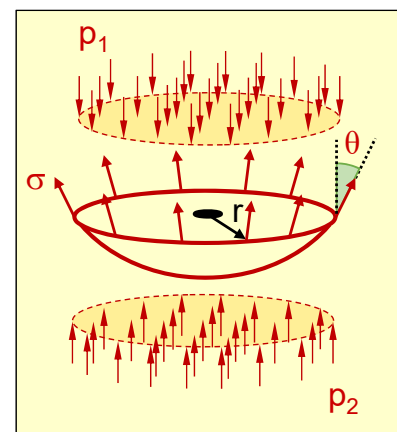
5.- Otros conceptos (I)

Capilaridad; ($\varnothing < 10 \text{ mm}$)

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta + p_2 \cdot \pi \cdot r^2 = p_1 \cdot \pi \cdot r^2$$

Angulo de contacto: efecto de la diferencia de fuerzas de cohesión molecular entre las partículas de distintos fluidos y sólidos

$$\cos \theta = r \cdot \frac{p_1 - p_2}{2 \cdot \sigma}$$



$$\left. \begin{aligned} F_\sigma &= 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta \\ F_g &= \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \end{aligned} \right\} h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\gamma \cdot r}$$

$\left\{ \begin{aligned} \text{cohesión} < \text{adhesión} &\Rightarrow \sigma_{\text{gas-sol}} > \sigma_{\text{liq-sol}} \Rightarrow \text{moja} \\ \text{cohesión} > \text{adhesión} &\Rightarrow \sigma_{\text{gas-sol}} < \sigma_{\text{liq-sol}} \Rightarrow \text{no moja} \end{aligned} \right.$

agua+vidrio+aire $\Rightarrow \theta = 0^\circ$

Hg+vidrio+aire $\Rightarrow \theta = 140^\circ$

36

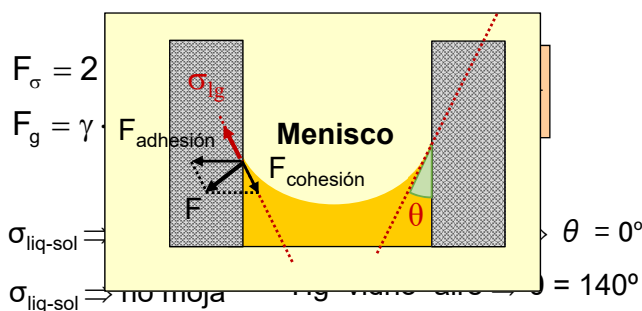
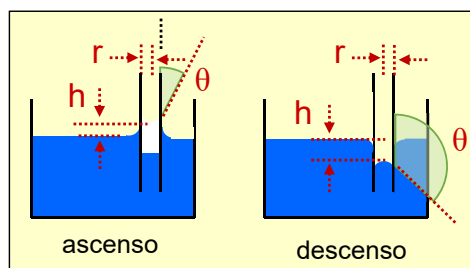
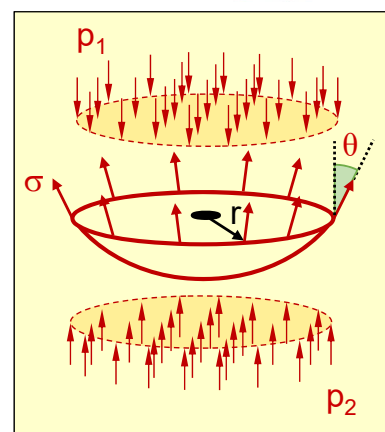
5.- Otros conceptos (I)

Capilaridad; ($\varnothing < 10 \text{ mm}$)

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta + p_2 \cdot \pi \cdot r^2 = p_1 \cdot \pi \cdot r^2$$

Angulo de contacto: efecto de la diferencia de fuerzas de cohesión molecular entre las partículas de distintos fluidos y sólidos

$$\cos \theta = r \cdot \frac{p_1 - p_2}{2 \cdot \sigma}$$



$\left\{ \begin{array}{l} \text{cohesión} < \text{adhesión} \Rightarrow \sigma_{\text{gas-sol}} > \sigma_{\text{liq-sol}} \\ \text{cohesión} > \text{adhesión} \Rightarrow \sigma_{\text{gas-sol}} < \sigma_{\text{liq-sol}} \end{array} \right. \Rightarrow \theta = 0^\circ$
 $\Rightarrow \theta = 140^\circ$

Se inserta un tubo de vidrio limpio de 2 mm de diámetro en agua a 15°C. Calcular la altura a la que sube el agua por el vidrio. El ángulo de contacto es de 0°

5.- Otros conceptos (II)

Ley de un gas ideal

$$p = \rho \cdot R \cdot T$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 8,314 \text{ kJ/kmol.K} \\ M_{\text{aire}} = 28,97 \text{ kg/kmol} \\ R_{\text{aire}} = 0,287 \text{ kJ/kg} \end{array} \right.$$

Condiciones isotermas: en un gas

$$p_1 \cdot \text{vol}_1 = p_2 \cdot \text{vol}_2$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$E = p$$

Condiciones adiabáticas o isoentrópicas ($Q = 0$): en un gas ideal

$$p_1 \cdot \text{vol}_1^k = p_2 \cdot \text{vol}_2^k$$

$$(\gamma_1 / \gamma_2)^k = p_1 / p_2 = \text{cte}$$

$$T_1 / T_2 = (p_1 / p_2)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$E = k \cdot p$$

siendo k el exponente adiabático, $k = c_p / c_v$

Perturbaciones en la presión: ondas de velocidad

La velocidad de propagación de una onda en el fluido, c_F , es:

$$c_F = \sqrt{E / \rho}$$

39

Gas (20°C, 1 atm)	Peso específico, γ		R (m/K)	k [c_p/c_v] Exp. adiabático	Visco.cinem., ν (m ² /s)
	kp/m ³	N/m ³			
Amoniaco	0,717	7	49,2	1,32	1,535 10 ⁻⁵
Nitrógeno	1,16	11,4	30,3	1,4	1,59 10 ⁻⁵
Oxígeno	1,33	13	26,3	14	1,59 10 ⁻⁵

AIRE	Densidad, ρ	Peso específico, γ	Visco.cinem., ν	Visco. dinámica, μ
°C	kg/m ³	N/m ³	(m ² /s)	(N.s/m ²)
0	1,29	12,7	13,3 10 ⁻⁶	1,725 10 ⁻⁵
20	1,2	11,8	15,1 10 ⁻⁶	1,81 10 ⁻⁵
50	1,09	10,7	17,9 10 ⁻⁶	1,95 10 ⁻⁵
80	1	9,8	20,9 10 ⁻⁶	2,09 10 ⁻⁵
100	0,95	9,28	23 10 ⁻⁶	2,3 10 ⁻⁵

40

AGUA	Densidad, ρ	Peso específico, γ	Visco. dinámica, μ	Tensión superficial	Presión vapor	Mod elas. E
°C	kg/m ³	kN/m ³	(N.s/m ²)	(N/m)	kPa	GPa
0	1000	9,81	1,75 10 ⁻³	0,0756	0,611	2,02
20	998	9,79	1,02 10 ⁻³	0,0728	2,34	2,18
50	988	9,69	5,41 10 ⁻⁴	0,0679	12,3	2,29
80	971	9,53	3,5 10 ⁻⁴	0,0626	47,4	2,2
100	958	9,4	2,82 10 ⁻⁴	0,0589	101,3	2,07

T ^a	Aceite lubricante		Fuel oil pesado		Gasolina	
°C	Dens. relat.	V.cin. ν (m ² /s)	Dens. relat.	V.cin. ν (m ² /s)	Dens. relat.	V.cin. ν (m ² /s)
5	0,905	471 10 ⁻⁶	0,918	400 10 ⁻⁶	0,737	0,749 10 ⁻⁶
20	0,893	122 10 ⁻⁶	0,909	156 10 ⁻⁶	0,725	0,648 10 ⁻⁶
40	0,875	39,4 10 ⁻⁶	0,898	52,8 10 ⁻⁶	0,709	0,545 10 ⁻⁶
65	0,865	15,4 10 ⁻⁶				

	T	ρ	γ	μ	ν	σ	p_v (asb)	E
	°C	kg/m ³	kN/m ³	N.s/m ²	m ² /s	N/m	kPa	GPa
Alcohol etílico	20	798	7,74	1,19 10 ⁻³	1,51 10 ⁻⁶	2,28 10 ⁻²	5,9	1,06
Gasolina	15,6	680	6,67	3,10 10 ⁻⁴	4,60 10 ⁻⁷	2,20 10 ⁻²	55	1,30
Mercurio	20	13.600	133	1,57 10 ⁻³	1,15 10 ⁻⁷	4,66 10 ⁻¹	1,6 10 ⁻⁴	28,5
Aceite SAE 30°	15,6	912	8,95	3,8 10 ⁻¹	4,20 10 ⁻⁴	3,6 10 ⁻²	-	1,50
Agua de mar	15,6	1.030	10,1	1,20 10 ⁻³	1,17 10 ⁻⁶	7,34 10 ⁻²	1,77	2,34
Agua	15,6	999	9,80	1,12 10 ⁻³	1,12 10 ⁻⁶	7,34 10 ⁻²	1,77	2,15

Presión de Vapor del Agua

