



Mecánica de fluidos

Edinson Murillo Mosquera



LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **Definición de Fluido:** Sustancia que se deforma constantemente cuando se somete a un esfuerzo cortante (por más pequeño que sea).
- Sustancia que ocupa la **forma** del recipiente que lo contiene (**LIQUIDO**).
- Sustancia que ocupa la **forma** y el **volumen** del recipiente que lo contiene (**GAS**).



MEDIO CONTINUO

- Para adoptar **bases matemáticas** o analíticas, es necesario considerar que la **estructura molecular** original es reemplazada por un medio hipotético llamado **medio continuo**.
- Por ej. la velocidad de un punto debe ser considerada como el promedio de la velocidad de la masa que rodea ese punto.
- La **densidad**, el **volumen específico**, la **presión**, **velocidad** y **aceleración** se supone que **varían continuamente** en todo el fluido o que son **constantes**.



LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **Presión.**

La **presión** se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Se enuncia por medio de la ecuación:

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

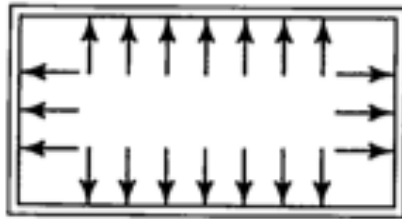
- **Líquidos y Gases.**

Los fluidos pueden ser líquidos o gases. Si un líquido se almacena en un contenedor, tiende a adoptar la forma de éste, y cubre el fondo y las paredes laterales.

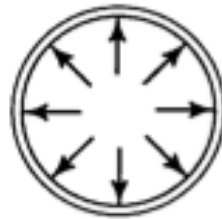
1. Los gases se comprimen con facilidad.
2. Los líquidos se comprimen muy poco.



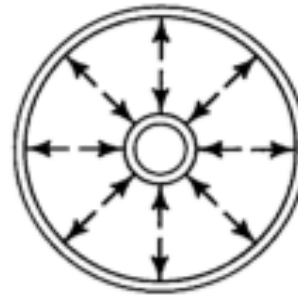
LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA



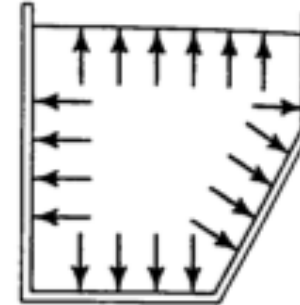
(a) Ducto de una estufa



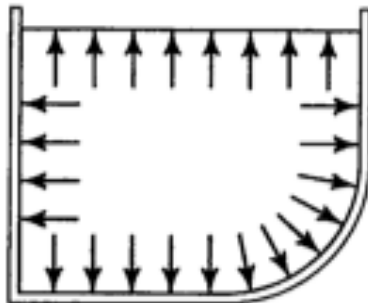
(b) Tubería o tubo



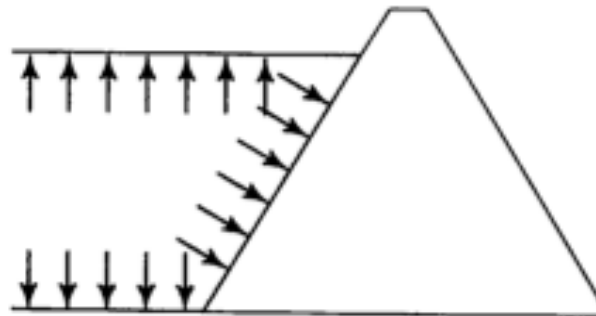
(c) Intercambiador de calor (un tubo dentro de otro tubo)



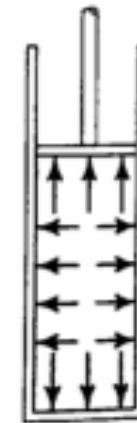
(d) Depósito



(e) Alberca



(f) Presa



(g) Cilindro de fluido de potencia



LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **Peso y masa**

*La **masa** es la propiedad que tiene un cuerpo de fluido, es la medida de la inercia o resistencia a cambiar el movimiento de éste. También es la medida de la cantidad de fluido.*

*El **peso** es la cantidad que pesa un cuerpo de fluido, es decir: la fuerza con la que el fluido es atraído hacia la Tierra por la acción de la gravedad.*

$$F = ma$$

$$w = mg$$

$$g = 9.806\ 65\ \text{m/s}^2\ \text{y}\ g = 32.1740\ \text{pies/s}^2$$

- **Propiedades de los fluidos**

peso específico, densidad, gravedad específica y tensión superficial, la viscosidad, también es importante para determinar el carácter del flujo de los fluidos y la cantidad de energía que se pierde en un sistema.





LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)**
 - Longitud = metro (m)
 - Tiempo = segundo (s)
 - Masa = kilogramo (kg) o $N \cdot s^2/m$
 - Fuerza = newton (N) o $kg \cdot m/s$

Múltiplos y submúltiplos de unidades del SI

Prefijo	Símbolo	Multiplicador	Ejemplo
tera	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}	1 terametro (Tm)
giga	G	1 000 000 000 = 10^9	1 gigametro (Gm)
mega	M	1 000 000 = 10^6	1 megametro (Mm)
kilo	k	1 000 = 10^3	1 kilómetro (km)
centi	c	0.01 = 10^{-2}	1 centímetro (cm)*
milí	m	0.001 = 10^{-3}	1 milímetro (mm)
micro	μ	0.000001 = 10^{-6}	1 micrómetro (μm)
nano	n	0.000000001 = 10^{-9}	1 nanómetro (nm)
—	Å	0.0000000001 = 10^{-10}	1 ángstrom (Å)*
pico	p	0.000000000001 = 10^{-12}	1 picómetro (pm)

*Aun cuando no se recomienda el empleo del centímetro y del ángstrom, el uso de estas unidades sigue siendo común.





LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- ***EL SISTEMA TRADICIONAL DE UNIDADES DE ESTADOS UNIDOS***

- ✓ longitud = pie (ft)
- ✓ tiempo = segundo (s)
- ✓ fuerza = libra (lb)
- ✓ masa = slug o $\text{lb}\cdot\text{s}^2/\text{pie}$

- ***Equivalencia entre SI y SUEU***

- 1 pulgada (in) = 25.4 milímetros (mm)
- 1 pie (ft) = 0.3048 metros (m)
- 1 yarda (yd) = 0.914 metros (m)
- 1 milla (mi) = 1.61 kilómetros (km)



LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **Temperatura.**

- Lo más frecuente es que la temperatura se indique en °C (grados Celsius) o en °F (grados Fahrenheit).
- El agua se congela a 0 °C y hierve a 100 °C.
- El agua se congela a 32 °F y hierve a 212 °F.

- Dada la temperatura T_F en °F, la temperatura T_c en grados Celsius es: $T_c = (T_F - 32)/1.8$

- Dada la temperatura T_c en °C, la temperatura T_F en grados Fahrenheit es: $T_F = 1.8T_c + 32$

- **Temperatura absoluta.**

$$T_k = T_c + 273.15 \quad ; \quad T_R = T_F + 459.67 \quad ; \quad T_k = (T_F + 459.67)/1.8 = T_R/1.8$$





Ejemplos

1. En Estados Unidos, la carne para hamburguesas, y otras carnes, se venden por libra. Suponga que ésa sea de 1.00 lb fuerza, calcule la masa en slugs. la masa en kg y el peso en N.
2. Se deja caer un cuerpo desde una altura de 13 ni. Si se ignora la resistencia del aire, ¿cuánto tiempo tomaría al cuerpo llegar al piso ? Use un valor de $a = g = -9.81 \text{ m/s}^2$.
3. Convierta 1600 milímetros cuadrados en metros cuadrados.
4. El punto de fusión del plomo es de 330°C . ¿Cuál es la temperatura correspondiente en grados Fahrenheit?
5. Un termómetro de mercurio y vidrio no puede usarse a temperaturas por debajo de -40°C , ya que ese metal se congela a tal temperatura, (a) ¿Cuál es el punto de congelación del mercurio en la escala Kelvin? (b) ¿Cuál es la diferencia entre esta temperatura y el punto de congelación del agua? Exprese su respuesta en kelvins.



LA NATURALEZA DE LOS FLUIDOS Y EL ESTUDIO DE SU MECÁNICA

- **La compresibilidad:** se refiere al cambio volumétrico que sufre en fluido cuando se le somete a un cambio de presión.
 - Esta se mide mediante el modulo volumétrico.

$$E = \frac{-\Delta p}{(\Delta V / V)}$$

Líquido	Módulo volumétrico	
	(psi)	(MPa)
Alcohol etílico	130 000	896
Benceno	154 000	1 062
Aceite para maquinaria	189 000	1 303
Agua	316 000	2 179
Glicerina	654 000	4 509
Mercurio	3 590 000	24 750



DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

- **Densidad:** *es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.* Por tanto, si se denota la densidad con la letra griega ρ (rho), se tiene.

$$\rho = m/V$$

V es el volumen de la sustancia que tiene masa m .

- **Peso específico:** *es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.* Si se denota el peso específico con la letra griega γ (gamma), entonces,

$$\gamma = w/V$$

V es el volumen de una sustancia que tiene peso w .



DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

- La ***gravedad específica*** es la razón de la densidad de una sustancia a la densidad del agua a 4 °C.
- La ***gravedad específica*** es la razón del peso específico de una sustancia al peso específico del agua a 4 °C.

$$Sg = \frac{\gamma_{sust}}{\gamma_{agua} @ 4^{\circ}C} = \frac{\rho_{sust}}{\rho_{agua} @ 4^{\circ}C}$$



DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

- Las propiedades del agua a 4 °C son constantes, y tienen los valores:

$$\gamma_{\text{Agua}} @ 4^{\circ}\text{C} = 9.81 \text{ kN} / \text{m}^3 \quad \text{o} \quad \gamma_{\text{Agua}} @ 4^{\circ}\text{C} = 62.4 \text{ lb} / \text{ft}^3$$

$$\rho_{\text{Agua}} @ 4^{\circ}\text{C} = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \quad \text{o} \quad \rho_{\text{Agua}} @ 4^{\circ}\text{C} = 1.94 \text{ slug} / \text{ft}^3$$

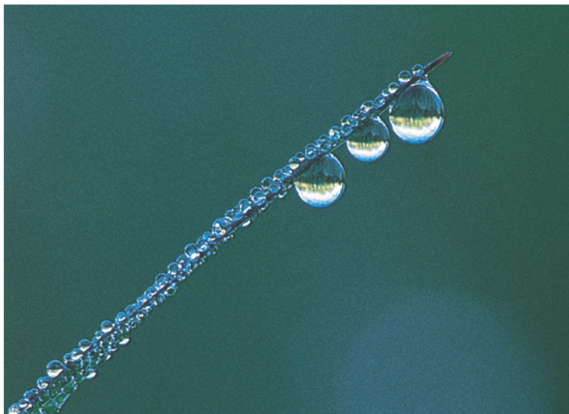
- Relación entre la densidad y el peso específico**

$$\gamma = \rho g$$



TENSIÓN SUPERFICIAL Y CAPILAR:

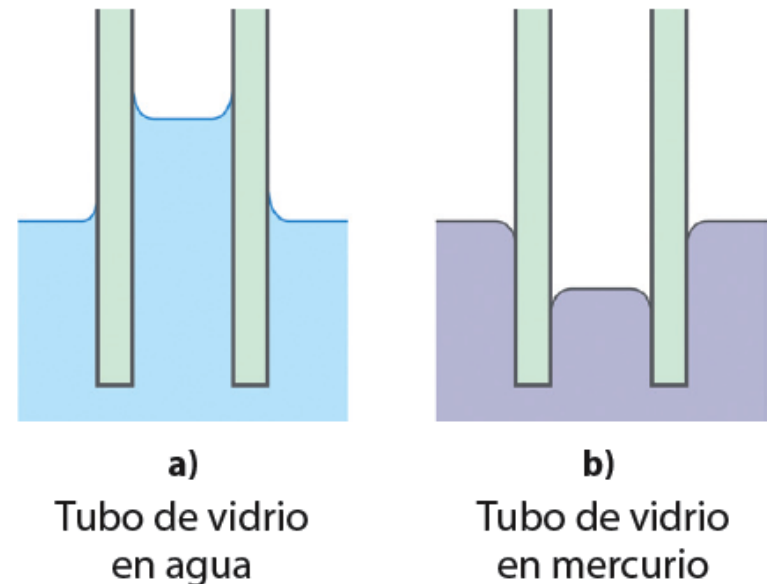
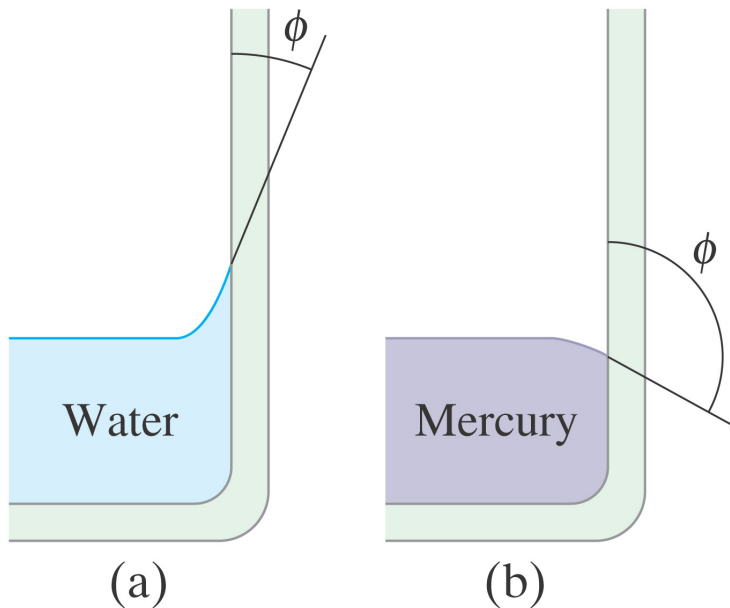
- **Tensión superficial y capilar:** La superficie de un líquido en reposo no es perfectamente plana; se curva hacia arriba o hacia abajo en las paredes del contenedor. Ese es el resultado de la tensión superficial, que hace que la superficie se comporte de una manera elástica.





TENSIÓN SUPERFICIAL Y CAPILAR:

- Las moléculas de agua son atraídas con más fuerza al vidrio que hacia otras moléculas de agua; ocurre lo contrario con el mercurio.





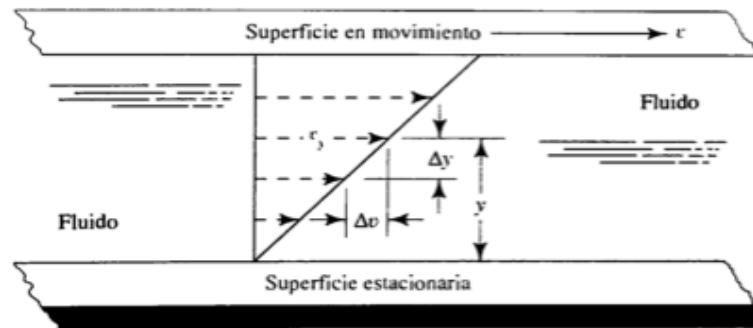
Ejemplos

1. Calcule el cambio de presión necesario para ocasionar una disminución de 1.00%, en un volumen de alcohol etílico. Expresé el resultado, en psi y en MPa.
2. Cierta sistema hidráulico opera a 20.0 MPa. Calcule el cambio porcentual del volumen del aceite del sistema, si el aceite de la máquina es similar al que se presenta en la tabla 1.4.
3. Una lata cilíndrica de 50 mm de diámetro contiene 100 mm de aceite combustible. El aceite tiene una masa de 1.56 kg. Calcule su densidad, peso específico y gravedad específica.
4. El diámetro de un contenedor cilíndrico es de 150 mm, y su peso, cuando está vacío, es de 2.25 N. Si se llena con cierto tipo de aceite hasta una profundidad de 200 mm pesa 35.4 N. Calcule la gravedad específica del aceite.



VISCOSIDAD

- Es la **propiedad mas importante** en el **flujo** de fluidos.
- La **viscosidad** es la propiedad mediante la cual **ofrece resistencia al corte**.
- Según la ley de viscosidad de Newton, para una deformación angular dada, el **esfuerzo cortante es directamente proporcional a la viscosidad**.
- Ej. La **miel** y la **brea** son altamente viscosos; el **agua** y el **aire** tienen viscosidades muy pequeñas.





VISCOSIDAD

- La viscosidad de un **gas aumenta** con la **temperatura**.
- La viscosidad de un **líquido disminuye** con la **temperatura**.
- Para **presiones bajas** la viscosidad depende sólo de la **temperatura**.
- En estado de **reposo**, o cuando no existe movimiento diferencial entre capas adyacentes, **du/dy** es cero y **no existe esfuerzo cortante**



VISCOSIDAD

- Las dimensiones de la viscosidad:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} : \left[\frac{\tau : [FL^{-2}]}{du : [LT^{-1}] / dy : [L]} \right] \quad \mu : [FL^{-2}T]$$

Por la 2ª ley de Newton: $F : [MLT^{-2}]$

entonces la viscosidad también se puede expresar: $\mu : [ML^{-1}T^{-1}]$



VISCOSIDAD

- UNIDADES para la viscosidad **Absoluta o Dinámica:**

- Para el sistema SI : $\mu : \left[\frac{N \cdot s}{m^2} \right] \equiv \left[\frac{Kg}{m \cdot s} \right]$

- Para el sistema USC: $\mu : \left[\frac{lb \cdot s}{ft^2} \right] \equiv \left[\frac{slug}{ft \cdot s} \right]$

- Viscosidad **Cinemática:** $\nu = \frac{\mu}{\rho} : \left[\frac{\mu : [ML^{-1}T^{-1}]}{\rho : [ML^{-3}]} \right]$



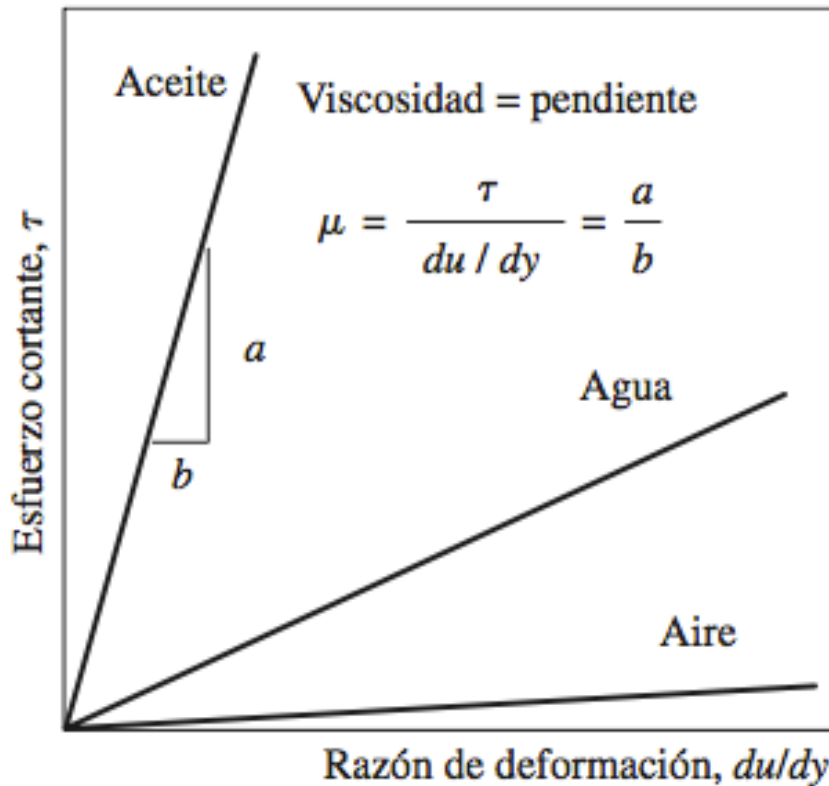
VISCOSIDAD

- Para el sistema SI: $\nu: \left[\frac{m^2}{s} \right]$
- Para el sistema USC: $\nu: \left[\frac{ft^2}{s} \right]$
- Dos unidades comunes de la viscosidad Cinemática son m^2/s y el **Stokes** (1 stoke = $1 \text{ cm}^2/s = 0.0001 \text{ m}^2/s$).
- (1 poise (P) $\equiv 1 \text{ g} \cdot (\text{s} \cdot \text{cm})^{-1} \equiv 1 \text{ dina} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} \equiv 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$)



VISCOSIDAD

- *Esfuerzo cortante y Fuerza Cortante:*



$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (\text{N/m}^2)$$

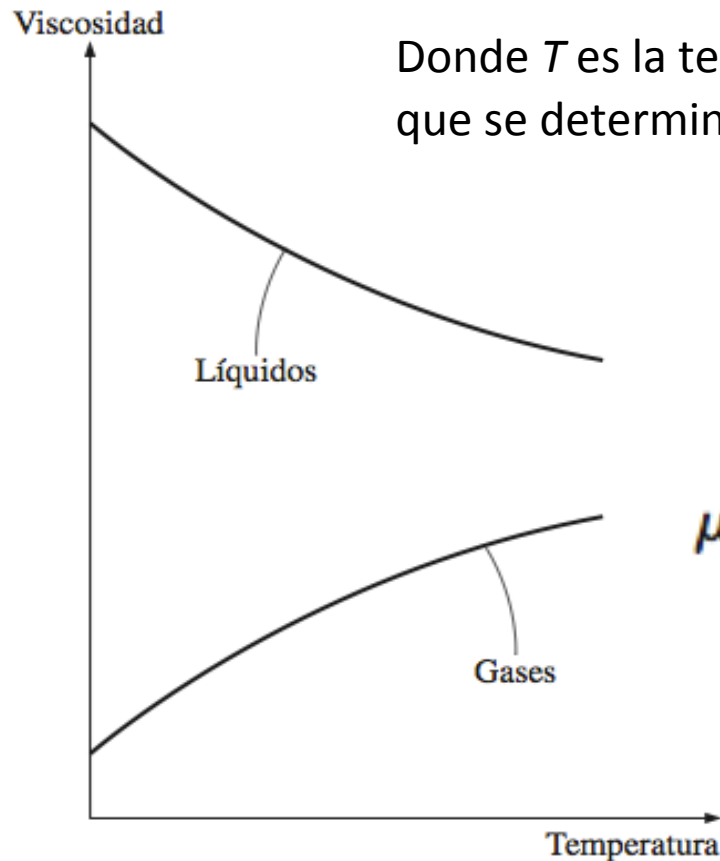
$$F = \tau A = \mu A \frac{du}{dy} \quad (\text{N})$$

$$F = \mu A \frac{V}{\ell} \quad (\text{N})$$



VISCOSIDAD

- Líquidos y Gases



Donde T es la temperatura absoluta y a , b y c son constantes que se determinan en forma experimental.

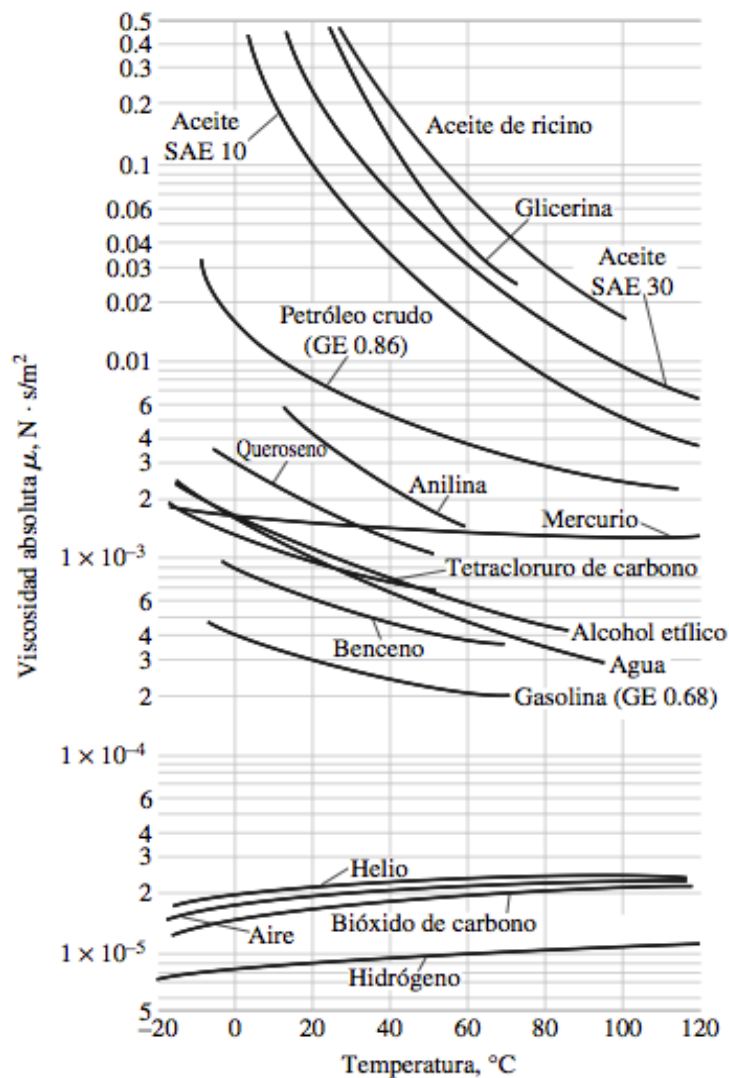
$$\mu = a10^{b/(T-c)}$$

$$\mu = \frac{aT^{1/2}}{1 + b/T}$$





VISCOSIDAD



Fluido	Viscosidad dinámica μ , kg/m · s
Glicerina:	
-20°C	134.0
0°C	10.5
20°C	1.52
40°C	0.31
Aceite para motor:	
SAE 10W	0.10
SAE 10W30	0.17
SAE 30	0.29
SAE 50	0.86
Mercurio	0.0015
Alcohol etílico	0.0012
Agua:	
0°C	0.0018
20°C	0.0010
100°C (líquido)	0.00028
100°C (vapor)	0.000012
Sangre, 37°C	0.00040
Gasolina	0.00029
Amoniaco	0.00015
Aire	0.000018
Hidrógeno, 0°C	0.0000088

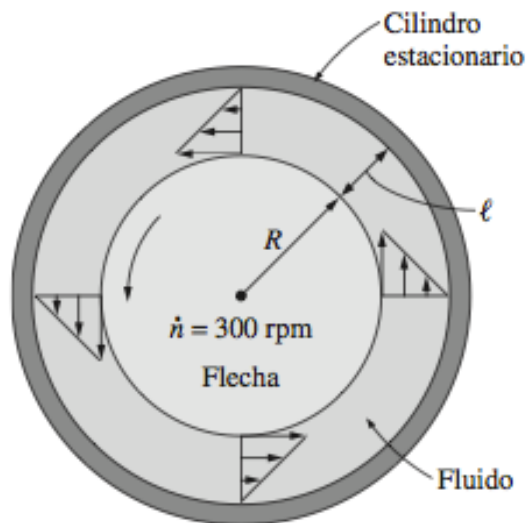




VISCOSIDAD

- Considérese una capa de fluido con espesor ℓ dentro de una pequeña brecha entre dos cilindros concéntricos, como la delgada capa de aceite en una chumacera. el par de torsión se puede expresar como:

$$T = FR = \mu \frac{2\pi R^3 \omega L}{\ell} = \mu \frac{4\pi^2 R^3 \dot{n} L}{\ell}$$

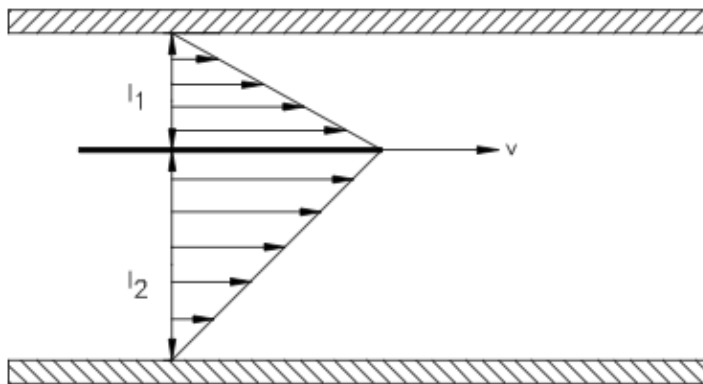


Donde L es la longitud del cilindro y n es el número de revoluciones por unidad de tiempo.



EJEMPLOS

1. Dos superficies planas de grandes dimensiones están separadas 32 mm y el espacio entre ellas está lleno con un líquido cuya viscosidad es de 0,15 poises. Suponiendo que el gradiente de velocidades es lineal, se pide:
 - a. ¿Qué fuerza en N se requiere para arrastrar una placa de muy poco espesor y 0,5 m² de área a la velocidad constante de 20 cm/s si la placa dista 10 mm de una de las superficies?
 - b. ¿Cuál es la potencia disipada en wattios?. Razónese todo lo que se haga.



donde

μ : viscosidad dinámica del líquido.

v/y : gradiente de velocidades.

A: sección de la placa móvil.

$$\begin{aligned}
 F_t &= \mu \times \frac{v}{l_1} \times A + \mu \times \frac{v}{l_2} \times A = \mu \times A \times \left(\frac{v}{l_1} + \frac{v}{l_2} \right) = \\
 &= 0,015 \times 0,5 \times \left(\frac{0,2}{0,01} + \frac{0,2}{0,022} \right) \Rightarrow \\
 &\Rightarrow F_t = 0,218N \Rightarrow 0,0218daN
 \end{aligned}$$



EJEMPLOS

2. Se va a medir la viscosidad de un fluido con un viscosímetro construido con dos cilindros concéntricos de 40 cm de largo. El diámetro exterior del cilindro interior es de 12 cm y la brecha entre los dos cilindros es de 0.15 cm. El cilindro interior se hace girar a 300 rpm y se mide el par de torsión que resulta ser de 1.8 Nm. Enseguida determine la viscosidad del fluido.

