

Unidad de Aprendizaje N°3:

Análisis de Flujo Incompresible en Conductos.

Aprendizajes Esperados

1. Aplica el concepto de viscosidad en el estudio del movimiento de fluidos, en sistemas hidráulicos.

1. OBJETIVOS.

El objetivo de esta actividad es:

- Aplicar el concepto de viscosidad al estudio de los fluidos.

2. ANTECEDENTES GENERALES.

Viscosidad.

Para que exista movimiento de un cuerpo a través de un fluido (flujo externo) o para el movimiento de un fluido dentro de un canal o tubería (flujo interno) se debe ejercer una fuerza que sobrepase la resistencia ofrecida por el fluido.

La magnitud de la resistencia ofrecida por el fluido es una resistencia a la deformación y estaría determinada por la velocidad de deformación como por una propiedad del fluido denominada viscosidad.

En la práctica se utilizan dos tipos de viscosidad:

- a) viscosidad dinámica μ
- b) viscosidad cinemática

Viscosidad dinámica, μ

Entre dos placas paralelas de igual superficie y separadas por una distancia b se encuentra un fluido homogéneo a temperatura constante (Fig. 1).

A la placa superior se le aplica una fuerza F por lo que ésta se mueve con una velocidad U .

La placa inferior permanece quieta. Dado que el fluido en contacto con una superficie tiene la misma velocidad que la superficie, el fluido entre las placas se deforma generando un perfil de velocidades lineal entre las placas.

La fuerza F resulta ser proporcional a la velocidad de la placa superior U , a la superficie de las placas A e inversamente proporcional al espesor del fluido b .

$$F \propto \frac{A \cdot U}{b}$$

Como constante de proporcionalidad se introduce la viscosidad dinámica μ .

$$F = \mu \frac{A \cdot U}{b}$$

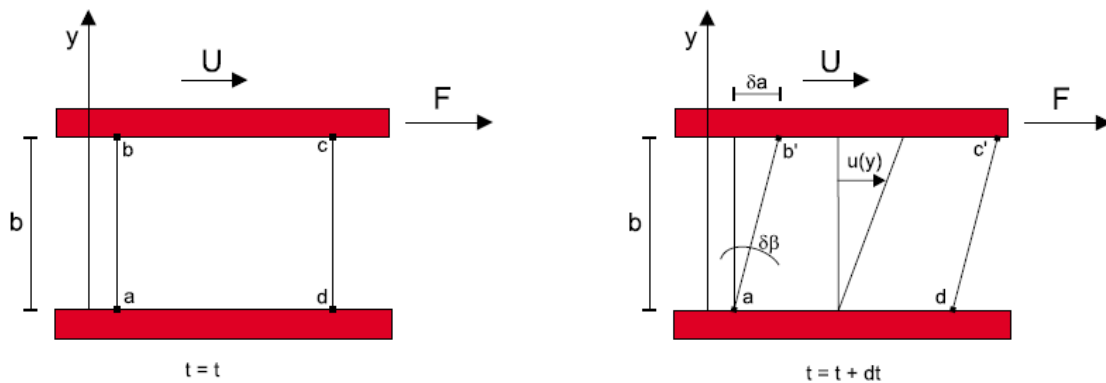


Figura 1: Esfuerzo de corte entre dos placas planas paralelas.

La viscosidad dinámica, denominada también viscosidad absoluta o simplemente viscosidad, es una propiedad característica de cada fluido y es además dependiente de la temperatura y la presión, ($\mu = \mu(p, T)$).

La unidad de la viscosidad en el SI es el Pascal segundo.

$$[\mu] = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

Dependiendo de la relación funcional que exista entre la viscosidad y la velocidad de deformación, los fluidos se pueden clasificar en fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos.

Para un fluido newtoniano la viscosidad dinámica es independiente de la velocidad de deformación por lo que existe una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de deformación (Fig. 2).

En un fluido no newtoniano la relación entre la magnitud del esfuerzo cortante y la velocidad de deformación no es lineal (Fig. 3).

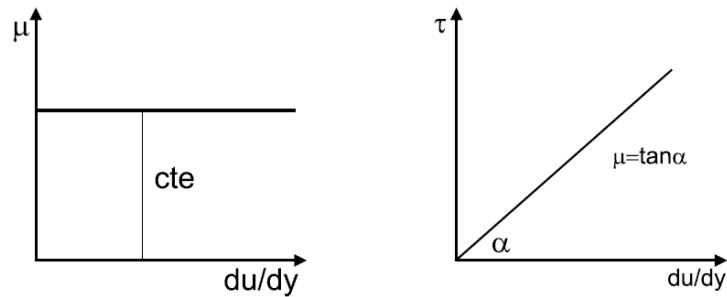


Figura 2: Dependencia de la viscosidad μ y el esfuerzo de corte τ con la velocidad de deformación para un fluido Newtoniano.

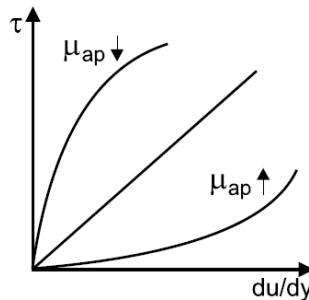


Figura 3: Dependencia de la viscosidad aparente μ_{ap} con la velocidad de deformación para un fluido no Newtoniano.

Viscosidad cinemática, ν

La viscosidad cinemática se define como el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Las unidades son por lo tanto

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{Pa \cdot s}{Kg/m^3} = \frac{N/m^2 \cdot s}{Kg/m^3} = \frac{Kg \cdot m/s^2 \cdot s}{m^2 \cdot Kg/m^3} = \frac{m^2}{s}$$

Dependencia de la viscosidad con la temperatura.

Si bien la viscosidad de los fluidos depende tanto de la presión como de la temperatura, la dependencia con la presión es, por lo general, despreciable.

La viscosidad dinámica de los líquidos decrece con la temperatura y la de los gases crece.

Esta diferencia puede ser explicada por la diferencia de la estructura molecular.

La resistencia al corte o deformación depende de:

1. la cohesión molecular y
2. de la rapidez de transferencia de cantidad de movimiento molecular.

En los líquidos predominan las fuerzas cohesivas entre las moléculas y como éstas decrecen con la temperatura la viscosidad también decrece con la temperatura (Fig. 4).

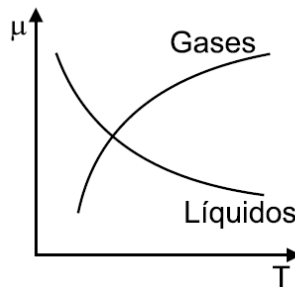


Figura 4: Dependencia de la viscosidad μ para gases y líquidos con la temperatura.

La actividad molecular da origen a la viscosidad en los gases. Como ésta aumenta con la temperatura, la viscosidad también aumenta con la temperatura.

En la literatura es posible encontrar diversas relaciones empíricas que dan cuenta del efecto de la temperatura sobre la viscosidad como por ejemplo las siguientes:

Gases

$$\mu = \mu_0 = \frac{T_0 + T_S}{T + T_S} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2}$$

Donde μ_0 es la viscosidad dinámica a la temperatura $T_0 = 273\text{K}$ y T_S una constante empírica con unidades de temperatura que depende de cada gas.

Líquidos

$$\mu = D \cdot e^{B/T}$$

Donde D y B son constantes empíricas particulares para cada líquido y T la temperatura absoluta.

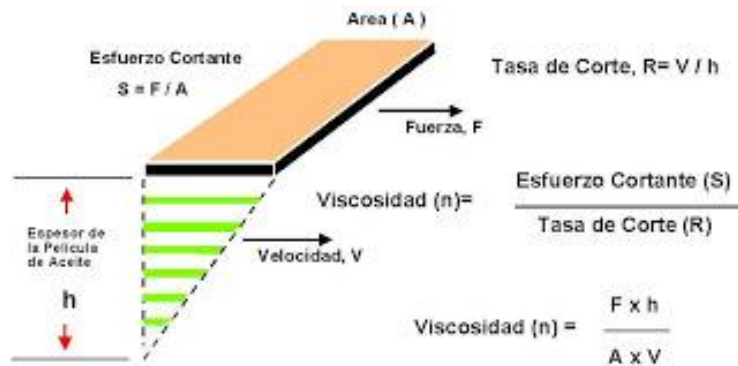
Dependencia de la viscosidad con la presión.

La dependencia de la viscosidad con la presión se hace manifiesta solo a altas presiones. Para la mayoría de los líquidos la viscosidad aumenta con la presión en forma exponencial por lo que se utiliza la siguiente relación para representar esta dependencia

$$\mu_p = \mu_0 \cdot e^{\alpha \cdot p}$$

Donde μ_p es la viscosidad a la presión p , μ_0 la viscosidad a la presión $p_0 = 1$ bar y la temperatura T y

$$\alpha = \frac{1}{\mu T} \cdot \left(\frac{d\mu_p}{dp} \right)_T$$



Ejercicio:

Un líquido tiene una viscosidad de 0.05 poises y una densidad relativa de 0.85.

Calcular:

- a) La viscosidad en unidades técnicas.
- b) La viscosidad cinemática en Stokes.
- c) La viscosidad cinemática en unidades técnicas.

Datos:

$$\mu = 0,05 \text{ poises}$$

$$S = 0,85$$

$$\rho_w = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

- a) La viscosidad en unidades técnicas.

$$0,05 \text{ poises} \left| \frac{1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{10 \text{ poises}} \right| = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- b) La viscosidad cinemática en Stokes.

$$S_{\text{liquido}} = \frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}} = 0,85 = \frac{\rho_{\text{liquido}}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$\rho_{\text{liquido}} = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

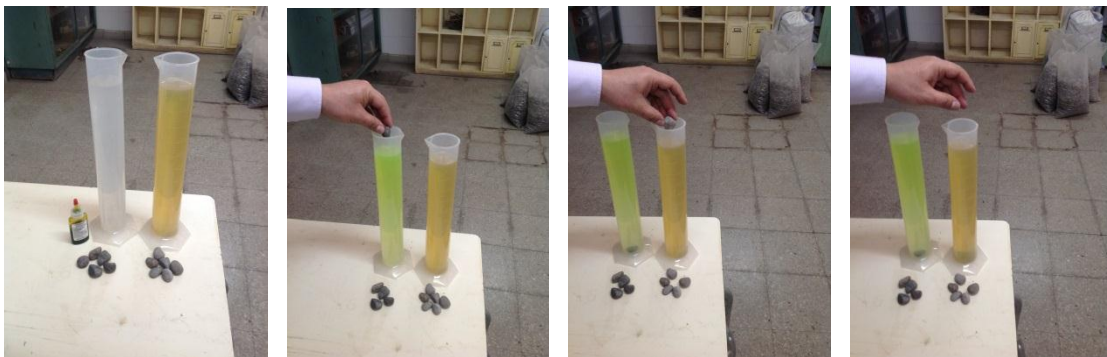
$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{850 \text{ kg/m}^3} = (5,88 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{s} \cdot \frac{10\,000 \text{ Stokes}}{1 \text{ m}^2/\text{s}} = 0,058 \text{ Stokes}$$

3. DESARROLLO

Determinar la viscosidad de diferentes líquidos, mediante la determinación del tiempo que demora en hundirse en él un objeto.

Procedimiento.

1. Llenar una probeta graduada con agua y anotar la altura de líquido.
2. Dejar caer seis piedras, una por vez (de igual forma se pueden emplear bolitas de cristal).
3. Medir con un cronómetro el tiempo que demora cada piedra en llegar al fondo.
4. Anotar los resultados.
5. Después repetir el procedimiento con el aceite vegetal comestible y con jabón líquido.
6. Anotar los resultados.



Herramientas y materiales

Para realizar este experimento necesitarás:

- Un vaso alto o un cilindro graduado
- Un cronómetro que mida en 0,1 ó 0,01 de segundos
- 20 piedras, todas más o menos del mismo tamaño y forma
- Agua y por lo menos otro líquido más. Una buena alternativa es el jarabe de maíz.
- Un cuadro como el que encontrarás a continuación para registrar tus resultados.

4. INSUMOS

Materiales.	Unidad.	Cantidad.	# Alumnos.
Aceite vegetal	L	5	20
Toalla nova	rollo	5	20
Jabón líquido	L	5	20

5. EQUIPAMIENTO

Equipos.	CANTIDAD	N° MAX ALUMNOS
Probetas plásticas de 1000 ml	10	20
Cronómetro 0,01 s	5	20
Regla graduada 30 cm	5	20

6. ANEXO.

Tiempo (s)			
Medición.	Agua.	Aceite.	Jabón Líquido.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Mecánica de Fluidos V. L. STREETER- B. WYLIE 1979 McGraw- Hill
- Mecánica Vol I M. ALONSO y E. J. FINN 1990 Addison- Wesley, Reading, Mass
- Física Universitaria SEARS- ZEMANSKY 1996 Addison- Wesley Iberoamericana
- Fundamentos De Física (Vol. 2) (6ª ED.) FAUGHN, JERRY S. y SERWAY, RAYMOND A.2005 Thomson Paraninfo, S.A. México
- Física General 4º Edición ANTONIO MÁXIMO ¿ BEATRIZ ALVARENGA 2002Editorial Oxford
- Física, Parte I RESNICK AND HALLIDAY 2004 Editorial CECSA