	INGENIERIA MECANICA Y ELECTROMECHANICA		Página: PE03-1
	PLAN DE LAB.	MEDICION DE LA VISCOSIDAD	

## MEDICION DE LA VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS

### I. Introducción

La viscosidad es un parámetro de los fluidos que tiene importancia en sus diversas aplicaciones industriales, particularmente en el desempeño de los lubricantes usados en máquinas y mecanismos. La viscosidad de las sustancias puras varía de forma importante con la temperatura y en menor grado con la presión.

La facilidad con que un líquido se escurre es una pauta de su viscosidad.

Se define la viscosidad como la propiedad que tienen los fluidos de ofrecer resistencia al movimiento relativo de sus moléculas. También se suele definir la viscosidad como una propiedad de los fluidos que causa fricción, esto da origen a la pérdida de energía en el flujo fluido. La importancia de la fricción en las situaciones físicas depende del tipo de fluido y de la configuración física o patrón de flujo. Si la fricción es despreciable, se considera el flujo como ideal.

### 1.1 Objetivos:

- Medir la viscosidad de líquidos utilizando la ecuación de Stokes.
- Estudiar el efecto de la temperatura sobre la viscosidad

### 1.2 Fundamentos Teóricos

**Viscosidad:** Una propiedad física muy importante que caracteriza la resistencia al flujo de los fluidos es la **viscosidad**. Y se deriva como consecuencia del principio de Newton de la viscosidad. Este principio establece que para un flujo **laminar** y para ciertos fluidos llamados Newtonianos, la tensión cortante en una *intercara* tangente a la dirección del flujo, es proporcional al gradiente de la velocidad en dirección normal al flujo. Operacionalmente se expresa, así:

$$\tau = -\mu \frac{\partial v}{\partial n}$$

Donde  $\mu$  se conoce con el nombre de coeficiente de viscosidad dinámica y tiene las dimensiones ( $\text{Ft/L}^2$ ). En general la viscosidad de los fluidos incompresibles disminuye al aumentar la temperatura, mientras que, en los gases sucede lo contrario. El estudiante se encargará de dar una explicación de este fenómeno.

**Ecuación de Stokes:** El flujo de un fluido alrededor de una esfera ha sido estudiado por Stokes. Su aplicación es de gran utilidad en la resolución de problemas tales como los del sedimento de partículas de polvo. Stokes encontró que el empuje (fuerza ejercida sobre la esfera por el flujo de un fluido alrededor de ella) vale:

$$\text{Empuje} = 6 \pi r_{\text{esf}} \mu v$$

siendo:

$r_{\text{esf}}$  radio de la esfera  
 $v$  velocidad de la esfera


Para encontrar la velocidad final de una esfera que cae en un fluido en reposo, debe tenerse en cuenta que:

$$\text{Fuerza de empuje hidrostático} + \text{Fuerza de empuje} = \text{Peso}$$

y

$$\mu = \frac{2r^2 g (\rho_{\text{esf}} - \rho_{\text{liq}})}{9 \frac{h}{t}} \quad (4)$$

Elaborado por: Emilio Rivera Chávez	Revisado por: E Rivera
Fecha de Elaboración: 01/03/1995	Fecha revisión: 01/10/2001

	INGENIERIA MECANICA Y ELECTROMECHANICA		Página: PE03-2
	PLAN DE LAB.	MEDICION DE LA VISCOSIDAD	

donde:

- $\mu$  viscosidad del líquido problema
- $r$  radio de la esfera
- $g$  gravedad
- $\rho_{\text{esf}}$  densidad de la esfera
- $\rho_{\text{liq}}$  densidad del líquido problema
- $t$  tiempo de caída de la esfera entre las dos marcas
- $h$  longitud del tubo entre las dos marcas

*Ecuación válida para  $Re > 0.1$ ; para  $Re=1$  se toma un 10% mayor al valor hallado.*

**-Ecuación de Hange-Poiseuille:** Si se aplica la ley de Newton de la viscosidad al flujo de fluidos que circulan en régimen laminar, recorriendo conductos de sección circular y uniforme, se obtiene la ecuación de Hange-Poiseuille

$$Q = \frac{\pi(-\Delta p)R^4}{8\mu L} \quad (1)$$

donde:

- $\Delta P$  presión total aguas abajo
- $Q$  Caudal volumétrico
- $R$  Radio del conducto
- $\mu$  Viscosidad absoluta
- $L$  Longitud del conducto

En el caso de un tubo vertical la variación total en la presión únicamente se debe a la carga hidrostática, la ecuación (1) puede escribirse en la forma:

$$v = \frac{\pi g (\Delta h) R^4}{8QL} \quad (2)$$

en la que:

- $g$  aceleración de la gravedad
- $\Delta h$  diferencia de carga hidrostática
- $\nu$  viscosidad cinemática


Esta ecuación nos permite relacionar las viscosidades de dos fluidos, de la siguiente forma:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (3)$$

donde:

- $\mu_1$  viscosidad del líquido de referencia
- $\mu_2$  viscosidad del líquido problema
- $\rho_1$  densidad del líquido de referencia
- $\rho_2$  densidad del líquido problema
- $t_1$  tiempo de escurrimiento del líquido de referencia
- $t_2$  tiempo de escurrimiento del líquido problema

Elaborado por: Emilio Rivera Chávez	Revisado por: E Rivera
Fecha de Elaboración: 01/03/1995	Fecha revisión: 01/10/2001

	INGENIERIA MECANICA Y ELECTROMECHANICA		Página: PE03-3
	PLAN DE LAB.	MEDICION DE LA VISCOSIDAD	

## II. Metodología

Gran parte de los métodos experimentales de medida de la viscosidad, y que han servido como base para la construcción de los instrumentos de medida de viscosidad de uso industrial, están sustentados por las ecuaciones que expresan matemáticamente alguno de los principios de viscosidad anteriormente mencionados. Dada la naturaleza pedagógica de la presente experiencia práctica emplearemos dos técnicas sencillas de medida de viscosidad, una basada en el principio de Newton de viscosidad y la otra en la ley de Stokes. Esto nos obligará a realizar un análisis cuidadoso de las técnicas a emplear, lo que obviamente nos permitirá apreciar objetivamente los problemas que surgen en la *viscosimetría* líquida y su repercusión en los resultados obtenidos.

### 2.1 Determinación de la viscosidad aplicando la ley de Stokes

#### 2.1.1 Descripción del equipo

El equipo a utilizarse, consiste en una columna de vidrio de 2.5 cm de diámetro, aproximadamente y 1.5 metros de altura, en cuya parte superior e inferior se colocan marcas de referencia que determinarán el instante inicial y final de la caída de la esfera.

#### 2.1.2 Material necesario

- Un tubo de 25 mm de diámetro y 1500 mm de largo (aproximadamente)
- 1000 cc de un líquido (aceite lubricante, glicerina, etc.)
- Cronómetro
- Balanza con una sensibilidad de 0.001 g
- Calibrador
- Esferas metálicas o de vidrio de aproximadamente 5 mm de diámetro.

#### 2.1.3 Montaje

Se muestra esquemáticamente en la figura 1.

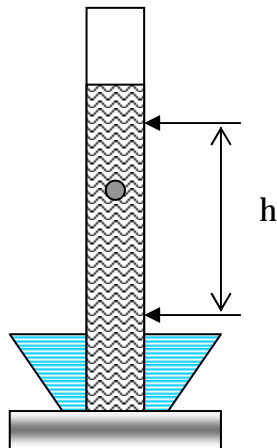



Fig 1. Viscosímetro de caída de esfera

Elaborado por: Emilio Rivera Chávez	Revisado por: E Rivera
Fecha de Elaboración: 01/03/1995	Fecha revisión: 01/10/2001

	INGENIERIA MECANICA Y ELECTROMECHANICA		Página: PE03-4
	PLAN DE LAB.	MEDICION DE LA VISCOSIDAD	

#### 2.1.4 Procedimiento

1. Instale el equipo según el esquema mostrado en la figura 1
2. Mida el radio de las esferas a utilizar con el calibrador
3. Mida el radio del tubo de vidrio.
4. Determine la densidad de las esferas.
5. Determine la densidad del líquido problema (p.e. por picnometría)
6. Tome la temperatura del líquido problema.
7. Marque dos señales en el tubo:  
una superior, a partir del sitio desde donde se comenzará a medir el tiempo de caída,  
y otra inferior donde se registrará el tiempo total de duración de la caída.
8. Llene el tubo con el líquido, cuya viscosidad se desea determinar.
9. Coloque la esfera en la parte superior del tubo, poner el cronómetro en la posición cero.
10. Suelte la esfera y ponga el cronómetro en funcionamiento en el momento en que la esfera pasa por la marca superior. Detenga el cronómetro en el momento en que la esfera pasa la marca inferior del tubo, registrar el tiempo empleado.
11. Repita la misma operación con las demás esferas.
12. Determine la viscosidad en base a los datos obtenidos, utilizando la ecuación (4)
13. Repita todo el procedimiento para diferentes temperaturas del líquido problema (p.e. baño maría)

### III. Cálculos

- Determine los valores de las viscosidades de por lo menos dos líquidos problema.
- Represente gráficamente la variación de la viscosidad frente a la temperatura.

Los datos obtenidos por medida directa deben ser registrados en una tabla como la que se muestra .

**Tabla**  
Resumen de datos medidos

Condiciones Ambientales							
Presión							
Temperatura							
No. Prueba	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Densidad 1	Densidad 2	Tiempo 1	Tiempo 2	Observaciones
1							
2							
3							
...							

### IV. Cuestionario

1. Deduzca la ecuación (3) a partir de la ley de Hange-Poiseuille.
2. Obtenga la ecuación de Stockes (4) para el flujo fluido alrededor de una esfera.
3. ¿Por qué y como varía la viscosidad en los líquidos al aumentar la temperatura?
4. ¿Qué importancia tiene la viscosidad en los fluidos usados como lubricantes en las máquinas.
5. ¿Que importancia tiene en su criterio la viscosidad de un fluido en un proceso industrial?
6. ¿Qué tipos de viscosímetros se aplican usualmente en la industria?
7. ¿Qué significa grados de viscosidad SAE, que se ha desarrollado para la valoración en aceites de motor y lubricantes?
8. Explique los grados de viscosidad ISO que se utilizan en aplicaciones industriales.
9. ¿Se puede medir la viscosidad de un fluido no newtoniano empleando esta técnica? ¿Por qué?
10. ¿Puede idear una técnica de medición de la viscosidad utilizando la ecuación de Hange-Poiseuille?

Elaborado por: Emilio Rivera Chávez	Revisado por: E Rivera
Fecha de Elaboración: 01/03/1995	Fecha revisión: 01/10/2001