

Laboratorio de Mecánica de los Fluidos

Viscosidad

RESUMEN

En esta práctica se determinó experimentalmente la viscosidad de tres tipos de aceite que se encontraban en el laboratorio. En la experiencia se realizó soltando una esfera metálica dentro de un cilindro lleno de un aceite; dependiendo del tiempo que realizara el desplazamiento, obtendríamos valores de viscosidad diferentes para cada fluido. Para obtener los valores de viscosidad real o experimental se utilizó para el cálculo la Ecuación de Stokes y la Segunda Ley de Newton. Después de estos cálculos se obtuvieron valores de viscosidad de 2,18; 1,41 y 0,695 para los aceites SAE20W50, SAE15W40 y SAE10W30 respectivamente; obteniéndose errores porcentuales de 1,22%; 5,39% y 4,19% para los aceites anteriores. Es de hacer notar que la precisión de las medidas disminuía a medida que el fluido era menos viscoso, pues la esfera se desplazaba con mucha mayor rapidez.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Determinar experimentalmente la viscosidad de líquidos.

Objetivos Específicos:

- Determinar experimentalmente la viscosidad absoluta de tres tipos diferentes de aceites comerciales utilizando la ley de Stokes.
- Comparar los valores obtenidos, con los valores suministrados por el fabricante. Determinar el error porcentual.

FUNDAMENTO TEORICO

1. Viscosidad.

La viscosidad es la propiedad de un fluido mediante la cual se ofrece resistencia al corte. La

viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido.

El coeficiente de viscosidad es constante, en el sentido de que no depende de la velocidad. Sin embargo, depende de otros factores físicos, en particular de la presión y de la temperatura. Esta dependencia se explica al considerar la interpretación microscópica-molecular de la viscosidad.

2. Grados de viscosidad SAE

La Sociedad de Ingenieros Automotrices ha desarrollado un sistema de valoración en aceites de motor y lubricantes de engranes y de ejes, que indica la viscosidad de los aceites a temperaturas específicas. Los aceites que tienen el sufijo W deben tener viscosidades cinemáticas en los intervalos indicados a 100° C. Los aceites multigrados, como el SAE 10W-30 deben cumplir con las normas en las condiciones de baja y alta temperaturas.

Las especificación de valores de viscosidad máxima a baja temperatura para aceites está relacionada con la capacidad del aceite para fluir hacia las superficies que necesitan lubricación, a las velocidades de motor que se alcanzan durante el inicio del funcionamiento a bajas temperaturas.

3. Ley de Stokes

Debido a la existencia de la viscosidad, cuando un fluido se mueve alrededor de un cuerpo o cuando se desplaza en el seno de un fluido, se produce una fuerza de arrastre sobre dicho cuerpo. Si este cuerpo es, una esfera, la fuerza de arrastre está dada por la siguiente expresión:

$$F_a = 6\pi \cdot \mu \cdot r \cdot v$$

Donde:

μ : es la viscosidad del fluido.

r : es el radio de la esfera.

v : es la velocidad de la esfera respecto al fluido.

Esta relación fue deducida por George Stokes en 1845, y se denomina ley de Stokes. En base a la ley mencionada anteriormente, si se deja caer una esfera

en un recipiente el cual contiene un fluido, debe existir una relación entre el tiempo empleado en recorrer una determinada distancia y la viscosidad de dicho fluido. Del diagrama de cuerpo libre de la esfera que se presenta en la Figura 1 se hará una deducción de dicha relación

El empuje hidrostática esta definido por el producto del peso específico del fluido con el volumen de fluido desplazado, (volumen de la esfera)

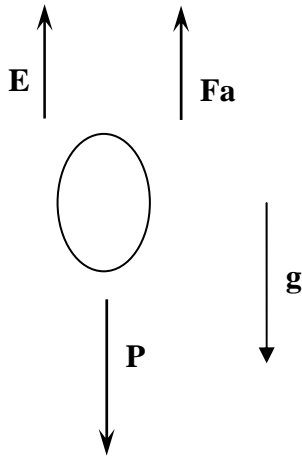


Diagrama de Cuerpo Libre de la Esfera

$$E = \gamma \cdot v ; \text{ ec (1)}$$

Aplicando la ley de Newton:

$$\sum F = m \cdot a \quad -P - (E + Fa) = m \cdot a \quad \text{ec (2)}$$

Donde:

E: Es el empuje hidrostático.

P: Es el peso de la esfera,

Fa: Es la fuerza de arrastre

a: Aceleración de la esfera.

Expresando la ecuación (2) en función del tiempo:

$$P - E - 6\pi \cdot \mu \cdot r \cdot v = m \cdot dv/dt; \text{ ec(3)}$$

La ecuación (3) se puede expresar mediante dos constantes de la siguiente manera:

$$A = (P - E)/m \quad \text{ec (4)} \quad B = (6\pi \cdot \mu \cdot r)/m \quad \text{ec (5)}$$

De esta manera la ec (3) se transforma en:

$$dv/dt = A - B \cdot v \quad \text{ec (6)}$$

Separando variables se obtiene:

$$dv/(A - B \cdot v) = dt \quad \text{ec (7)}$$

Si se toma en consideración que para un tiempo $t = 0$ la velocidad $V = 0$ la solución a dicha ecuación diferencial es:

$$v = \frac{A}{B} \cdot (1 - e^{-B \cdot t});$$

ec(8)

Expresando la velocidad como $v = dx/dt$ y lo sustituimos en la ec (8) se obtiene la siguiente ecuación

ec(9)

Tomando en cuenta que para un tiempo $t = 0$ el desplazamiento de la esfera es $x = 0$ la solución de la

$$dx = \frac{A}{B} \cdot (1 - e^{-B \cdot t}) \cdot dt ;$$

ecuación diferencial (9) es:

$$x = \frac{A}{B^2} \cdot (B \cdot t + e^{-B \cdot t} - 1);$$

ec(10)

La ec (9) se puede reducir a:

$$x \cdot B^2 - A \cdot t \cdot B A = 0 ;$$

ec(11)

La solución de la ecuación cuadrática (11) que expresa el término real de B con el cual se puede calcular la viscosidad

$$B = \frac{A \cdot t + \sqrt{(A \cdot t)^2 - 4 \cdot A \cdot x}}{2 \cdot x}$$

Conocidos los valores del espacio recorrido (x), y el tiempo empleado (t) se obtiene el valor de B y mediante las relaciones dadas, el valor de la viscosidad absoluta del fluido.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Colocamos una esfera en el pasador horizontal del tubo. Retiramos suavemente el pasador, e inmediatamente se acciono el cronometro.

Se dejo descender libremente la esfera, cuidando que no roce con las paredes interiores del tubo. Una vez que la esfera paso por la referencia indicada, detuvimos el cronometro y tomamos nota del tiempo empleado.

Se repite la operación para cada distancia de referencia, la cuales estaban definidas por intervalos de 10cm.

A partir de los resultados experimentales, y utilizando las formulas deducidas, calculamos una viscosidad real de los tres líquidos.

Tomamos esa viscosidad real de cada líquido y se comparo con la viscosidad teórica de cada lubricante.

DESCRIPCION DE EQUIPOS

Aceites lubricantes:

Aceite (SAE)	20W-50	15W-40	10W-30
Densidad (Kg/m³)	875	860	870

Esferas:

Esfera	1 (20W-50)	2 (15W-40)	3 (10W-30)
Diámetro (m)	0,014		
Masa (Kg)	0,00143689	0,0014679	0,001445

Cilindros:

Estos contendrán los aceites lubricantes que serán objeto de nuestro estudio, están hechos de vidrio con una base de metal, tienen una longitud superior a 0,5 metros.

Ganchos metálicos:

Ganchos hechos de alambre con un doblado en uno de sus extremos para sostener la esfera.

Cronómetros:

Se utilizaron tres cronómetros con una apreciación de $\pm 0,01$ segundos.

CALCULOS Y RESULTADOS

Se tomo una temperatura de referencia de $86^{\circ}\text{F} \approx 30^{\circ}\text{C}$ para determinar la viscosidad teórica. Véase APENDICE II

Para la viscosidad del aceite SAE 20W50 en el tiempo x_1 , t_1

$$A = \frac{mg - E}{m} \quad E = \rho \cdot g \cdot V \quad V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

$$E = 875 \text{Kg} / \text{m}^3 \cdot 9,8 \text{m} / \text{s}^2 \cdot \left[\frac{4}{3} \pi \cdot (7 \cdot 10^{-3} \text{m})^3 \right] = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{N}$$

$$A = \frac{1,44 \cdot 10^{-3} \text{Kg} \cdot 9,8 \text{m} / \text{s}^2 - 1,23 \cdot 10^{-2} \text{N}}{1,44 \cdot 10^{-3} \text{Kg}} = 1,23 \text{m} / \text{s}^2$$

$$B_1 = \frac{A \cdot t_1 + \sqrt{(A \cdot t_1)^2 - 4 \cdot A \cdot x_1}}{2 \cdot x_1} = \frac{1,23 \text{m} / \text{s}^2 \cdot 17,65 \text{s} + \sqrt{(1,23 \text{m} / \text{s}^2 \cdot 17,65 \text{s})^2 - 4 \cdot 1,23 \text{m} / \text{s}^2 \cdot 1 \cdot 10^{-1} \text{m}}}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-1} \text{m}}$$

$$= 2,16 \cdot 10^2 \text{s}^{-1}$$

$$\mu_1 = \frac{B_1 \cdot m}{6 \pi \cdot r} = \frac{2,16 \cdot 10^2 \text{s}^{-1} \cdot 1,44 \cdot 10^{-3} \text{Kg}}{6 \pi \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{m}} = 2,36 \text{Pa} \cdot \text{s}$$

$$\text{Error}\% = \frac{|\mu_{\text{PRACTICA}} - \mu_{\text{TEORICA}}|}{\mu_{\text{PRACTICA}}} = \frac{|2,36 - 2,21|}{2,36} \cdot 100 = 6,33\%$$

En la siguiente tabla se obtenían viscosidades promedio para cada aceite y de allí se determinó el error relativo porcentual.

Aceite	sae20w50	Aceite	sae15w40	Aceite	sae10w30
masa1 (Kg)	1,44E-03	masa2 (Kg)	1,47E-03	masa3 (Kg)	1,45E-03
Diametro1 (m)	1,40E-02	diametro2 (m)	1,40E-02	diametro3 (m)	1,40E-02
radio1 (m)	7,00E-03	radio2 (m)	7,00E-03	radio3 (m)	7,00E-03
Densidad1 (Kg/m ³)	875	densidad2 (Kg/m ³)	860	densidad3 (Kg/m ³)	870
gravedad (m/s ²)	9,80	gravedad (m/s ²)	9,80	gravedad(m/s ²)	9,80
empuje hidrostático (N)	1,23E-02	empuje hidrostático (N)	1,21E-02	empuje hidrostático (N)	1,22E-02
Experimento					
x(m)	t(s)	x(m)	t(s)	x(m)	t(s)
1,00E-01	17,65	1,00E-01	7,53	1,00E-01	4,19
2,00E-01	32,09	2,00E-01	16,39	2,00E-01	9,59
3,00E-01	49,21	3,00E-01	24,98	3,00E-01	14,9
4,00E-01	61,51	4,00E-01	33,55	4,00E-01	20,66
5,00E-01	80,91	5,00E-01	41,9	5,00E-01	24,53
Geometría					
A	1,23	a	1,55	a	1,32
Distancias					
b1	2,16E+02	b1	1,17E+02	b1	5,52E+01
b2	1,97E+02	b2	1,27E+02	b2	6,33E+01
b3	2,01E+02	b3	1,29E+02	b3	6,56E+01
b5	1,88E+02	b5	1,30E+02	b5	6,83E+01
b5	1,98E+02	b5	1,30E+02	b5	6,48E+01
Viscosidades					
viscosidad 1 (Pa.s)	2,36	viscosidad 1 (Pa.s)	1,30	viscosidad 1 (Pa.s)	6,04E-01
viscosidad 2 (Pa.s)	2,14	viscosidad 2 (Pa.s)	1,41	viscosidad 2 (Pa.s)	6,93E-01
viscosidad 3 (Pa.s)	2,19	viscosidad 3 (Pa.s)	1,44	viscosidad 3 (Pa.s)	7,19E-01
viscosidad 4 (Pa.s)	2,05	viscosidad 4 (Pa.s)	1,45	viscosidad 4 (Pa.s)	7,48E-01
viscosidad 5 (Pa.s)	2,16	viscosidad 5 (Pa.s)	1,45	viscosidad 5 (Pa.s)	7,10E-01
Viscosidad real y teórica					
viscosidad real (Pa.s)	2,18	viscosidad real (Pa.s)	1,41	viscosidad real (Pa.s)	6,95E-01
viscosidad teorica reyn 80°F	3,2E-04			viscosidad teorica reyn 80°F	1,05E-04
Error porcentual					
viscosidad teórica (Pa.s)	2,21	viscosidad teorica (Pa.s)	1,33	viscosidad teorica (Pa.s)	7,24E-01
error porcentual	1,22	error porcentual	5,39	error porcentual	4,19

ANALISIS DE RESULTADOS

Para el aceite SAE 20W-50 se obtuvo una viscosidad real de 2,18Pa.s, siendo la viscosidad teórica de 2,21Pa.s con un error porcentual de 1,22%

Para el aceite SAE 15W-40 se obtuvo una viscosidad real de 1,41Pa.s, siendo la viscosidad teórica de 1,332Pa.s con un error porcentual de 5,39%

Para el aceite SAE 10W-30 se obtuvo una viscosidad real de 0,695Pa.s, siendo la viscosidad teórica de 0,724Pa.s con un error porcentual de 4,19%

La existencia de los errores mostrados anteriormente son consecuencia de diversos factores como la precisión en la medida y ubicación de los puntos de referencia, la activación o no del cronometro; el roce que tenga la esfera con las paredes del cilindro, como también la forma como se maneje el gancho.

El modelo matemático aproximado (despreciando el valor exponencial) es muy cercano al valor real, tanto así que la diferencia no entra dentro de las cifras significativas.

Hay que resaltar que íbamos midiendo de un fluido mas viscoso a uno menos viscoso, el porcentaje de error aumentaba, esto es debido a las fallas de medición, pues el fluido a ser menos viscoso ofrecía menor fuerza de arrastre y fuerza flotación, haciendo que el fluido se desplazara con una mayor velocidad.. Al desplazarse a mayor velocidad, aumentan las probabilidades de cometer error en la medición.

En general se obtuvieron valores muy cercanos a la realidad y el método matemático para calcularlo es aceptable

La temperatura de referencia fue de 86°F o 30°C

RECOMENDACIONES

Utilizar cilindros con escala graduada. En caso de no existir como los del laboratorio, se les puede acoplar una base rígida.

Es preferible para medir el tiempo, utilizar un sistema automático de activación y desactivación del cronometro, semejante al utilizado en los Laboratorios de Física II, Un censor ubicado en la parte superior (al soltarse la bola) y uno en la parte inferior del fluido (censor que será tocado por la bola).

Además de realizar el estudio con los tres fluidos previos, seria interesante realizar un cuarto estudio con agua destilada y utilizar el agua como un patrón o referencia del experimento.

Realizar la medición de la temperatura en el laboratorio o en el fluido en el momento de realizar la experiencia.

FUENTES CONSULTADAS

STREETER, Victor; WYLIE, E. Benjamín; BEDFORD, Keith W. Mecanica de Fluidos. Mc Graw Hill. Novena Edicion. 2000. p8.

ZARATE, Jaime. Guía de laboratorio de Fluidos, IUPEG 1985

Enciclopedia Universal Micrones. Edición Clásica 2000. Madrid

Formula de Stokes
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/stokes/stokes.html>

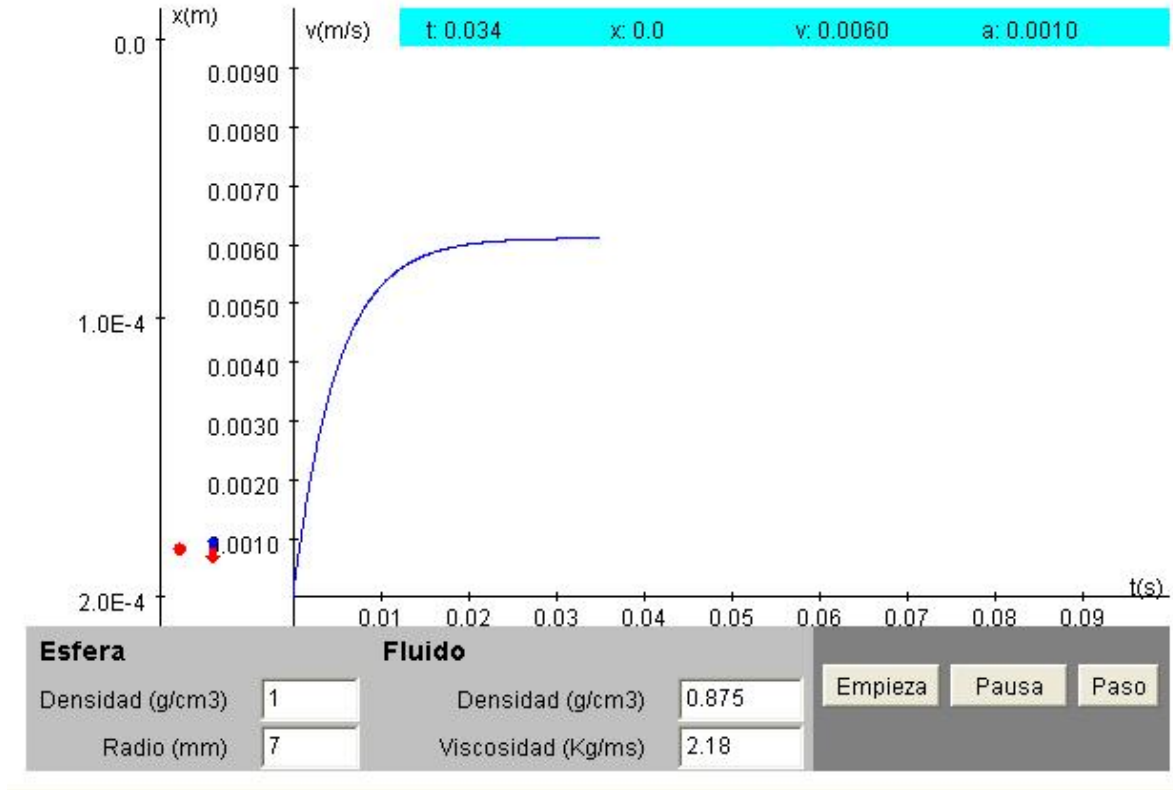
EngNet- Units Converter
<http://www.engnetglobal.com/tips/convert.asp?catid=10>

SCHIPLING. Lubricantes y aceites para motores

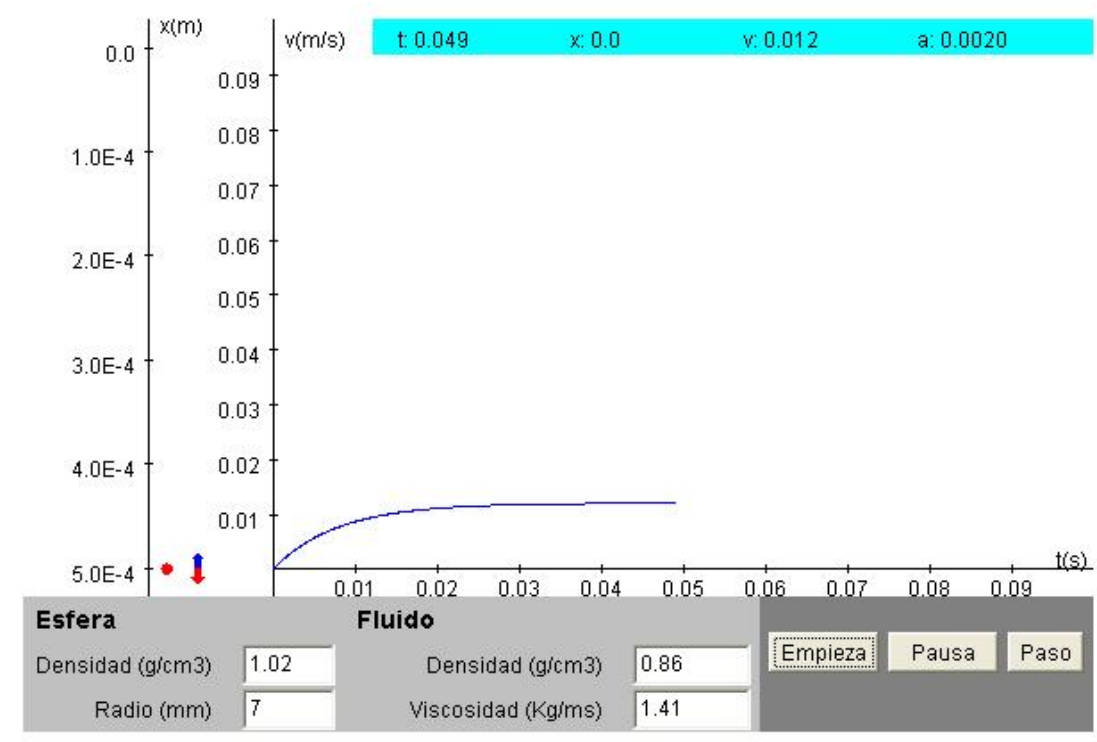
APENDICES O ANEXOS

Utilizando el simulador de viscosidad de la página web “Formula de Stokes” citada en la bibliografía, vemos el comportamiento teórico, VELOCIDAD VS TIEMPO, utilizando las viscosidades obtenidas en las experiencias.

Para el aceite SAE 20W-50



Para el aceite SAE 15W-40



Para el aceite SAE 10W-30

