



Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Guía de Práctica de Mecánica de Fluidos I

PRÁCTICA # 1
“PROPIEDADES FÍSICAS DE FLUIDOS: A) DENSIDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA, B) VISCOSIDAD Y C) CAPILARIDAD, Y D) MEDICIÓN DE PRESIÓN”

OBJETIVOS:

- Determinar las densidades y gravedades específicas de diferentes fluidos.
- Determinar la viscosidad de varios líquidos a presión y temperatura atmosféricas.
- Observar el efecto del tamaño del espacio entre dos placas planas en la elevación por capilaridad.
- Calibrar un manómetro tipo Bourdon usando el Calibrador de Manómetros por Pesos Muertos.

EQUIPOS:

- Parte A (Figura 1):
 - Hidrómetro Universal.
 - 4 frascos para hidrómetros.
 - Termómetro Digital.
- Parte B (Figura 2):
 - Viscosímetros de Esferas Descendentes (bolitas metálicas).
 - Cronómetro.
 - Hidrómetro Universal.
 - Termómetro Digital.
- Parte C (Figura 3):
 - Aparato de Capilaridad de Placas Paralelas.
- Parte D (Figura 4):
 - Calibrador de Manómetros por Pesos Muertos, F1-11.
 - Matraz de 600 ml.



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

Parte A:

- 1) Llene uno de los frascos para hidrómetro con suficiente agua como para que el hidrómetro flote, introduzca la punta termopar del termómetro digital y espere a que se establezca la medición y realice la lectura de la escala del hidrómetro que coincide con el nivel del líquido.
- 2) Llene los otros dos frascos para hidrómetros con los líquidos a ser estudiados lo suficiente como para que hidrómetro flote y anote la lectura de la escala para cada líquido.
- 3) NOTA: Recuerde corregir las lecturas tomando en cuenta la temperatura ambiente durante el experimento y la temperatura de calibración del hidrómetro utilizado (15.56°C).

Parte B:

- 1) Llene los tubos con los líquidos bajo estudio (aceites SAE 40, y EP 90) hasta un nivel justo por debajo de la salida del tubo capilar.
- 2) Use tres esferas de diferentes diámetros para cada líquido; mida sus diámetros. Se proveen los tamaños nominales de las esferas suministradas: 1.59mm, 2,38mm, y 3.175mm.
- 3) Deje caer libremente cada tipo de esfera al menos tres veces en cada tubo, tomando el tiempo de caída con un cronómetro, use las marcas iniciales y finales de 175 y 0 respectivamente para mejor visualización (0.175 m de distancia de caída).
- 4) Usando el hidrómetro universal, obtenga la gravedad específica de cada líquido (si no se hizo en la sección anterior).
- 5) Nota: Chequee en tablas de estándares la exactitud de los resultados obtenidos. Se recomienda usar solamente las esferas de 1.59mm y 2.38mm en los aceites SAE 30 y 60, pues la caída de la esfera de 3.175mm sería demasiado rápida como para que su tiempo pueda ser registrado. En el aceite SAE 90 pueden usarse las tres esferas si se desea.

Parte C:

- 1) Limpie las dos placas cuidadosamente y envuelva una porción de alambre fino alrededor de un extremo de una de las placas.
- 2) Llene el depósito con agua.
- 3) Coloque las dos placas entre los clips de soporte y deslice hasta el fondo del depósito.
- 4) Note el patrón de ascenso por capilaridad y realice un esquema de éste.
- 5) Se debe poner atención a que donde la separación es más pequeña el ascenso es el mayor, y de forma inversa donde la separación es la más ancha, el ascenso es el más pequeño.

Parte D:

- 1) Cierre la válvula V8 y nivele el aparato.
- 2) Llene el cilindro del calibrador de pesos muertos con agua e inserte el pistón.
- 3) Abra la válvula V6. Abra la válvula de purga para expulsar el aire de sistema.
- 4) Cierre la válvula de descarga.
- 5) Con el pistón solamente en el calibrador, tome una lectura del manómetro. Mantenga el pistón rotando para evitar que éste se pegue.
- 6) Cargue el pistón con incrementos de $\frac{1}{2}$ kilogramo, y anote las lecturas del manómetro para cada masa aplicada. Asegúrese que el pistón sea rotado. De ninguna manera se debe abrir la válvula V8 con masas aplicadas en el calibrador puesto que las presiones involucradas podrían resultar en pérdida de mercurio del manómetro.
- 7) Repita la toma de datos disminuyendo el número de masas cada vez.
- 8) Cuando el experimento haya terminado, remueva y seque el pistón, y cúbralo ligeramente con "Vaselina". No deje el pistón en el cilindro cuando no esté en uso, protéjalo colocándolo en un tubo de cartón o bloque de madera.

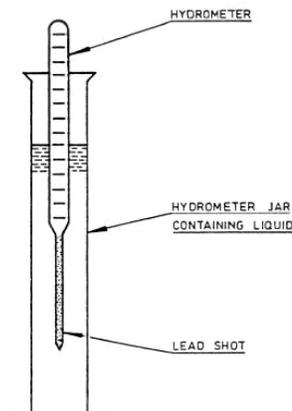


Figura 1. Hidrómetro.

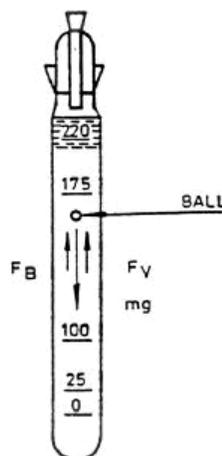


Figura 2. Viscosímetro de Esfera Descendente.

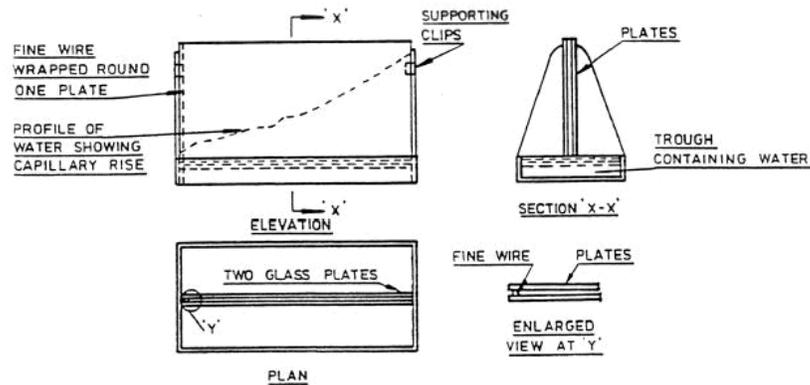


Figura 3. Diferentes vistas del aparato de capilaridad de placas paralelas.

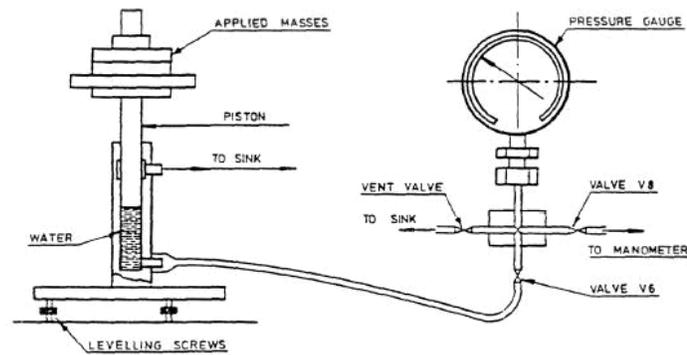


Figura 4. Calibrador de Manómetros de Pesos Muertos

DATOS:

Parte B:

Diámetros nominales de esferas metálicas: 1.59mm, 2,38mm, y 3.175mm.
Gravedad específica del acero: 7.8

Parte D:

Masa nominal del pistón = 0.5 kg
Área nominal del pistón = $2.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$



CÁLCULOS:

Parte A:

La gravedad específica o densidad relativa se lee directamente en la escala del hidrómetro, leer la sección respectiva en el manual del equipo para conocer el principio bajo el cual trabaja.

Puesto que:

$$S = \frac{\text{densidad del líquido}}{\text{densidad del agua}} = \frac{\rho_l}{\rho_w} \quad \text{Ecuación 1}$$

Entonces:

$$\rho_l = S * \rho_w \quad \text{Ecuación 2}$$

Y

$$\text{unidades } \rho_w = \frac{g}{ml} = \frac{10^{-3}kg}{10^{-6}m^3} = 10^3 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$S = \text{gravedad específica [adimensional]}$

$\rho_l = \text{densidad del líquido [kg/m}^3\text{]}$

$\rho_w = \text{densidad del agua [kg/m}^3\text{]}$

NOTA: Recuerde realizar la corrección por temperatura de la lectura del hidrómetro, previo a usar la ecuación 2.

Parte B:

Cuando la esfera está moviéndose a una velocidad uniforme u , las fuerzas actuando sobre ella son:

- La fuerza gravitacional sobre la esfera $m \cdot g$
- La fuerza de empuje F_B
- La fuerza por fricción viscosa resistiéndose al movimiento F_V

Dado que la velocidad de caída es uniforme, entonces la suma algebraica de estas fuerzas debe ser cero (ver Figura 2):



$$m * g - F_B - F_V = 0$$

Ecuación 4

La fuerza gravitacional sobre la esfera puede ser expresada como:

$$m * g = \rho_s g \frac{4}{3} \pi r^3$$

Ecuación 5

Donde:

m = masa de la esfera [kg]

g = aceleración de la gravedad [m/s²]

ρ_s = densidad de la esfera [kg/m³]

r = radio de la esfera [m]

La fuerza de empuje:

$$F_B = \rho_l g \frac{4}{3} \pi r^3$$

Ecuación 6

Donde:

F_B = fuerza de empuje [N]

ρ_l = densidad del líquido o fluido [kg/m³]

g = aceleración de la gravedad [m/s²]

r = radio de la esfera [m]

La fuerza de fricción viscosa de acuerdo a la Ley de Stokes queda expresada como:

$$F_V = 6\pi\mu r u$$

Ecuación 7

Donde:

FV = fuerza de fricción viscosa [N]

μ = coeficiente de viscosidad [kg/m*s]

r = radio de la esfera [m]

u = velocidad promedio de la esfera [m/s]



Ingresando las ecuaciones 5, 6 y 7 en la ecuación 4:

$$\rho_s g \frac{4}{3} \pi r^3 - \rho_l g \frac{4}{3} \pi r^3 - 6\pi\mu r u = 0 \quad \text{Ecuación 8}$$

Al reordenar la ecuación 8 y dejar expresado μ en función del resto de términos se obtiene la ecuación 11.

El resto de ecuaciones necesarias se muestran a continuación.

Velocidad promedio de la bola:

$$u = \frac{\text{Distancia de caída de la esfera}}{\text{Tiempo promedio}} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$u = \frac{0.175}{t} \text{ [m/s]} \quad \text{Ecuación 10}$$

Coefficiente de viscosidad:

$$\mu = \frac{2 * r^2 * g * (\rho_s - \rho_l)}{9 * u} \quad \text{Ecuación 11}$$

Viscosidad Cinemática:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

μ = coeficiente de viscosidad [kg/m * s]

u = velocidad promedio de la bola [m/s]

t = tiempo promedio [s]

r = radio de la esfera [m]

g = aceleración de la gravedad [m/s²]

ρ_s = densidad de la esfera o bola [kg/m³]

ρ_l = densidad del líquido [kg/m³]



Parte D:

$$Presión = \frac{Fuerza}{Área} = \frac{m \cdot g}{A}$$

Ecuación 13

Donde:

$m = masa\ aplicada\ [kg]$

$g = aceleración\ de\ la\ gravedad\ [m/s^2]$

$A = Área\ nominal\ del\ pistón\ [m^2]$

TABLAS DE DATOS Y RESULTADOS:

Presión Barométrica [mm de Hg]: _____

Temperatura [°C]: _____

LÍQUIDO	LECTURA DE ESCALA = GRAVEDAD ESPECÍFICA, s
Agua	
Alcohol	
Aceite SAE 40	
Aceite EP 90	

Tabla 1 Datos (Parte A)

LÍQUIDO	DENSIDAD ρ	
	g/ml	kg/m ³
Agua		
Alcohol		
Aceite SAE 40		
Aceite EP 90		

Tabla 2 Resultados (Parte A)

FLUIDO	$t_{caída}$ esfera pequeña [s]	$t_{caída}$ esfera mediana [s]	$t_{caída}$ esfera grande [s]	Gravedad Específica S
Aceite SAE 40				
Aceite EP 90				

Tabla 3. Datos (Parte B)



FLUIDO	Velocidad promedio u_{prom} [m/s]	ρ [kg/m ³]	Coefficiente de viscosidad promedio μ_{prom} [kg/m*s]	Viscosidad Cinemática ν [m ² /s]
Aceite SAE 40				
Aceite EP 90				

Tabla 4. Resultados (Parte B)

SALIDA DESDE EL CALIBRADOR DE PESOS MUERTOS			LECTURA DEL MANÓMETRO CON CARGA CRECIENTE		LECTURA DEL MANÓMETRO CON CARGA DECRECIENTE	
Masa aplicada [kg]	Presión [bar]	Presión [metros de agua]	Presión [bar]	Presión [metros de agua]	Presión [bar]	Presión [metros de agua]
0.5						
1.0						
1.5						
2.0						
2.5						

Tabla 5. Datos y Resultados (Parte D)

ANÁLISIS Y RESULTADOS:

- Estimar la propagación de errores asociado a cada una de las cantidades medidas.
- Presentar un esquema (puede ser realizado a mano y escaneado) del perfil de elevación de agua por capilaridad en el experimento C
- Graficar la presión de salida del calibrador de pesos muertos versus las lecturas del manómetro, tanto crecientes como decrecientes. Analice los tipos de error presentes, histéresis, factores de corrección, etc.

REFERENCIAS

- Manual del Banco de Pruebas de Propiedades de Fluidos e Hidrostática F 9092, Issue 17 (July 2013). Ejercicios A, B, C y K.