

PRACATICA #2

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS

. Julián David Rojo H.
I.C MSc Recursos Hidráulicos
jdrojoh@unal.edu.co

Introducción

La presente guía tiene por objeto introducir los conceptos básicos para estimar la viscosidad dinámica de un fluido utilizando el denominado viscosímetro de caída de esferas o de Stokes. Se describen los fundamentos teóricos, el montaje experimental, los materiales y métodos

Fundamentos teóricos

En mecánica de fluidos la velocidad límite o velocidad terminal se define como la velocidad máxima que alcanzará un cuerpo moviéndose en el seno de un fluido infinito bajo la acción de una fuerza constante. Dicha velocidad se vuelve constante al cabo de un cierto tiempo. Se analiza a continuación el problema del movimiento vertical de una esfera en un fluido viscoso y para ello se determina una expresión que permite estimar la velocidad límite de caída de una esfera de diámetro D y peso específico γ_s en dos casos a saber (Figura 1):

- (I) Fluido en un fluido infinito
- (II) Fluido en un medio confinado

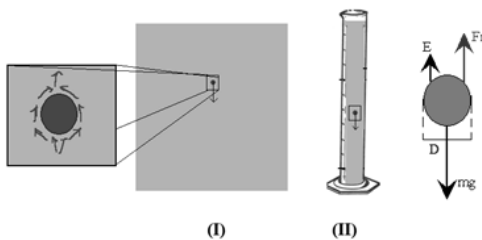


Figura 1: Casos de movimiento vertical de una esfera en un fluido viscoso

Las variables del problema serán:

Peso específico de la esfera: $\gamma_s = \rho_s g$

Peso específico del fluido: $\gamma_f = \rho_f g$

La viscosidad dinámica del fluido: μ

El diámetro de la esfera: D

En el caso (I) la esfera se mueve bajo la acción de las siguientes fuerzas: el peso (mg), el empuje del fluido (E), y una fuerza de rozamiento (Fr) que es proporcional a la velocidad de la esfera (suponemos que el flujo se mantiene laminar y la velocidad es constante). El peso es el producto de

la masa por la aceleración de la gravedad. La masa es el producto de la densidad del material por el volumen de la esfera, por lo que se obtiene:

$$W = mg = \rho_s \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 g \quad [1]$$

De acuerdo con el principio de Arquímedes, el empuje es igual al peso del volumen de fluido desalojado por la esfera:

$$E = \rho_f \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 g \quad [2]$$

La fuerza de rozamiento (o de fricción viscosa) es proporcional a la velocidad límite de caída del fluido, y está dada por la ley de Stokes:

$$F_r = 3\mu\pi D V_L \quad [3]$$

Así pues, mediante un balance de fuerzas vertical se obtiene la siguiente relación:

$$3\mu\pi D V_L - \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 (\gamma_s - \gamma_f) = 0 \quad [4]$$

Y despejando V_L :

$$V_L = \frac{g}{18\mu} (\rho_s - \rho_f) D^2 \quad [5]$$

Las diferencias entre el movimiento de un cuerpo en caída libre y cuando cae en el seno de un fluido viscoso se pueden resumir en la tabla 1:

Tabla 1: Diferencias entre caída libre y caída en medio viscoso

C caída libre	En el seno de un fluido viscoso
La velocidad es proporcional al tiempo	La velocidad tiende hacia un valor constante
El desplazamiento es proporcional al cuadrado del tiempo.	El desplazamiento es proporcional al tiempo.

¿Cómo su puede usar la expresión [5] para estimar la viscosidad de un fluido? Simplemente es cuestión de despejar μ de dicha ecuación, así pues:

$$\mu = \frac{g}{18V_L} (\rho_s - \rho_f) D^2 \quad [6]$$

Siendo μ la viscosidad de Stokes: $\mu_{Stokes} = \mu$

Para el caso (II) la viscosidad de Stokes debe ser corregida en función del diámetro del medio limitado, para el caso de una probeta con diámetro D_p la viscosidad para el medio limitado está dada por:

$$\mu_L = \frac{\mu_{Stokes}}{1 + 2.4 \frac{D}{D_p}} \quad [7]$$

Donde μ_L se asume como la viscosidad real del fluido.

Finalmente, y para referencia de los estudiantes, en las tablas 2 y 3 se presentan algunas propiedades básicas de los materiales comúnmente utilizados en el viscosímetro de caída de esferas.

Tabla 2: Gravedad específica de algunos materiales comúnmente utilizados en la construcción de esferas

Material de la esfera	Gravedad específica (G)
Hierro	7.88
Aluminio	2.70
Cobre	8.93
Plomo	11.35
Wolframio	19.34

Tabla 3: Propiedades de algunos fluidos viscosos

Fluido	Gravedad específica	Viscosidad (kg/ms)
Agua	1.0	0.00105
Glicerina	1.26	1.3923
Benceno	0.88	0.000673
Aceite de automóvil	0.88	0.46
Aceite de cilindros	0.9	0.24
Miel de abeja	1.4	6-9 depende del tipo de miel

Instalación de la práctica:

La práctica instalada consta de los siguientes materiales:

- Probeta de 500 ml
- Fluido viscoso (miel, glicerina, jabón)
- Balines de diámetro y material conocido
- Cronómetro.

Procedimiento experimental:

Inicialmente se debe establecer una serie de marcas sobre la

probeta a fin de estimar la velocidad de caída de la esfera en el fluido. La primera marca debe ubicarse a una distancia prudente de la superficie del flujo para evitar el efecto de la zona de transición (donde son significativos los efectos del ingreso de la esfera en el fluido) y tener un pleno desarrollo de la velocidad de caída de la esfera,

Utilizando el cronómetro se toman los tiempos requeridos para el paso de la esfera por las diferentes marcas definidas en la probeta. Con los datos obtenidos se construye una gráfica que permita relacionar la profundidad de la esfera versus el tiempo transcurrido (acumulado) para cada medición. La pendiente de dicha gráfica en la región lineal será la velocidad terminal V_L como se muestra en la figura

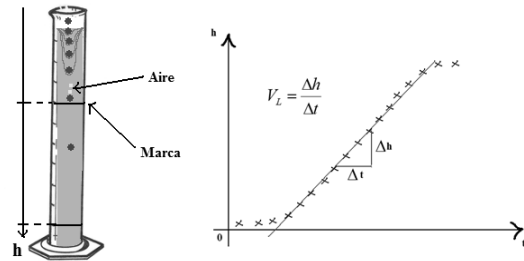


Figura 2: Casos de movimiento vertical de una esfera en un fluido viscoso

Haciendo uso de la ecuación [6] se obtiene la viscosidad de Stokes y mediante la corrección [7] para el medio confinado se obtiene la viscosidad real.

Registro de datos experimentales:

Datos	Valor
Diámetro de la esfera (mm)	
Diámetro de la probeta (mm)	
Masa de la esfera (g)	
Densidad del fluido (kg/m ³)	

Marca	H (cm)	Tiempo (s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		