



Práctica I: Densidad de líquidos.

Objetivos específicos:

1. Aprender el uso de los instrumentos para medición de densidad: balanza Westphal e hidrómetros.
2. Definir gravedad específica de un líquido y medirla a la temperatura ambiente mediante la balanza Westphal y el hidrómetro.
3. Definir las escalas API y Baumé para gravedad específica de líquidos.
4. Usar la escala API para determinar la gravedad específica de un líquido a diferentes temperaturas.
5. Analizar la influencia de la temperatura sobre la densidad de los líquidos.

Fundamentos:

La densidad (ρ) es la masa de una unidad de volumen de una sustancia y puede medirse en kg/m^3 (sistema internacional, SI) y en lbm/ft^3 (sistema inglés, I-P).

El volumen específico (v) es el espacio o volumen que ocupa una unidad de masa de sustancia y puede medirse en m^3/kg (SI) y en ft^3/lbm (I-P).

Relacionando las definiciones anteriores se deducen las siguientes relaciones:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{y} \quad v = \frac{V}{m} \quad \text{por lo que} \quad \rho = \frac{1}{v}$$

Existen otras propiedades importantes asociadas con la densidad, entre las cuales pueden señalarse:

El peso específico (γ), es el peso de una unidad de volumen de sustancia y se expresa en N/m^3 (SI) y lbf/ft^3 (I-P). Por lo tanto:

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V} \Rightarrow \gamma = \rho \cdot g$$

La densidad relativa (DR) de una sustancia, también llamada gravedad específica (S), es la relación entre su densidad y la densidad del agua a una determinada temperatura, por lo general, 4°C . Por lo tanto, puede escribirse:

$$DR = S = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_{\text{agua}(4^\circ\text{C})}} \quad \rho_{\text{agua}(4^\circ\text{C})} \approx 1000 \text{kg/m}^3$$

La densidad relativa del petróleo y sus derivados suele expresarse en unidades especiales llamadas "Grados API" y "Grados Baumé", definidas a una temperatura estándar de 60°F ($15,56^\circ\text{C}$). La relación de estas unidades con "S" son las siguientes:

$$^\circ\text{API} = \frac{141,5}{S} - 131,5 \quad \text{y} \quad ^\circ\text{Bé} = \frac{140}{S} - 130$$

En el caso de conocer los °API (a la temperatura de referencia, 60°F=15,56°C) se puede determinar S a cualquier otro valor de temperatura (T_2) utilizando los coeficientes de expansión a la temperatura de referencia y las siguientes relaciones:

$$S_{T_2} = S_{T_R} \cdot \left[\frac{1}{1 + K_{T_2}} \right] \quad \text{y} \quad K_{T_2} = K_{T_R} \cdot (T_2 - T_R)$$

Intervalo de Gravedad API	Coef. de Exp. K ($T_R=60^\circ\text{F}$)
0 – 14,9	0,00035
15 – 34,9	0,00040
35 – 50,9	0,00050
51 – 63,9	0,00060
64 – 78,0	0,00070
79 – 88,9	0,00080

Densidad de sustancias	
ρ (gr/cm ³) a 60°F(15,56°C)	
Acetona	0,791
Gasolina	0,749
Kerosén	0,814
Gasoil	0,865
Aceite SAE-30	0,897
Mercurio	13,59
Alcohol	0,789

EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA DENSIDAD

Aunque la densidad puede ser determinada en forma indirecta, pero sencilla, utilizando por ejemplo un recipiente graduado que permita medir el volumen, y una balanza con la cual se puede obtener la masa, también existen equipos y dispositivos a través de los cuales puede hallarse la densidad de una forma más directa y precisa. Entre ellos pueden nombrarse la Balanza Westphal y los Densímetros o Hidrómetros.

La Balanza Westphal (ver figura 1) es un equipo que consta de un juego de ganchos, los cuales, colocados correctamente en las ranuras del brazo de la balanza, permiten determinar la gravedad específica de una sustancia a la temperatura que se encuentre. Los ganchos son de distinto tamaño: dos grandes de 5 g (I y I'), uno mediano de 0,5 g (II) y otro pequeño de 0,05 g (III). Otras partes de la balanza se señalan en la figura 1.

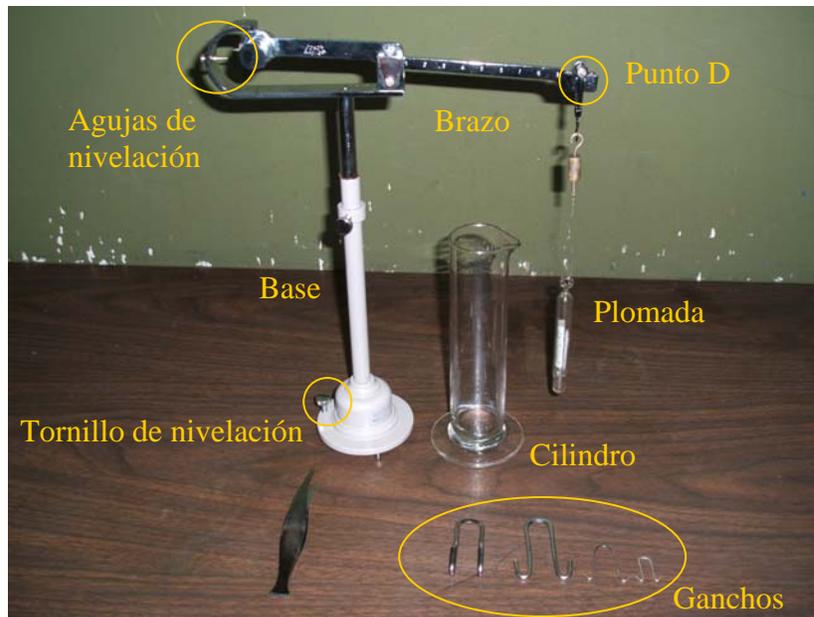
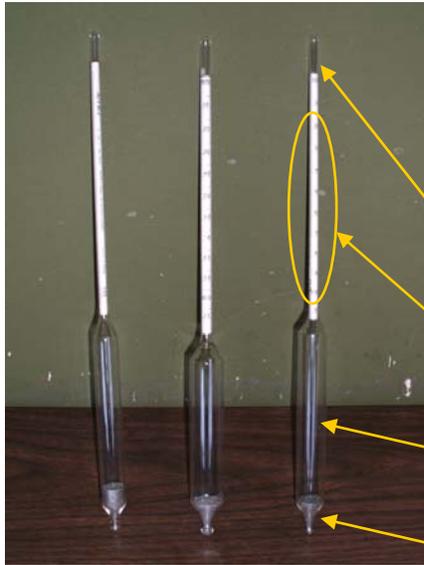


Figura 1. Balanza Westphal



Los Densímetros (ver figura 2) son tubos de vidrios con una plomada interna y con una escala graduada, los cuales se sumergen en el líquido de densidad desconocida. Dependiendo de la densidad del líquido, el densímetro requerirá sumergirse más o menos en el fluido para equilibrarse (principio de Arquímedes), pudiéndose leer al nivel del líquido el valor de la densidad relativa.

Vástago del densímetro

Escala graduada

Bulbo de vidrio

Lastre

Figura 2. Densímetros o Hidrómetros

Desarrollo de la Práctica:

a) Calibración de la Balanza Westphal: Para calibrar la balanza debe introducirse la plomada dentro del cilindro con agua destilada a temperatura ambiente (aproximadamente 23°C) y colocar los ganchos I, II y III en las ranuras 9, 9 y 8, respectivamente, correspondiente a la densidad relativa del agua destilada a esta temperatura ($S=0,998$). Si la aguja del brazo móvil no coincide con la del fijo, se procede a girar el tornillo de nivelación que se encuentra en la base de la balanza hasta lograr que las agujas se alineen (coincidan). Retire la plomada del cilindro, desocupe el cilindro y límpielo interiormente. Nota: una vez calibrada la balanza no se puede mover de ninguna manera la base porque se perdería la calibración.

b) Uso de la Balanza Westphal: Coloque dentro del cilindro la muestra de gravedad específica desconocida e introduzca la plomada en la misma. Verifique si la gravedad específica es mayor o menor que 1. Para ello, coloque el gancho I donde cuelga la plomada (punto D), pudiendo ocurrir tres situaciones. Situación 1: si las agujas coinciden la gravedad específica del fluido es 1. Situación 2: si la aguja móvil está por debajo de la fija, la gravedad es mayor que 1, por lo cual deben colocarse los otros tres ganchos, de mayor a menor tamaño, en las ranuras que sea necesario para alinear las agujas. Por ejemplo, si los ganchos I, I', II y III quedan colocados en el punto D, ranura 4, ranura 8 y punto 4, respectivamente, la gravedad específica es 1,484. Situación 3: si la aguja móvil está por arriba de la fija, la gravedad específica es menor que 1, por lo cual debe retirar el gancho I del punto D y colocar los ganchos I', II y III en las ranuras que sea necesario, de mayor a menor tamaño, hasta igualar las agujas. Por ejemplo si los ganchos I', II y III se colocan en las ranuras 7, 3 y 9, respectivamente, la densidad relativa del fluido es 0,739. El procedimiento se repite para cada una de las sustancias a analizar, limpiando el cilindro y la plomada entre pruebas y tomando la temperatura al inicio de cada medición.

c) Uso de los Densímetros: Dado que los densímetros tienen una escala graduada, es necesario conocer el rango y la apreciación del mismo. Como los valores de densidad relativa ya fueron hallados con la Balanza, ya se tiene idea de los valores y puede seleccionarse el densímetro con el rango apropiado para cada sustancia. Como estos instrumentos son de vidrio, es muy importante inclinar el recipiente donde está la muestra unos 45° al momento de introducir el densímetro, de manera de evitar que éste se golpee con el fondo del recipiente y pueda romperse. Una vez que el densímetro se estabilice en el líquido, tenga cuidado de que éste no se apoye en las paredes del cilindro y proceda a leer en su escala el valor de la densidad relativa.

Siguiendo los procedimientos de uso descritos previamente, complete la siguiente tabla de datos:

Sustancia				
Gravedad específica	S	S	S	Temperatura
Balanza Westphal				
Densímetro				

Post-Laboratorio:

- ^ Determinar la densidad (kg/m^3), el volumen específico (m^3/kg) y el peso específico (N/m^3) de cada una de las sustancias.
- ^ Para los derivados del petróleo usados, calcular la densidad relativa en grados API y Baumé.
- ^ Para los derivados del petróleo usados, utilizando los coeficientes de expansión térmica, construir la gráfica Gravedad Específica (S) Vs. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$). La temperatura máxima en la escala puede ser establecida en 200°C ; obtener el modelo matemático (ajuste de curva) y analizar la influencia de la temperatura sobre la densidad.