

PRÁCTICA 5 : MEDICIÓN DE LA DENSIDAD CON UN PICNÓMETRO

1. OBJETIVOS

1. Capacitar al alumno en la determinación experimental de una propiedad intensiva: *la densidad en líquidos*.
2. Determinar experimentalmente la relación que tiene la *densidad* con la concentración en algunas disoluciones.

2. ANTECEDENTES

La *densidad* es una propiedad de la materia, en su estado sólido, líquido y gaseoso, representa la medida del grado de compactación de un material, es decir nos indica cuánto material se encuentra contenido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen, se expresa con la letra griega ρ (ρ):

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (1)$$

La *densidad* se expresa en unidades de kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque también se puede expresar en g/cm^3 o en g/mL para líquidos; para los gases cuyas densidades son muy bajas, se emplea la unidad de gramos por litro (g/L).

En general se consideran como fluidos a los líquidos y a los gases, que representan a sistemas de partículas mantenidas juntas, debido a sus fuerzas cohesivas, sin embargo no es posible definir el estado individual de todas ellas en cuanto a masas, posiciones y velocidades de manera individual, así que el fluido, para fines prácticos, se describe en términos de su *densidad*, velocidad de flujo y presión. La mecánica de fluidos de diferentes campos de las industrias manufactureras, también incluye otras propiedades importantes, como la viscosidad y la tensión superficial.

La *densidad* es una propiedad muy importante de los materiales que nos está indicando la autenticidad de ellos, el grado de pureza, los posibles casos de adulteración, el nivel de manejo dentro de los procesos o el estado de cumplimiento, con respecto a los requisitos de contenido de sólidos. Son innumerables las aplicaciones de la determinación de *densidad* en los procesos, por mencionar algunos tenemos: en la industria del azúcar y del alcohol, la determinación de sólidos contenidos en un espacio definido; en la láctea para evitar casos de adulteración por adición de más agua a la fórmula; en la industria de alimentos durante la fabricación de zumos, aceites vegetales, jarabes, mermeladas; en la industria química para la concentración/mezclas ácidos, polímeros, glicol, sosa cáustica, hidróxido de sodio; en la industria petroquímica para la obtención de keroseno, gasolina, aceites lubricantes, mezclas agua/aceite; en la industria de la fermentación el análisis de la densidad,

permite evaluar el grado de la fermentación del mosto, nos indica que tanta azúcar se convirtió en alcohol y dióxido de carbono durante la fermentación, generalmente si la *densidad* inicial es de 1.054 g/mL y si la levadura trabaja correctamente, se tiene una *densidad* final de 1.012 g/mL. También el concepto de *densidad* está relacionado con la medicina, medir la *densidad* de la orina puede detectar problemas relacionados con la excreción de determinadas sustancias del cuerpo que no se hallan habitualmente en la orina de individuos sanos.

En la mayoría de los laboratorios de control analítico, ya sea de investigación, comerciales o del sector salud, es importante contar con un *picnómetro* (material de vidrio específico destinado a medir la masa de un líquido en un volumen específico) que permita medir la *densidad* durante el control en proceso o análisis de los materiales que intervienen en las actividades del laboratorio o en la línea de producción.

Un *picnómetro* es un instrumento sencillo utilizado para medir con precisión la densidad de líquidos. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar un líquido en su interior. Se usa muy frecuentemente para comparar las densidades de dos líquidos, con el picnómetro midiendo cada líquido por separado y comparando sus masas. Es práctica común comparar la *densidad* de un líquido respecto a la *densidad* del agua a una temperatura determinada, por lo que al dividir la masa de un líquido contenida en el *picnómetro* respecto de la masa correspondiente de agua, se obtiene la *densidad relativa* del líquido a la temperatura de medición.

El *picnómetro* permite a través de su utilización comprobar los cambios de concentración de sales en el agua, por lo que se menciona que también se usa para determinar la salinidad del agua y la densidad de líquidos biológicos en laboratorios de análisis clínicos, entre otras aplicaciones.

Los *picnómetros* de mejor calidad conocidos como tipo Gay Lussac cuentan con un termómetro y capilar lateral. Son de vidrio borosilicato 3.3 DIN ISO 3507. En general los *picnómetros* se calibran o ajustan por contenido "In" (o C, que significa en la modalidad para contener). Pueden contar con un certificado individual incluido, al momento de comprarlos. El capilar lateral tiene caperuza esmerilada con forma cónica. El termómetro cuenta con escala en vidrio opal, con esmerilado cónico y un campo de medición de 10 a 35 °C, dividido en 0,2 °C, con columna de mercurio. De acuerdo a los fabricantes el volumen medido se expresa en cm³ o en mL y recomiendan se indique la medición con 3 cifras decimales. Los volúmenes de presentación son 5, 10, 25, 50 y 100 en mL. La especificación que da CENAM para picnómetros Gay Lussac con volumen de 25 mL, 50 mL, 100 mL es de 0.004% del volumen contenido para la incertidumbre expandida con factor de cobertura $k=2$, es la misma para las tres presentaciones [Referencia 5]. A continuación se presenta una imagen de un *picnómetro* (tomada de un manual de equipo de laboratorio y son con los que cuenta el laboratorio de física).

Figura 1: Foto de picnómetro extraída de la Referencia 4 de la bibliografía.



3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la formación metrológica integral de los alumnos, se pretende inculcarles que las mediciones que realicen sean confiables, es por eso que en la realización de esta práctica se les indica revisar que el picnómetro de preferencia cuente con un informe de calibración, así como la balanza que utilicen para medir la masa y poder así medir la *densidad relativa* del líquido o líquidos utilizados en la práctica.

PARTE 1. Calibración de los instrumentos:

- 1.1 Calibración de la balanza de trabajo (Práctica realizada en otra sesión del curso de Metrología).
- 1.2 Revisión documental de la calibración del picnómetro a usar (Si se cuenta con un informe de calibración).

PARTE 2. Determinación de la *densidad relativa* con el picnómetro.

- 2.1 Preparar cinco disoluciones molares de sacarosa en volúmenes suficientes para usar (**Principles of General Chemistry**, Second Edition, Martin S. Silbergberg, p. 98-99), dependiendo del volumen definido del picnómetro de trabajo. Las concentraciones son: 1M, 0.5 M, 0.3 M, 0.2 M y 0.1 M y mantenerlas en un lugar fresco (se requiere el uso de guantes durante toda la práctica).
- 2.2 Tener aparte un recipiente con agua destilada y, si es posible, medir la temperatura del agua de trabajo, con un termómetro de líquido en vidrio.
- 2.3 Realizar las mediciones de *densidad* con el picnómetro seco, a una temperatura de 20°C (si es necesario tener un baño de hielo y/o un baño maría, para tener la temperatura deseada).
- 2.4 Contar con la balanza de trabajo calibrada y nivelada, además encendida previamente (Mínimo 30 min).

2.5 Medir primero la masa del picnómetro con todos sus aditamentos, seco y sin carga (m_0). Realizar la medición tres veces para trabajar con valores promedio, a la temperatura establecida (se trabaja con los resultados de medición promedio).

2.6 Mantener la muestra en un baño de hielo y/o baño maría (de acuerdo con la época del año), al tener cercana la temperatura de prueba, llenar con una jeringa o una pipeta el picnómetro con la primera disolución de prueba sin formación de burbujas. Debe llenarse la parte superior esmerilada hasta un tercio aproximadamente, introducir cuidadosamente el termómetro y orientarlo hacia el cuerpo de acuerdo con la marca señalada en el picnómetro. Al hacerlo, el tubo del capilar se llena y líquido de prueba desplazado se desborda. Limpiar con un paño de celulosa la superficie del tapón o bien la del capilar lateral, así como la superficie exterior del picnómetro, todo con cuidado, evitando una manipulación excesiva del instrumento, para evitar cambios de temperatura que produce el calor de las manos del analista.

Nota 1: no se debe absorber con el paño agua del capilar. El líquido del ensayo debe encontrarse exactamente a la altura del borde superior del capilar del picnómetro.

Nota 2: repetir el procedimiento de medición la lectura del picnómetro con muestra, tres veces, quitando el tapón al picnómetro y sin vaciarlo completamente, volver a llenar, evitando burbujas, secar bien, verificar que se mantenga constante la temperatura y volver a medir la masa, Calcular el valor promedio de las tres mediciones de masa (m_m), asegurar que no cambie la temperatura de medición, durante todo el desarrollo del procedimiento.

Nota 3: empezar las mediciones de las disoluciones preparadas, con la concentración más baja y continuar hasta la más alta, con el fin de mantener la integridad de las concentraciones de prueba. Enjuague con poca solución antes de cada cambio de concentración, repitiendo en cada medición de masa lo indicado en este punto.

2.7 Llenar el picnómetro con agua destilada, enjuagar varias veces y llenarlo como se indica en el punto anterior, con los detalles señalados, realizar tres mediciones y obtener un promedio (m_a), cuidar no cambie la temperatura de trabajo.

2.8 Calcular el valor de la *densidad relativa* de cada una de las disoluciones, a través de los siguientes modelos matemáticos.

Si:

$$\rho_{Rel} = \frac{\rho_m}{\rho_a}$$

Entonces:

$$\rho_{Rel} = \frac{m_m - m_0}{m_a - m_0}$$

4. TRATAMIENTO DE DATOS EXPERIMENTALES

1. Elaborar las tablas que corresponden a cada etapa de la práctica: la revisión de la calibración de los instrumentos, sus características metrológicas y la incertidumbre asociada a cada uno. Es importante considerar que la determinación de densidad se debe realizar y calcular a la misma temperatura en la que se calibró el picnómetro y por tanto en la que se calculó la densidad del agua, por ser una propiedad que se informa a una temperatura específica.
2. Construir la tabla correspondiente de las densidades de las muestras.
3. Construir una tabla final donde se informe la densidad de cada concentración y la estimación de incertidumbre.
4. Además de tener toda la información obtenida en la bitácora de trabajo, se elaborará un informe final, que contendrá lo indicado por el profesor/a de la asignatura.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué relación tiene la concentración con la densidad en esta práctica?
2. Investigar ¿Qué diferencia existe entre densidad absoluta, densidad relativa y peso específico?
3. ¿Qué otros métodos experimentales existen para determinar densidad? Señala los que aplican a sólidos, líquidos y gases.
4. ¿Por qué consideras que es importante la determinación de densidad? Además de las expresadas en los antecedentes. ¿Qué otras pudiste investigar durante el desarrollo de esta práctica o por experiencia previa?

Nota: expresa o escribe las respuestas en la bitácora e inclúyelas en el informe.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ohanian O., Markert J.T. Física para Ingeniería y Ciencias, Ed McGraw-Hill, 2009.
- [2] Hewitt P.G. Física Conceptual, Física Conceptual, Primera Edición, Addison Wesley Longman, México 1999.
- [3] Kirkpatrick L.D., Física una mirada al mundo, Sexta Edición, Cengage Learning, México 2010.
- [4] Blaubrand, Aparatos volumétricos y picnómetros. Instrucciones de calibrado (SOP), Septiembre 2013.
- [5] Guía Técnica sobre Trazabilidad e incertidumbre en los servicios de calibración de recipientes volumétricos por el método gravimétrico CENAM, ema. México 2009