

Densidad en líquidos: Método del Picnómetro

Objetivos:

- ◆ Determinar la densidad en sustancias líquidas.
- ◆ Variación de la densidad (ρ) con la temperatura.
- ◆ Estudiar la dependencia de la densidad (ρ) en función de la temperatura

Fundamento Teórico:

Aunque toda la materia posee masa y volumen, la misma masa de sustancias diferentes tienden a ocupar distintos volúmenes, así notamos que el hierro o el hormigón son pesados; mientras que la misma cantidad de goma de borrar o plásticos son ligeros. La propiedad que nos permite determinar la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado nos parecerá.

La **densidad absoluta**, definida como la masa de una sustancia dividida entre su volumen es una, propiedad intensiva de la materia:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Un aumento de temperatura causa dilatación de la materia, esto implica que se va a tener menos moléculas en un volumen dado, causando una disminución de densidad al aumentar la temperatura.

En la tabla No 1 se muestra densidades de diferentes compuestos.

Tabla 1: Densidades de sólidos y líquidos

Sólidos	ρ (g/cm ³)	Líquidos	ρ (g/cm ³)
Aluminio	2.64 (0 °C)	Acetona	0.792
Cobre	8.90 (0 °C)	Tetracloruro de carbono	1.595
Acero	7.84 (18 °C)	Mercurio	13.6
Vidrio	2.24 (20 °C)	Acido acético	1.05
Madera	0.20 (30 °C)	Leche	1.028-1.035

La **densidad relativa** o **gravedad específica** es un número adimensional que relaciona la densidad de una sustancia con respecto a otra tomada como referencia (para sólidos y líquidos la sustancia de referencia es el agua a 4 °C donde $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$). La densidad relativa de un fluido cambia menos que su densidad frente a los cambios de temperatura.

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{\text{ref}}(4^\circ\text{C})}$$

El **peso específico** es el peso de un compuesto por unidad de volumen:

$$\gamma = \frac{mg}{V} = \rho g$$

El volumen específico se define como volumen por unidad de masa, entonces constituye el recíproco de la densidad:

$$v = \frac{1}{\rho}$$

Experimentalmente la densidad de líquidos se determina empleando:

a) Picnómetro:

Un método simple para medir la densidad de líquidos es el empleo de picnómetro. Para líquidos el volumen del picnómetro se determina por el peso del agua con que se llena. Conociendo la masa y la densidad del agua a la temperatura de prueba, puede calcularse el volumen del picnómetro. Para mediciones exactas no es recomendable emplear picnómetros con volúmenes mayores a 30 ml.

$$\rho_i = \left(\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \right) \rho_w$$

donde: m_0 = masa del picnómetro vacío

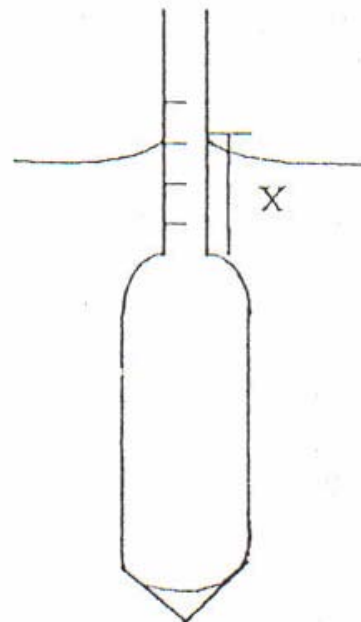
m_1 = masa del picnómetro con agua

m_2 = masa del picnómetro con el líquido a investigar

ρ_w = densidad del agua a la temperatura experimental

b) Hidrómetros:

Se emplean hidrómetros de peso constante para determinar densidades de líquidos. Los hidrómetros se basan en el principio de que un cuerpo flotante desplaza su propio peso de fluido. El instrumento se coloca dentro del fluido y la densidad del fluido es leída sobre la escala del cuello.



donde: X = porción de cuello sumergida

Materiales:

- ◆ 1 picnómetro
- ◆ 1 balanza electrónica (capacidad máxima de 200g.)
- ◆ 1 termostato
- ◆ 1 piceta
- ◆ 1 estufa electrónica
- ◆ 1 sujetador o pinza de madera o metal

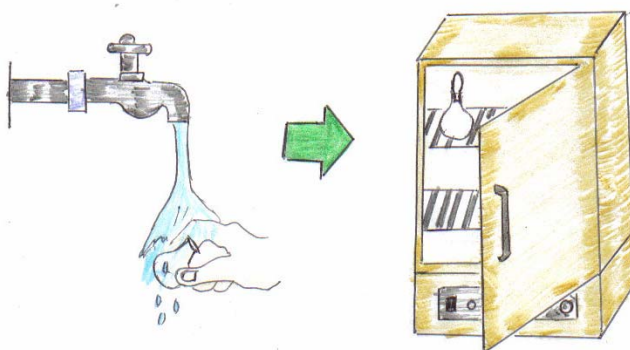
Reactivos:

- ◆ Solución de alcohol etílico
- ◆ Solución de tolueno
- ◆ Solución de ciclohexano
- ◆ Solución de NaCl al 5% en peso
- ◆ Solución de NaCl al 10% en peso
- ◆ Solución de NaCl al 15% en peso

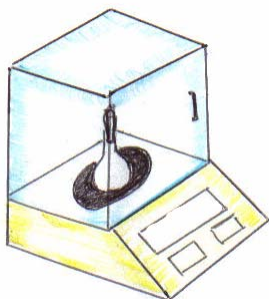
Parte Experimental:

Experimento n°1: Densidad del Tolueno, Alcohol Etílico, Ciclohexano

1. Primero disponemos de un picnómetro limpio y seco, para ello el picnómetro que nos proporciona el profesor lo lavamos y lo colocamos en la estufa por un espacio de tiempo de (10 - 15) minutos a la temperatura de (105 – 110)°C.

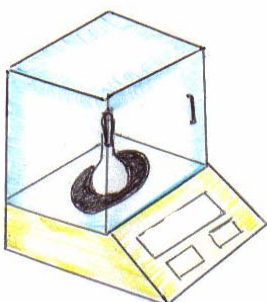


2. Una vez obtenido el picnómetro limpio y seco procedemos a pesarlo en la balanza electrónica, la masa obtenida la llamaremos m_0 (masa obtenida al pesar sólo el picnómetro).



$$\Rightarrow m_0 = 35.3377g$$

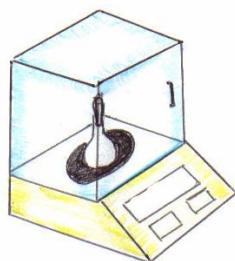
3. Luego, llenamos el picnómetro con agua destilada $H_2O_{(d)}$ al ras y lo volvemos a pesar para obtener m_1 (masa obtenida al pesar sólo picnómetro + $H_2O_{(d)}$).



$$\Rightarrow m_1 = 60.4675g \text{ a Temperatura de ambiente}$$

4. Ahora, desalojamos el agua destilada $H_2O_{(d)}$ enjuagamos el picnómetro con la solución de tolueno (muestra a calcular su densidad (ρ), tratando

de que no quede nada de agua destilada $H_2O_{(d)}$ en el picnómetro y lo llenamos con la solución de tolueno al ras para su posterior pesado en la balanza electrónica al cual llamaremos m_2 .



$$\Rightarrow m_2 = 57.1290g \text{ a Temperatura de ambiente}$$

5. Determinaremos la densidad del tolueno ($\rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}$), para ello asumiremos un volumen V del picnómetro, y relacionaremos la densidad del agua destilada ($\rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}$) con la de la solución de tolueno.

$$(\rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) / (\rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) = ((m_{\text{tolueno}} / V) / (m_{H_2O(d)} / V))$$

$$(\rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) / (\rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) = (m_{\text{tolueno}} / m_{H_2O(d)})$$

Pero:

$$m_{\text{tolueno}} = m_2 - m_0;$$

$$m_{H_2O(d)} = m_1 - m_0;$$

$$(\rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) / (\rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}) = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}$$

El dato de $\rho_{H_2O(d)}^{T^{\circ}C \text{ ambiente}}$ es un valor conocido y se puede averiguar en tablas

$$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((57.1290\text{g} - 35.3377\text{g}) / (60.4675\text{g} - 35.3377\text{g}) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}$$

Pero:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = 0.997770$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((57.1290\text{g} - 35.3377\text{g}) / (60.4675\text{g} - 35.3377\text{g}) \times 0.997770$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = 0.865219985 \text{ g/ml}$$

Ahora utilizando los datos obtenidos por los otros grupos podemos realizar el siguiente cuadro de las densidades de diversas soluciones a T°C de ambiente:

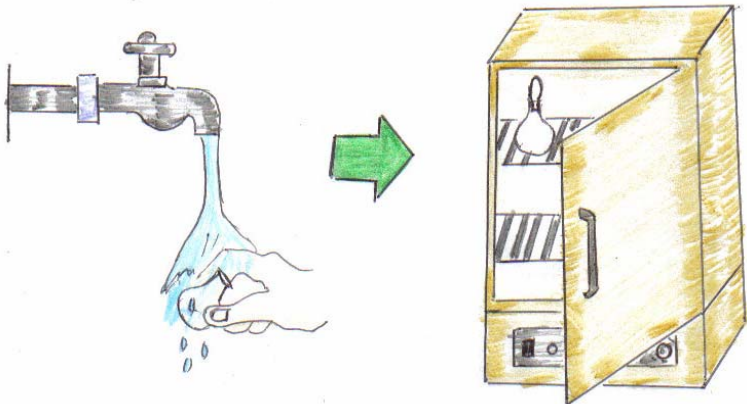
Densidades de diversos compuestos a T°C de ambiente (a 22°C)

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = 0.99777$$

Compuesto	m _o	m ₁	m ₂	ρ en (g/ml)
Alcohol Etílico	30.7254	40.8514	40.6965	0.982506858
Tolueno	35.3377	60.4675	57.1291	0.865219985
Ciclohexano	33.2137	43.6391	41.3568	0.779340926

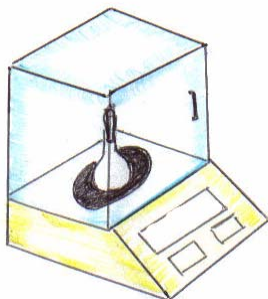
Experimento n°2: Densidades de NaCl al 5, 10, 15% en peso

- Primero disponemos de un picnómetro limpio y seco, para ello el picnómetro que nos proporciona el profesor lo lavamos y lo colocamos en la



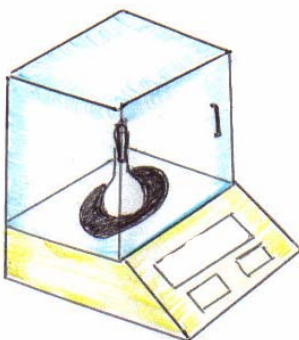
estufa por un espacio de tiempo de (10 - 15) minutos a la temperatura de (105 – 110)°C.

2. Una vez obtenido el picnómetro limpio y seco procedemos a pesarlo en la balanza electrónica, la masa obtenida la llamaremos m_0 (masa obtenida al pesar sólo el picnómetro).



$$\Rightarrow m_0 = 35.3377g$$

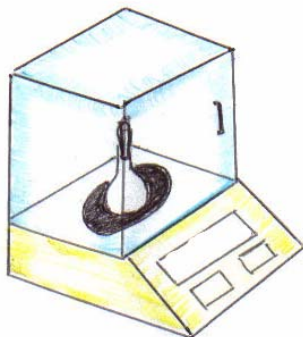
3. Luego, llenamos el picnómetro con agua destilada $H_2O_{(d)}$ al ras y lo volvemos a pesar para obtener m_1 (masa obtenida al pesar sólo picnómetro + $H_2O_{(d)}$).



$$\Rightarrow m_1 = 60.4675g \text{ a Temperatura de ambiente}$$

4. Ahora, desalojamos el agua destilada $H_2O_{(d)}$ enjuagamos el picnómetro con la solución de NaCl al 15% en peso de solución (muestra a calcular su densidad (ρ)), tratando de que no quede nada de agua destilada $H_2O_{(d)}$ en el picnómetro y lo llenamos con la solución NaCl al 15% en peso de

solución, al ras para su posterior pesado en la balanza electrónica al cual llamaremos m_2 .



$$\Rightarrow m_2 = 61.6160g \text{ a Temperatura de ambiente}$$

5. Determinaremos la densidad de la solución de NaCl al 15% en peso de solución, mediante la siguiente ecuación :

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}$$

Sabiendo que:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = 0.997770$$

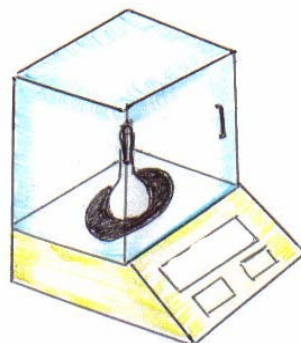
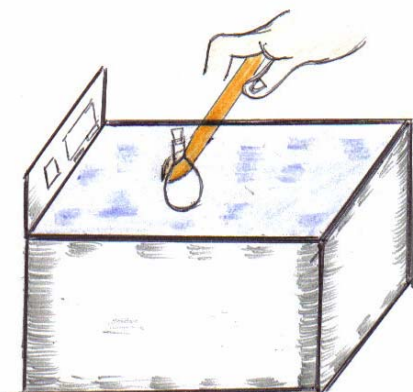
$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((61.6160g - 35.3377g) / (60.4675g - 35.3377g)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((61.6160g - 35.3377g) / (60.4675g - 35.3377g)) \times 0.997770$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = 1.043374765 \text{ g/ml}$$

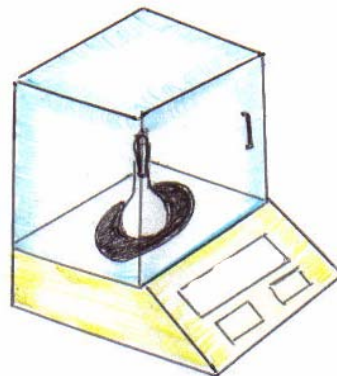
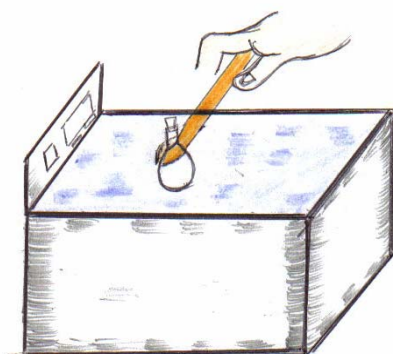
6. Ahora calcularemos la densidad del NaCl al 15 % en peso de solución a la temperatura de 40°C, para ello al picnómetro lo llenamos con agua destilada $\text{H}_2\text{O}_{(d)}$ al ras y lo hacemos calentar en el termostato por un lapso

de 10 minutos a la temperatura de 40°C, para después ser pesado en la balanza electrónica, y así calcular m_1 .



$$\Rightarrow m_1 = 60.4648g \text{ a } 40^\circ\text{C}$$

- Desalojamos el agua destilada, para ello lo enjuagamos con la solución de NaCl al 15 % en peso, lo llenamos con mencionada solución para luego llevar el picnómetro al termostato por un lapso de 10 minutos a la temperatura de 40°C, y de ahí lo llevaremos a la balanza electrónica para hallar m_2 .



$$\Rightarrow m_2 = 61.5831g \text{ a } 40^\circ\text{C}$$

8. Determinaremos la densidad para la solución de NaCl al 15% en peso de solución, a la temperatura de 40°C mediante la siguiente ecuación :

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 15\%}^{40^\circ\text{C}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^\circ\text{C}}$$

Sabiendo que:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^\circ\text{C}} = 0.992215$$

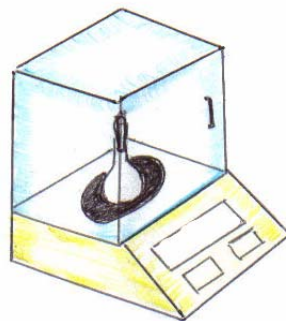
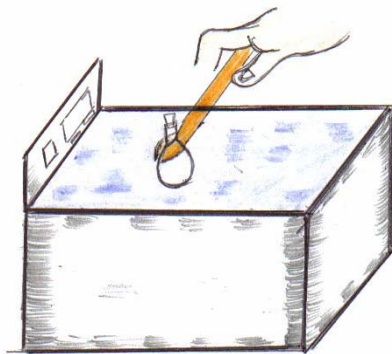
$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 15\%}^{40^\circ\text{C}} = ((61.5831g - 35.3377g) / (60.4648g - 35.3377g)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^\circ\text{C}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 15\%}^{40^\circ\text{C}} = ((61.5831g - 35.3377g) / (60.4648g - 35.3377g)) \times 0.992215$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 15\%}^{40^\circ\text{C}} = 1.036374256 \text{ g/ml}$$

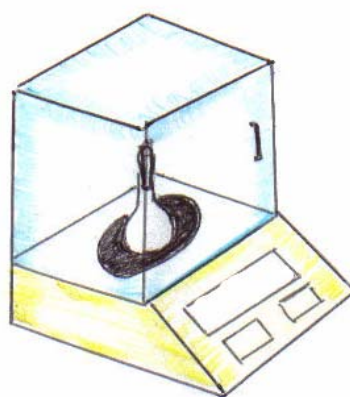
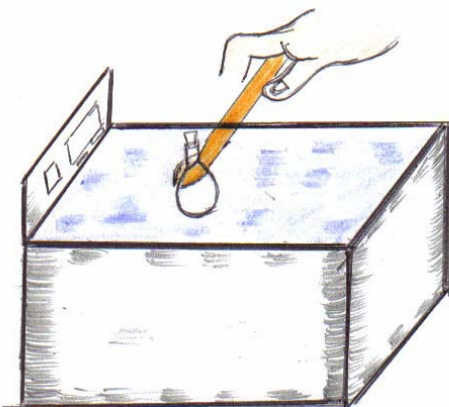
9. Ahora calcularemos la densidad del NaCl al 15 % en peso de solución a la temperatura de 45°C , para ello al picnómetro lo llenamos con agua destilada $\text{H}_2\text{O}_{(d)}$ al ras y lo hacemos calentar en el termostato por un lapso

de 10 minutos a la temperatura de 45°C, para después ser pesado en la balanza electrónica, y así calcular m_1 .



$$\Rightarrow m_1 = 60.3701g \text{ a } 45^\circ\text{C}$$

10. Desalojamos el agua destilada, para ello lo enjuagamos con la solución de NaCl al 15 % en peso, lo llenamos con mencionada solución para luego llevar el picnómetro al termostato por un lapso de 10 minutos a la temperatura de 45°C, y de ahí lo llevaremos a la balanza electrónica para hallar m_2 .



$$\Rightarrow m_2 = 61.4901g \text{ a } 45^\circ\text{C}$$

11. Determinaremos la densidad para la solución de NaCl al 15% en peso de solución, a la temperatura de 45°C mediante la siguiente ecuación :

⇒ $\rho_{\text{NaCl al 15\%}^{45^{\circ}\text{C}}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{45^{\circ}\text{C}}}$

Sabiendo que:

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{45^{\circ}\text{C}}} = 0.990213$

⇒ $\rho_{\text{NaCl al 15\%}^{45^{\circ}\text{C}}} = ((61.4901\text{g} - 35.3377\text{g}) / (60.3701\text{g} - 35.3377\text{g})) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{45^{\circ}\text{C}}}$

⇒ $\rho_{\text{NaCl al 15\%}^{45^{\circ}\text{C}}} = ((61.4901\text{g} - 35.3377\text{g}) / (60.3701\text{g} - 35.3377\text{g})) \times 0.990213$

⇒ $\rho_{\text{NaCl al 15\%}^{45^{\circ}\text{C}}} = 1.034517124 \text{ g/ml}$

Con los datos obtenidos podemos realizar la siguiente tabla:

Densidades de NaCl al 15% en peso a diversas temperaturas

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}} = 0.99777$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{40^{\circ}\text{C}}} = 0.992215$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{45^{\circ}\text{C}}} = 0.990213$

Temperatura (°C)	m _o	m ₁	m ₂	ρ en (g/ml)
22	35.3377	60.4675	61.6161	1.043374765
40	35.3377	60.4648	61.5831	1.036374256
45	35.3377	60.3701	61.4901	1.034517124

Con los datos obtenidos por los otros grupos podemos hacer las siguientes tablas:

Densidades de NaCl al 10% en peso a diversas temperaturas

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}} = 0.99777$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{40^{\circ}\text{C}}} = 0.992215$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}^{45^{\circ}\text{C}}} = 0.990213$

Temperatura (°C)	m _o	m ₁	m ₂	ρ en (g/ml)
22	33.2137	43.6391	44.0171	1.033946747
40	33.2137	43.6001	43.9364	1.02434181
45	33.2137	43.5891	43.9281	1.022566664

Densidades de NaCl al 5% en peso a diversas temperaturas

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
0.99777

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^\circ\text{C}}$
=
0.992215

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^\circ\text{C}}$
=
0.990213

Temperatura (°C)	m0	m1	m2	ρ en (g/ml)
22	30.7254	40.8514	41.1737	1.029527977
40	30.7254	40.7965	41.1639	1.028411621
45	30.7254	40.7866	41.0861	1.019689483

Cuestionario

1. Determine la densidad de las sustancias problema a T°C de ambiente (a 22°C)

A 22°C:

$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
0.997770

❖ Alcohol Etílico

$\Rightarrow \rho_{\text{Alcohol Etílico}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$

$\Rightarrow \rho_{\text{Alcohol Etílico}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((40.6965 - 30.7254) / (40.8514 - 30.7254)) \times 0.997770$

$\Rightarrow \rho_{\text{Alcohol Etílico}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
0.982506858 g/ml

❖ Tolueno

$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$

$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((57.1290 - 35.3377) / (60.4675 - 35.3377)) \times 0.997770$

$\Rightarrow \rho_{\text{tolueno}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
0.865219985 g/ml

❖ Ciclohexano

$\Rightarrow \rho_{\text{Ciclohexano}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$

$\Rightarrow \rho_{\text{Ciclohexano}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
 $((41.3568 - 33.2137) / (43.639 - 33.2137)) \times 0.997770$

$\Rightarrow \rho_{\text{Ciclohexano}}^{T^\circ\text{C ambiente}}$
=
0.779340926 g/ml

2. Determine la densidad de NaCl al 15, 10, 5% en peso a 22, 40 y 45°C.

a) Densidad de NaCl al 5%:

❖ A 22°C

$$\begin{aligned}\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= ((41.1737 - 30.7254) / (40.8514 - 30.7254)) \times 0.997770 \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= \mathbf{1.029527977\text{g/ml}}\end{aligned}$$

❖ A 40°C

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}} = 0.992215$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}} \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= ((41.1639 - 30.7254) / (40.7965 - 30.7254)) \times 0.992215 \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= \mathbf{1.028411621\text{ g/ml}}\end{aligned}$$

❖ A 45°C

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^{\circ}\text{C}} = 0.990213$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{45^{\circ}\text{C}} &= ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^{\circ}\text{C}} \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{45^{\circ}\text{C}} &= ((41.0861 - 30.7254) / (40.7866 - 30.7254)) \times 0.990213 \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 5\%}}^{45^{\circ}\text{C}} &= \mathbf{1.019689483\text{ g/ml}}\end{aligned}$$

b) Densidad de NaCl al 10%:

❖ A 22°C

$$\begin{aligned}\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= ((44.0171 - 33.2137) / (43.6391 - 33.2137)) \times 0.997770 \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} &= \mathbf{1.033946747\text{ g/ml}}\end{aligned}$$

❖ A 40°C

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}} = 0.992215$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}} \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= ((43.9281 - 33.2137) / (43.6001 - 33.2137)) \times 0.992215 \\ \Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 10\%}}^{40^{\circ}\text{C}} &= \mathbf{1.02434181\text{ g/ml}}\end{aligned}$$

❖ A 45°C

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^\circ\text{C}} = 0.990213$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 10\%}^{45^\circ\text{C}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^\circ\text{C}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 10\%}^{45^\circ\text{C}} = ((43.9281 - 33.2137) / (43.5891 - 33.2137)) \times 0.990213$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al } 10\%}^{45^\circ\text{C}} = 1.022566664 \text{ g/ml}$$

c) Densidad de NaCl al 15%:

❖ A 22°C

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = ((61.6160 - 35.3377) / (60.4675 - 35.3377)) \times 0.997770$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{T^{\circ}\text{C ambiente}} = \mathbf{1.043374765 \text{ g/ml}}$$

❖ A 40°C

$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}} = 0.992215$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{40^{\circ}\text{C}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{40^{\circ}\text{C}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{40^{\circ}\text{C}} = ((61.5830 - 35.3377) / (60.4648 - 35.3377)) \times 0.992215$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{40^{\circ}\text{C}} = \mathbf{1.036374256 \text{ g/ml}}$$

❖ A 45°C

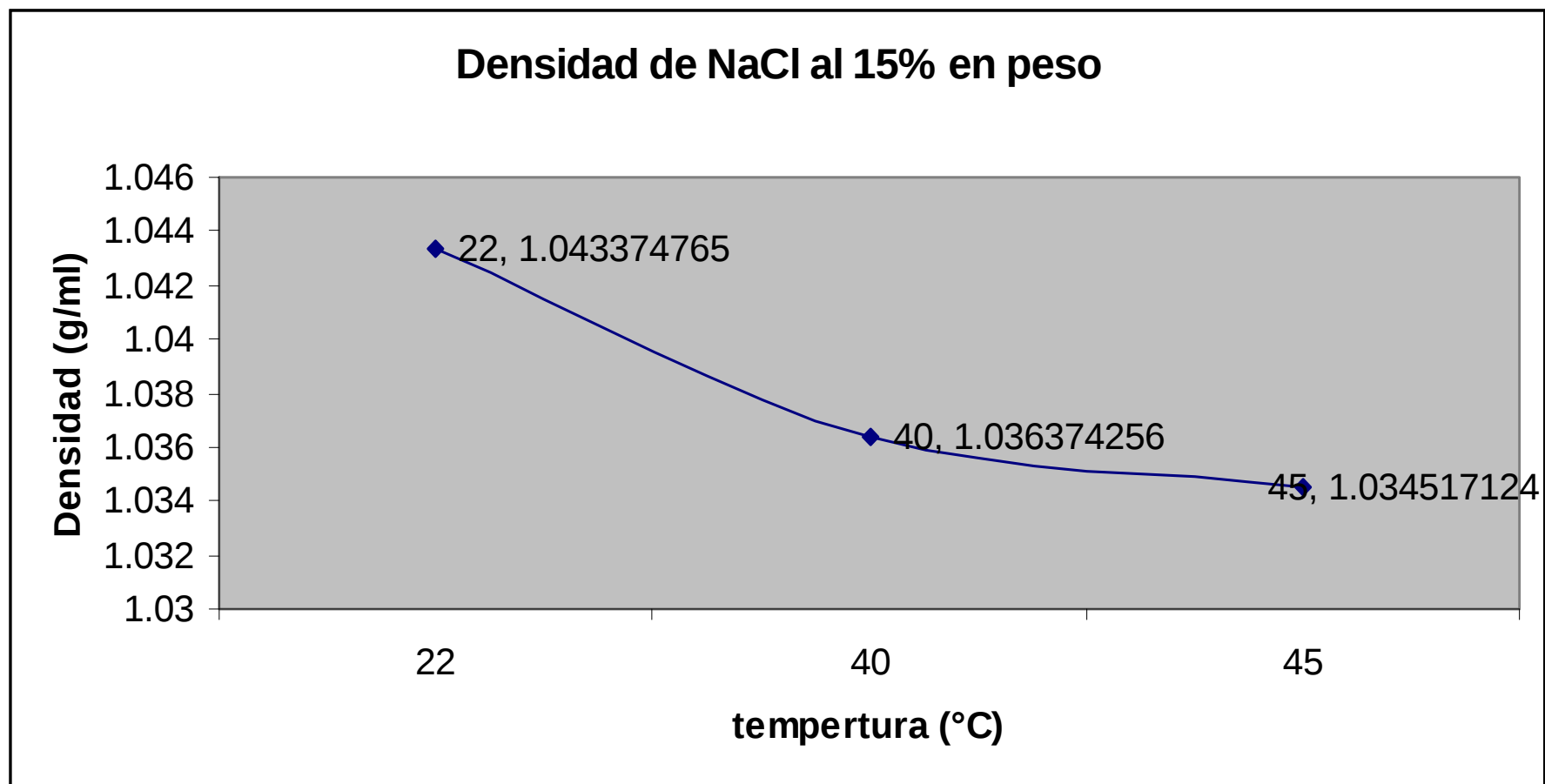
$$\rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^{\circ}\text{C}} = 0.990213$$

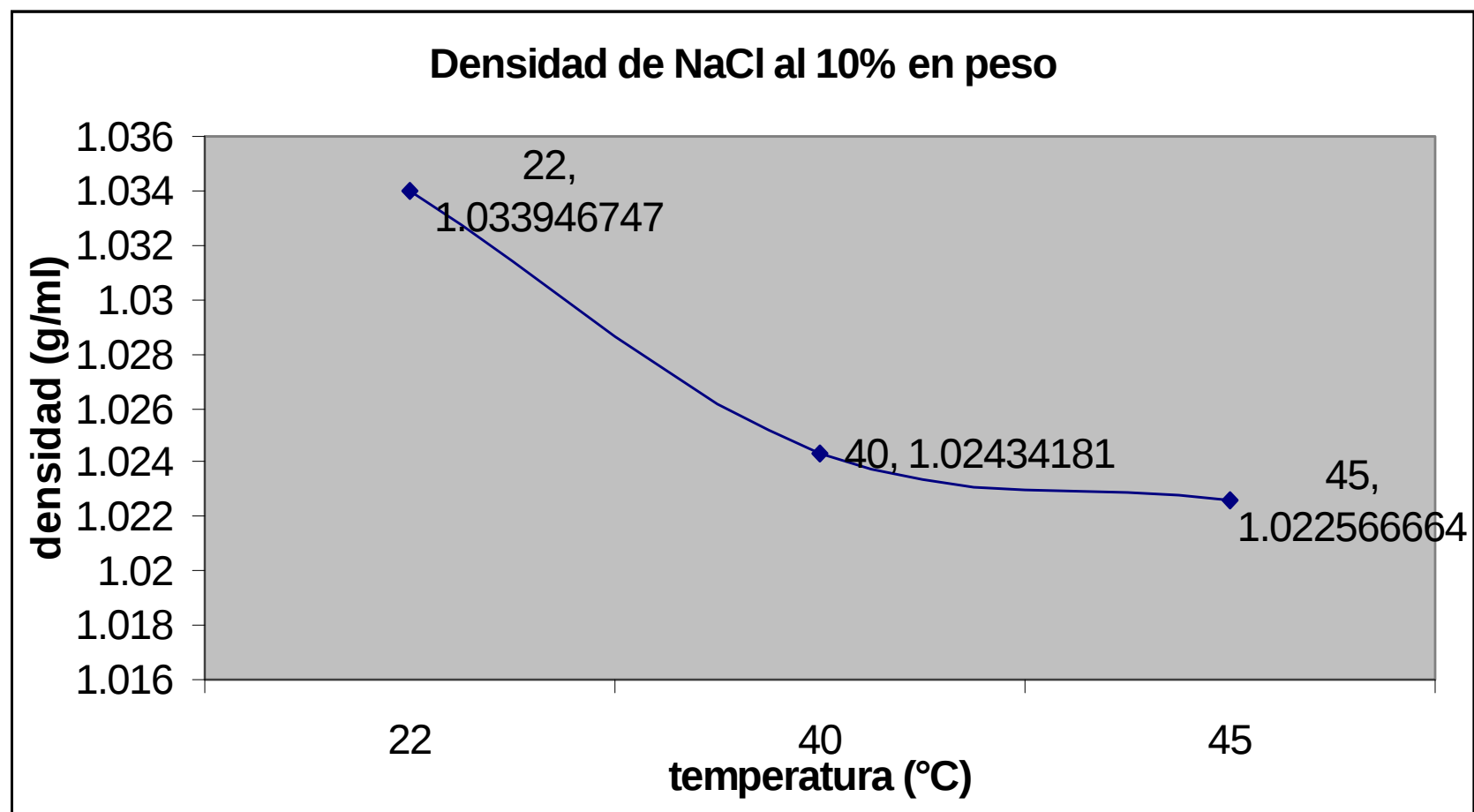
$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{45^{\circ}\text{C}} = ((m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)) \times \rho_{\text{H}_2\text{O(d)}}^{45^{\circ}\text{C}}$$

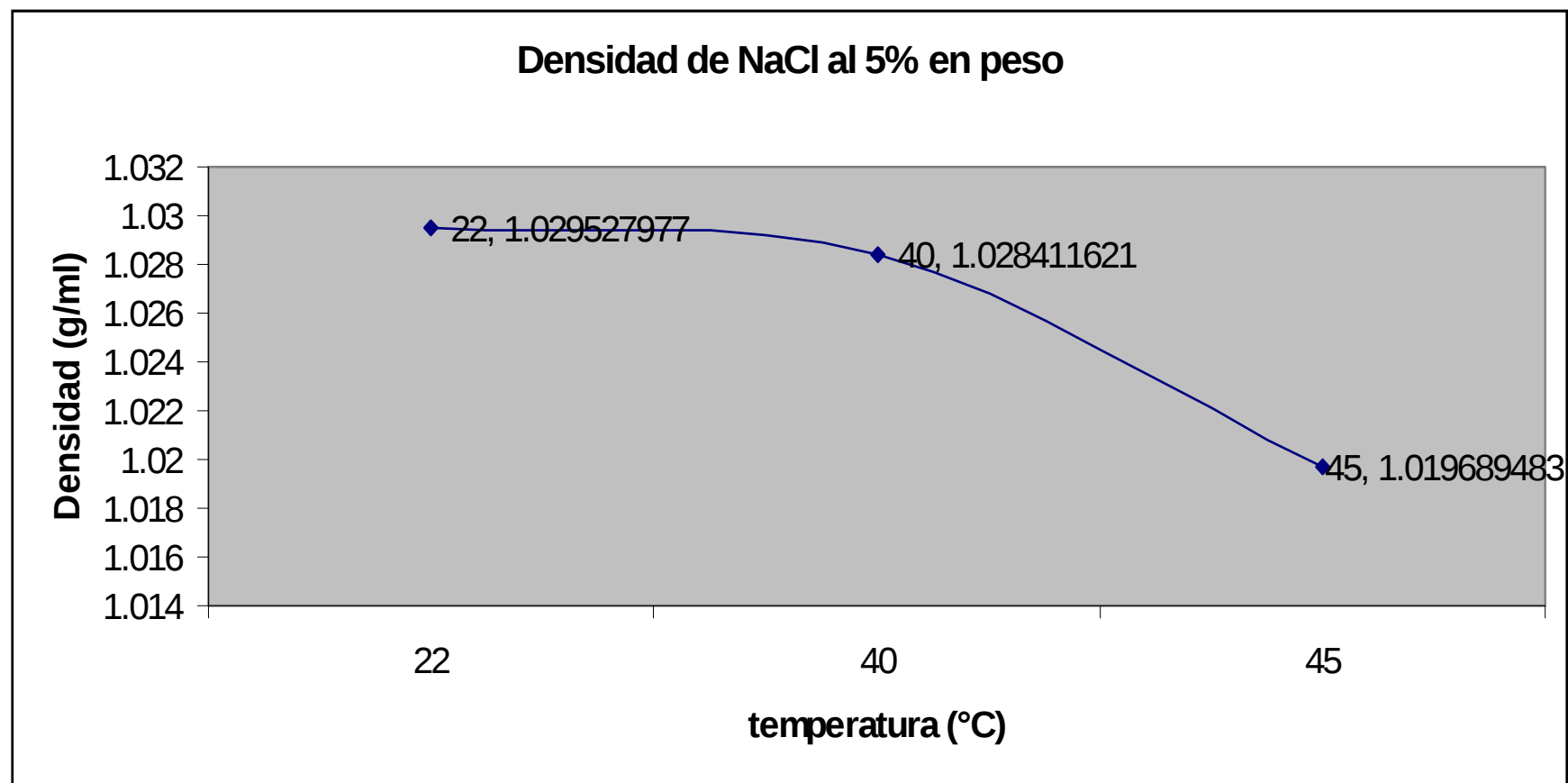
$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{45^{\circ}\text{C}} = ((61.4900 - 35.3377) / (60.3701 - 35.3377)) \times 0.990213$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{NaCl al 15\%}}^{45^{\circ}\text{C}} = \mathbf{1.034517124 \text{ g/ml}}$$

3. Grafique densidad (ρ) v.s. $T^{\circ}\text{C}$ para la pregunta 2.







Conclusiones

- Existe dependencia entre la densidad (ρ) de una sustancia y la temperatura a la que se encuentra.
- La densidad (ρ) de una sustancia es inversamente proporcional a la temperatura a la que se encuentra, es decir que si la temperatura aumenta, disminuye la densidad (ρ) de una sustancia.
- La densidad (ρ) de una sustancia es una propiedad intensiva de la materia, debido a que no depende de su masa.
- Al comparar datos teóricos con datos experimentales, siempre hay un margen de error, en otras palabras lo teórico es ideal, en la práctica no se cumple.
- Existe diferencia entre masa (m) y peso (W), dado que el peso es una fuerza y se calcula así: $W = m \times g$; donde g : aceleración de la gravedad.

Recomendaciones

- Revisar que la balanza este seca y limpia para no obtener errores en los cálculos
- Se recomienda hacer uso de la estufa para trabajar con materiales secos.
- Secar la parte exterior del picnómetro antes de llevar a la balanza electrónica.

Bibliografía

- **CASTELLAN, GILBERT W, Fisicoquímica, Addison – Wesley Iberoamericana, Segunda Edición, 1987.**
- **ATKINS, P. W., Fisicoquímica, Addison – Wesley Iberoamericana, Tercera Edición, 1992.**
- **MARON Y PRUTTON, Fundamentos de Fisicoquímica, Limusa, Décima – quinta reimpresión, 1984.**
- **PONZ MUZZO, GASTON, Tratado de Química Física, A.F.A, Segunda Época. Primera Edición, 2000.**