



## CALIBRACIÓN DE MATERIAL VOLUMÉTRICO

**Juan Ramírez Balderas**

*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología  
Instituto Politécnico Nacional  
jramirezb@ipn.mx*

**Teresa Jaens Contreras**

*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología  
Instituto Politécnico Nacional  
terejaens@hotmail.com*

**Sandra Vázquez Romero**

*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología  
Instituto Politécnico Nacional  
sandycic@hotmail.com*

### Resumen

*En este trabajo de investigación se desarrollaron los procedimientos adecuados para la calibración del material volumétrico que se usa de manera cotidiana en un laboratorio de química analítica. De acuerdo con los resultados del tratamiento de los datos, el material calibrado, a saber: una pipeta volumétrica, un matraz volumétrico y una bureta, están clasificados como Clase A de acuerdo con la tolerancia (precisión) reportada en la literatura para estos materiales. Los alumnos contarán con los procedimientos adecuados para la calibración del material volumétrico que podrán consultar en la red y específicamente en la página de la revista electrónica de Humanidades, Tecnología y Ciencia del IPN para generar y apropiarse de los contenidos procedimentales de esta área del conocimiento.*

*Palabras clave: calibración, material volumétrico*



En la enseñanza de contenidos procedimentales el profesor debe promover que los alumnos adquieran el “saber hacer”, que consiste en desarrollar adecuadamente la realización de procedimientos, métodos, estrategias, técnicas, habilidades, entre otros. El aprendizaje procedimental está basado principalmente, en la ejecución de acciones y operaciones. (Díaz Barriga & Hernández Rojas, 2010). A los alumnos de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) que están matriculados en la Unidad de Aprendizaje de Métodos Cuantitativos, donde se abordan los contenidos de la Química Analítica se les pide que realicen un procedimiento, previo a la realización experimental de alguna práctica, que consiste en aplicar términos, conceptos y modelos para realizar una serie de cálculos numéricos relacionados con los contenidos procedimentales que se tratarán en el laboratorio. Para realizar sus cálculos, los alumnos recurren, principalmente a información que se encuentra en el internet, sin embargo, algunos de los procedimientos que consultan no tienen el rigor metodológico que se requiere para el estudio de la Química Analítica, y en este caso específico del tema de Calibración de Material Volumétrico ya que no usan las cifras significativas adecuadas y no realizan las aproximaciones correspondientes. Debido a esto, en este trabajo, presentamos detalladamente los procedimientos adecuados para el tratamiento de los datos de los ejercicios previos de la práctica de laboratorio denominada Calibración de Material Volumétrico. En esta práctica, se solicita a los alumnos, que realicen un procedimiento que consiste en una serie de cálculos para obtener el

volumen que realmente se está midiendo con el material volumétrico (buretas, pipetas volumétricas y matraces volumétricos) que usará al trabajar en el laboratorio; es decir, el procedimiento que está realizando es la calibración del material volumétrico del laboratorio.

## Los ejercicios previos

Los ejercicios previos numéricos de la práctica denominada: Calibración de Material Volumétrico, que los alumnos tienen que resolver antes de presentarse a la sesión experimental de la Unidad de Aprendizaje son similares a los siguientes ejemplos:

A) Calibración de una pipeta volumétrica. La masa de un recipiente limpio y seco que se usó para pesar fue de 5.4703 g; se colocó en él, la descarga de una pipeta volumétrica de 5.00 mL y la masa resultante fue de 10.4371 g. a) La temperatura a la que se realizó el experimento era de 25 °C determinar el volumen real vertido por la pipeta. b) ¿Cuál es el volumen real vertido si la temperatura a la que se realizó el experimento fuera de 22 °C?

B) Calibración de un matraz volumétrico. Un matraz volumétrico vacío y seco de 5.00 mL que pesa 5.1815 g se llenó con agua hasta la marca del aforo y su peso resultó de 10.1845 g a 23 °C ¿Cuál es el volumen real vertido del matraz?

C) Calibración de una bureta. Para la calibración de una bureta de 10.00 mL se usó un recipiente limpio y seco cuyo peso fue de 5.4791 g; en él, se hicieron cinco descargas de aproximadamente dos mL de agua con la bureta y los resultados se muestran en la Figura 1. El experimento se llevó a cabo a una temperatura



de 20 °C. Completar las columnas de la Figura 1 y trazar la gráfica: factor de corrección en función del volumen real vertido.

Lecturas de la bureta [mL]						
Volumen Inicial	Volumen Final	Volumen aparente vertido (acumulado) [mL]	Peso del matraz con agua (acumulado) [g]	Peso de agua vertida (acumulada) [g]	Volumen real vertido a 20 °C (acumulado) [mL]	Factor de corrección (volumen real/volumen aparente) [mL]
0.01	1.98		7.4305			
1.98	4.02		9.4712			
4.02	6.00		11.4525			
6.00	8.03		13.4833			
8.03	10.00		15.4247			

Figura 1. Datos experimentales para la calibración de una bureta de 10.00 mL.

### Resolución de los ejercicios

A)

a) Cálculo de la masa de agua desalojada por la pipeta.

$$W_{H_2O} = (10.4471g - 5.4703g) = 4.9768g H_2O$$

De la Figura 2, a 25 °C se obtiene el valor de  $1.0040 \frac{mL}{g}$  con el que se calcula el volumen real vertido de la siguiente manera:

Temperatura en °C	Densidad del agua en [g/cm³]	Volumen de 1 g de agua en [cm³]	
		*A la temperatura indicada	*Corregido a 20 °C
17	0.998 777 9	1.0023	1.0023
18	0.998 598 6	1.0025	1.0025
19	0.998 408 2	1.0027	1.0027
20	0.998 207 1	1.0029	1.0029
21	0.997 995 5	1.0031	1.0031
22	0.997 773 5	1.0033	1.0033
23	0.997 541 5	1.0035	1.0035
24	0.997 299 5	1.0038	1.0038
25	0.997 047 9	1.0040	1.0040

\*Corregido para considerar el empuje aerostático.  
\*Corregido para considerar la dilatación del vidrio de borosilicato.

Figura 2. Densidad del agua y volumen de un gramo de agua corregido por empuje aerostático y por dilatación del vidrio (Harris, 2013).

$$V_{RV} = (4.9768g) \left( 1.0040 \frac{mL}{g} \right) = 4.996707mL$$

Con las aproximaciones correspondientes y tomando en cuenta la precisión que se puede obtener con el material volumétrico, la cifra anterior se escribe finalmente como:

$$V_{RV} = 5.00 mL$$

b) De la Figura 2, a 22 °C se obtiene el valor de  $1.0033 \frac{mL}{g}$  con el que se calcula el volumen real vertido de la siguiente manera:

$$V_{RV} = (4.9768g) \left( 1.0033 \frac{mL}{g} \right) = 4.993223mL$$

Con las aproximaciones correspondientes y tomando en cuenta la precisión que se puede obtener con el material volumétrico la cifra anterior se escribe finalmente como:

$$V_{RV} = 4.99 mL$$

B)

Cálculo de la masa de agua contenida en el matraz.

$$W_{H_2O} = (10.1845g - 5.1815g) = 5.0030g H_2O$$

De la Figura 2, a 23 °C se obtiene el valor de  $1.0035 \frac{mL}{g}$  con el que se calcula el volumen real vertido de la siguiente manera:

$$V_{RV} = (5.0030g) \left( 1.003 \frac{mL}{g} \right) = 5.020511mL$$

Con las aproximaciones correspondientes y tomando en cuenta la precisión que se puede obtener con el material volumétrico la cifra anterior se escribe finalmente como:

$$V_{RV} = 5.02 mL$$

C)



Cálculo del volumen aparente vertido acumulado.

$$V_{AV} = (1.98\text{mL} - 0.01\text{mL}) = 1.97\text{mL}$$

$$V_{AV} = (4.02\text{mL} - 1.98\text{mL}) + 1.97\text{mL} = 4.01\text{mL}$$

$$V_{AV} = (6.00\text{mL} - 4.02\text{mL}) + 4.01\text{mL} = 5.99\text{mL}$$

$$V_{AV} = (8.03\text{mL} - 6.00\text{mL}) + 5.99\text{mL} = 8.02\text{mL}$$

$$V_{AV} = (10.00 - 8.03\text{mL}) + 8.02\text{mL} = 9.99\text{mL}$$

Cálculo de la masa de agua vertida acumulada.

$$W_{H_2O} = (7.4305\text{g} - 5.4791\text{g}) = 1.9514\text{g}$$

$$W_{H_2O} = (9.4712\text{g} - 5.4791\text{g}) = 3.9921\text{g}$$

$$W_{H_2O} = (11.4525\text{g} - 5.4791\text{g}) = 5.9734\text{g}$$

$$W_{H_2O} = (13.4833\text{g} - 5.4791\text{g}) = 8.0042\text{g}$$

$$W_{H_2O} = (15.4247\text{g} - 5.4791\text{g}) = 9.9456\text{g}$$

Cálculo del volumen real vertido acumulado.  
De la Figura 2, a 20 °C se obtiene el valor de  $1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}$  con el que se calcula el volumen real vertido de la siguiente manera:

$$V_{RV} = (1.9514\text{g}) \left(1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = 1.95706\text{mL}$$

$$V_{RV} = 1.96\text{mL}$$

$$V_{RV} = (3.9921\text{g}) \left(1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = 4.00368\text{mL}$$

$$V_{RV} = 4.00\text{mL}$$

$$V_{RV} = (5.9734\text{g}) \left(1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = 5.99072\text{mL}$$

$$V_{RV} = 5.99\text{mL}$$

$$V_{RV} = (8.0042\text{g}) \left(1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = 8.02741\text{mL}$$

$$V_{RV} = 8.03\text{mL}$$

$$V_{RV} = (9.9456\text{g}) \left(1.0029 \frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = 9.97444\text{mL}$$

$$V_{RV} = 9.97\text{mL}$$

Cálculo de factor de corrección.

$$FC = V_{RV} - V_{AV}$$

$$FC = (1.96\text{mL} - 1.97\text{mL}) = -0.01\text{mL}$$

$$FC = (4.00\text{mL} - 4.01\text{mL}) = -0.01\text{mL}$$

$$FC = (5.99\text{mL} - 5.99\text{mL}) = 0.00\text{mL}$$

$$FC = (8.03\text{mL} - 8.02\text{mL}) = 0.01\text{mL}$$

$$FC = (9.97\text{mL} - 9.99\text{mL}) = -0.02\text{mL}$$

En Figura 3, se resumen los resultados del tratamiento de los datos para la calibración de la bureta de 10.00 mL.

Lecturas de la bureta [mL]						
Volumen Inicial	Volumen Final	Volumen aparente vertido (acumulado) [mL]	Peso del matraz con agua (acumulado) [g]	Peso de agua vertida (acumulada) [g]	Volumen real vertido a 20 °C (acumulado) [mL]	Factor de corrección (volumen real - volumen aparente) [mL]
0.01	1.98	1.97	7.4305	1.9514	1.96	-0.01
1.98	4.02	4.01	9.4712	3.9921	4.00	-0.01
4.02	6.00	5.99	11.4525	5.9734	5.99	0.00
6.00	8.03	8.02	13.4833	8.0042	8.03	0.01
8.03	10.00	9.99	15.4247	9.9456	9.97	-0.02

Figura 3. Resultados del tratamiento de los datos experimentales de la calibración de una bureta de 10.00 mL.

En la Figura 4 se muestra la gráfica de factor de corrección en función del volumen real vertido.

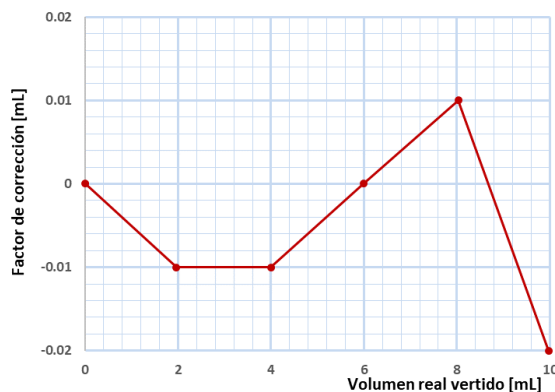


Figura 4. Factor de corrección en función del volumen real vertido de la calibración de una bureta de 10.00 mL.

### Análisis de resultados.

La tolerancia de las pipetas volumétricas Clase A de 5.00 mL es de  $\pm 0.01$  mL (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2005); el volumen real que se midió al calibrar la pipeta volumétrica fue de 5.00 mL, por lo que este valor está dentro de la tolerancia permitida y se puede afirmar que es una pipeta volumétrica Clase A de 5.00 mL.

La tolerancia de los matraces volumétricos Clase A de 5.00 mL es de  $\pm 0.02$  mL (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2005); el volumen real que se midió al calibrar el matraz volumétrico fue de 5.02 mL, por lo que este valor está dentro de la tolerancia permitida y se puede afirmar que es un matraz volumétrico Clase A de 5.00 mL.

La tolerancia de las buretas Clase A de 10.00 mL es de  $\pm 0.02$  mL (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2005); el volumen real que se midió al realizar la calibración de la bureta y que se puede observar en la Figura 5, estuvo dentro de los límites permitidos, por lo que se puede afirmar que es una bureta Clase A de 10.00 mL.

Material volumétrico	Capacidad [mL]	Tolerancia de la Clase A [mL]	Volumen Aparente [mL]	Volumen Real [mL]
Pipeta	5.00	$\pm 0.01$	5.00	5.00
Matraz	5.00	$\pm 0.02$	5.00	5.02
Bureta	10.00	$\pm 0.02$	1.97	1.96
			4.01	4.00
			5.99	5.99
			8.02	8.03
			9.99	9.97

Figura 5. Resultados de la calibración del material volumétrico.

### Conclusiones

Se presenta el desarrollo adecuado para la calibración de:

- una pipeta volumétrica de 5.00 mL
- un matraz volumétrico de 5.00 mL y
- una bureta de 10.00 mL

De acuerdo con los resultados del análisis de datos, la pipeta volumétrica es de Clase A porque el volumen real que se obtuvo fue de 5.00 mL, el matraz volumétrico es de Clase A porque el volumen real fue de 5.02 mL y la bureta es de Clase A porque como se puede observar en la Figura 5, el volumen real en cada descarga no rebasa la tolerancia de  $\pm 0.02$  mL.

Los alumnos contarán con procedimientos adecuados que podrán consultar en la red y específicamente en la página de la revista electrónica del IPN para la calibración de material volumétrico.

### Referencias

Díaz Barriga, A. F., & Hernández Rojas, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación*





*constructivista*. Ciudad de México:  
McGraw-Hill.

Harris, D. (2013). *Análisis Químico Cuantitativo*.  
Barcelona, España: Editorial Reverté, S. A.

Skoog, D., West, D., Holler, F., & Crouch, S. (2005).  
*Fundamentos de química analítica*.  
México, D. F.: Thomson.