

Informe 8: Ley de *Boyle-Mariotte*

Carlos Eduardo Caballero Burgoa

200201226@est.umss.edu

10 de julio de 2021

Grupo: J2

Docente: Ing. Milka Mónica Torrico Troche

Carrera: Ing. Electromecánica

Resumen

Este documento detalla el experimento realizado en simulador para hallar la relación funcional entre la presión (P) y el ancho de un recipiente contenedor (x) de un gas a temperatura (T), cantidad de materia (n), y área transversal del contenedor (A) constantes, además del calculo de tal área; para esto se realizó la medición de la presión en el contenedor a diferentes variaciones del ancho del recipiente; posteriormente se calculó la relación funcional con el método de mínimos cuadrados, finalmente se determinó el valor del área transversal del contenedor, resultando ser: $(356.74 \pm 2.27 \times 10^{-10})[nm^2]$; $6.36 \times 10^{-11} \%$.

1. Introducción

En el siglo XVII, *Robert Boyle* estudió en forma sistemática y cuantitativa el comportamiento de los gases. En una serie de experimentos, *Boyle* analizó la relación que existe entre la presión y el volumen de una muestra de un gas.

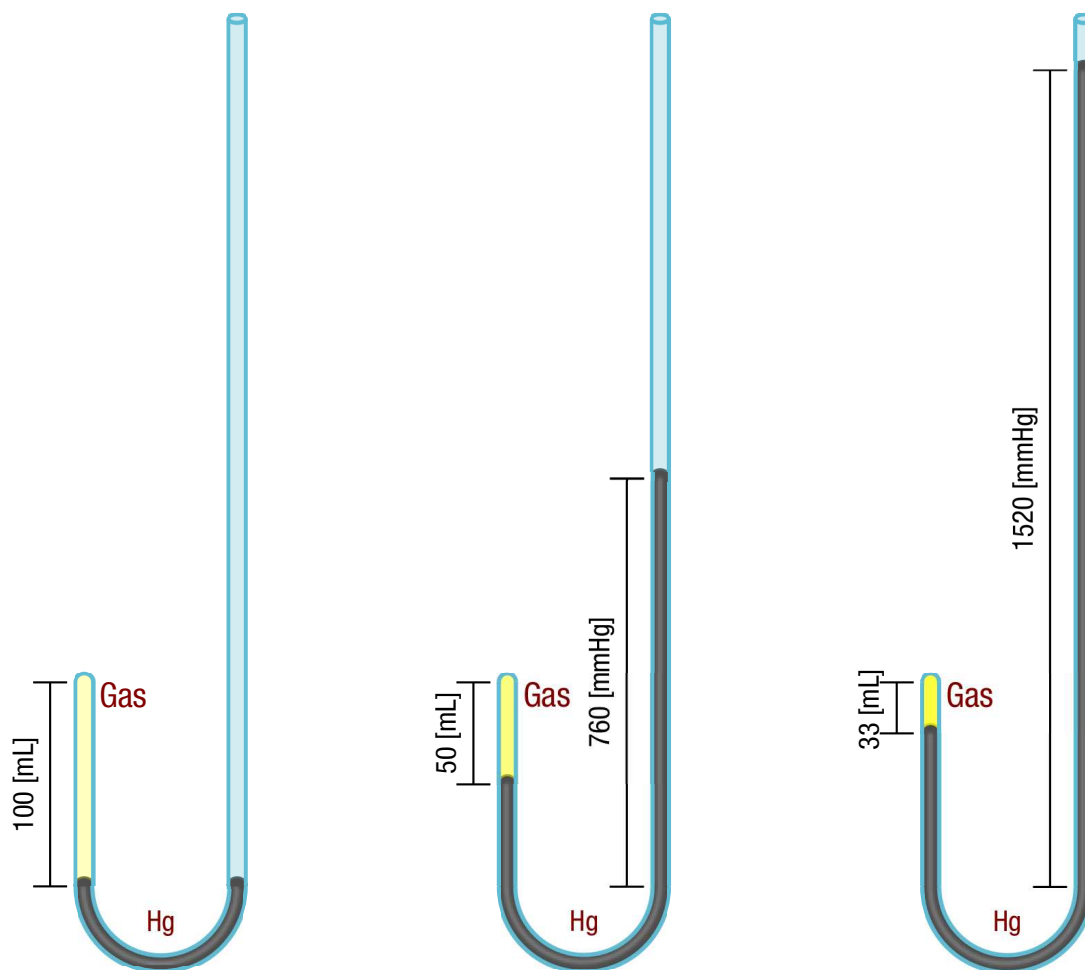
El aparato que *Boyle* utilizó en el experimento era muy sencillo (véase **Figura 1**). En la **Figura 1a** la presión ejercida sobre el gas es igual a la presión atmosférica y el volumen del gas es de $100[mL]$. (La parte superior del tubo se encuentra abierta y por tanto está expuesta a la presión atmosférica.) En la **Figura 1b** se ha añadido mas mercurio a fin de duplicar la presión sobre el gas, con lo que el volumen del gas disminuye a $50[mL]$. Al triplicar la presión sobre el gas su volumen disminuye a un tercio de su valor original (**Figura 1c**).

Es posible escribir una expresión matemática que muestre la relación hacia la izquierda entre la presión y el volumen:

$$P \propto \frac{1}{V} \quad (1)$$

Para cambiar esta proporcionalidad a una igualdad, se agrega un valor constante k_1 llamado *constante de proporcionalidad*:

$$P = k_1 \frac{1}{V} \quad (2)$$



(a) Los niveles de mercurio son iguales y la presión del gas es igual a la presión atmosférica (760[mmHG]). El volumen del gas es de 100[mL].

(b) Al duplicar la presión mediante la adición de mas mercurio, el volumen del gas se reduce a 50[mL].

(c) Al triplicar la presión, el volumen del gas disminuye a un tercio del valor original. La temperatura y cantidad del gas se mantienen constantes.

Figura 1: Instrumento para el estudio de la relación entre la presión y el volumen de un gas.

Nota: Química. (p. 180),
Chang, Raymond. 2010, McGraw-Hill.

La **Ecuación 2** es una expresión matemática de la ley de *Boyle*, también se puede expresar como:

$$PV = k_1 \quad (3)$$

Esta forma de la ley de *Boyle* establece que el producto de la presión y el volumen de un gas a temperatura (T) y cantidad del gas (n) constantes, es una constante [1].

Aunque los valores individuales de presión y volumen pueden variar mucho para una muestra dada de un gas, siempre que la temperatura permanezca constante y la cantidad de gas no cambie, P multiplicada por V siempre será igual a la misma constante. Por consiguiente, para una muestra de un gas bajo dos conjuntos de condiciones distintas a temperatura constante se tiene:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (4)$$

Conjuntamente a la ley de *Boyle-Mariotte*, existen otras leyes que describen el comportamiento de los gases, estas son:

La ley de *Charles*:

$$V \propto T \quad (5)$$

Donde la presión (P) y la cantidad de materia (n) son constantes.

Y la ley de *Avogadro*:

$$V \propto n \quad (6)$$

Donde la presión (P) y la temperatura (T) son constantes.

Combinando las **Ecuaciones (2), (5) y (6)**, se obtiene una ecuación maestra para el comportamiento de los gases:

$$\begin{aligned} V &\propto \frac{nT}{P} \\ V &= R \frac{nT}{P} \\ PV &= nRT \end{aligned} \quad (7)$$

Donde R , la *constante de proporcionalidad*, se denomina **constante de los gases**. La **Ecuación 7**, conocida como **ecuación del gas ideal**, explica la relación entre las cuatro variables P , V , T y n .

El valor de R es:

$$R = 8.205\,746 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{m}^3 - \text{atm}}{\text{K} - \text{mol}} \right]$$

2. Método experimental

Para la realización del experimento, se emplea el simulador *PhET* «Propiedades de los Gases», ubicado en la dirección web: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_es.html, tal como se presenta en la **Figura 2**.

A partir de la **Ecuación 7**, se obtiene:

$$P = nR \frac{T}{V}$$

Y asumiendo que el contenedor es rectangular, este será igual al área transversal (A) por el ancho (x):

$$P = nR \frac{T}{Ax} = \left(nR \frac{T}{A} \right) \frac{1}{x} \quad (8)$$

Para el simulador, se registrarán diferentes valores del ancho del recipiente (x) y la variación de su presión (P)

Una vez medidos los datos, se procederá a graficar la relación ancho vs. presión del recipiente, y con la ayuda del método de los mínimos cuadrados, se halla la relación funcional entre las variables.

Finalizando con el calculo del valor del área transversal (A) del contenedor, a partir de la **Ecuación 8**:

$$\begin{aligned} k &= nR \frac{T}{A} \\ A &= nR \frac{T}{k} \end{aligned} \quad (9)$$

Donde, la n , T y R son valores conocidos.

Datos necesarios para el experimento:

Temperatura:

$$T = 300[K]$$

Átomos dentro el contenedor:

$$N = 300[\text{átomos}]$$

Numero de moles de gas, a partir del numero de *Avogadro* (N_A):

$$\begin{aligned} N_A &= 6.022\,141\,5 \times 10^{23} \\ n &= \frac{N}{N_A} = 4.981\,62 \times 10^{-22}[\text{moles}] \end{aligned}$$

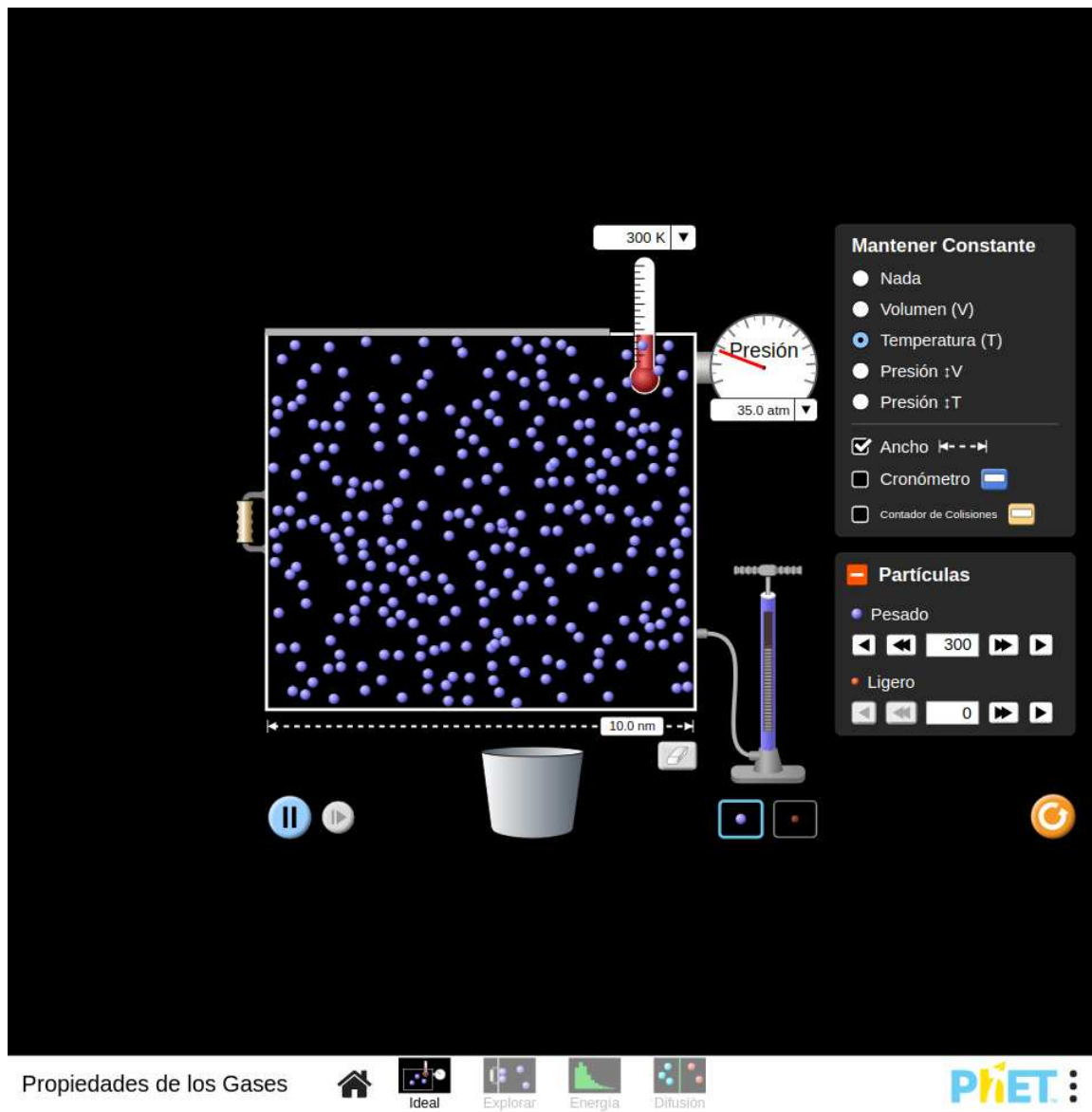


Figura 2: Simulador de propiedades de los gases.
Nota: Fotografía propia.

Datos tomados en el experimento:

En el **Cuadro 1**, se pueden ver los valores tomados del experimento, tanto el ancho del recipiente, como la serie de mediciones de presión, y su promedio.

i	$x_i[mm]$	$P_{i1}[atm]$	$P_{i2}[atm]$	$P_{i3}[atm]$	$\bar{P}_i[atm]$
1	15.0	23.6	23.0	23.8	23.4667
2	14.0	24.7	25.0	25.2	24.9667
2	13.0	26.6	27.3	26.9	26.9333
2	12.0	29.1	28.9	29.5	29.1667
3	11.0	32.0	31.8	31.6	31.8000
3	10.0	34.7	35.0	34.8	34.8333
4	9.0	38.8	39.0	39.2	39.0000
5	8.0	44.4	43.7	44.0	44.0333
6	7.0	50.0	50.5	50.4	50.3000
7	6.0	58.5	58.3	58.7	58.5000
8	5.0	69.8	69.9	70.0	69.9000

Cuadro 1: Mediciones de presión en función del ancho del recipiente.

Nota: Elaboración propia.

3. Resultados

A partir de los datos del **Cuadro 1** se genera la gráfica de la **Figura 3**.

Posteriormente se linealizó la curva por medio de un cambio de variable, y se calculó la recta de mejor ajuste por el método de los mínimos cuadrados, resultando los siguientes valores:

$$A = (-12.58 \pm 0.05)[u]; 0.43 \%$$

$$B = (-1.001 \pm 0.003)[u]; 0.33 \%$$

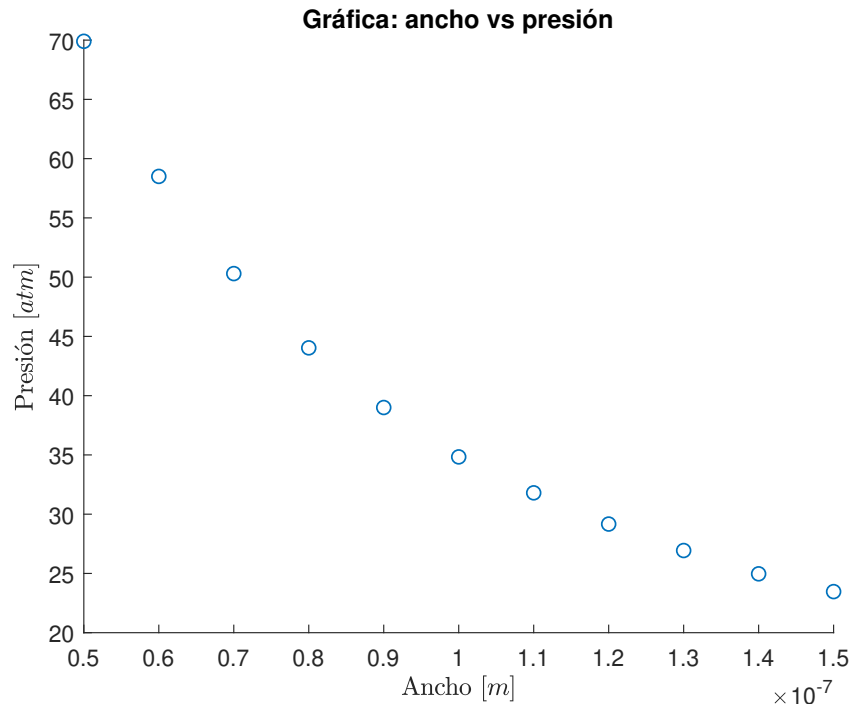
Siendo su coeficiente de correlación (r):

$$r = -1.0000$$

Resultando el modelo de ajuste:

$$P = 3.4376 \times 10^{-6} x^{-1.00}$$

Por tanto la relación funcional entre P y x , es:

**Figura 3:** Gráfica de ancho vs presión.**Nota:** Elaboración propia.

$$P \propto \frac{1}{x}$$

Verificándose el comportamiento establecido por la **Ecuación 1**.

Para el calculo de la área transversal del recipiente contenedor (A) se utiliza la **Ecuación 9**, resultando:

$$A = (356.74 \pm 2.27 \times 10^{-10})[nm^2]; 6.36 \times 10^{-11} \%$$

4. Discusión

El simulador utilizado no provee información sobre la forma o dimensiones del recipiente, permitiendo únicamente modificar el valor de una dimensión.

El resultado obtenido para el área transversal del recipiente resulto $356.74[nm]$, si se presupone una forma cuadrada, cada lado tendría un valor de $18.89[nm]$, que como puede verse en la **Figura 2** es bastante razonable.

Otra particularidad sobre el simulador, es la cantidad de partículas que utiliza, la cual no especifica claramente si hace referencia a átomos o moléculas.

Se presupuso también que hace referencia a átomos, aunque sería mas lógico pensar que son moléculas, pero sin saber el tipo de gas utilizado, no puede hallarse la molaridad requerida en las ecuaciones utilizadas.

5. Conclusiones

Se halló la relación funcional entre el volumen (con área constante y ancho variable) y la presión, confirmandose la **Ecuación 3**.

También se calculó el valor del área transversal del recipiente con la ayuda de la ecuación de los gases ideales (**Ecuación 7**).

Referencias

- [1] Chang, Raymond. (2010).
Química.
10ma Edición.
Capítulo 5.
- [2] Departamento de Física - UMSS.
Laboratorio de Física Básica II.
Guía - Cartilla de laboratorio.
Gestión I/2020.