

Un Sistema para Resolver Problemas Relacionados con los Gases Ideales

Guillermo Becerra

Área de Física, Dpto. de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230

RESUMEN

En los cursos de termodinámica de bachillerato se estudia la ley de Boyle, de Gay-Lussac y de Charles, al igual que la Ecuación de Estado para describir las características principales de los gases ideales. En el presente trabajo se muestra el uso de un sistema que resuelve problemas relacionados con estos temas. Los problemas consisten en proporcionar ciertos datos para obtener los valores de las incógnitas por medio de las ecuaciones correspondientes. El número de datos y de incógnitas, depende del tema que se trate. Para cada tema, el sistema desplegará un conjunto de variables las cuales el usuario podrá escoger las que vayan a utilizarse como datos y las que vayan a considerarse como incógnitas. Después de introducir los valores de los datos del problema correspondiente, el sistema calculará los valores de las incógnitas. El objetivo que se busca con este proyecto es que el usuario pueda comparar los resultados obtenidos al resolver un problema con los resultados calculados por el sistema.

Palabras Clave: Gas Ideal, Boyle, Gay-Lussac, Charles, Ecuación de Estado y de los Gases Ideales.

1. INTRODUCCIÓN

Ley de Gay-Lussac

¿Te has dado cuenta que un globo aerostático se infla con solo calentar el aire contenido en él? ¿O qué una pelota de ping pong abollada, se puede reparar poniéndola en agua hirviendo? Estos fenómenos, nos indican que el aire caliente tiende a expandirse y a contraerse cuando se enfría. Esto se conoce como dilatación. La dilatación, es el cambio de volumen de una sustancia al cambiar su temperatura. La dilatación es la causa de la circulación del aire caliente en los sistemas de calefacción. De la circulación del aire frío en los refrigeradores. Del desplazamiento del humo en las chimeneas. De los vientos. Esto se debe a que asciende el aire caliente al expandirse, y desciende el aire frío al contraerse [5].

Estos hechos nos hacen pensar que al variar la temperatura de un gas y medir su respectivo volumen, encontramos que [1]:

“El volumen de un gas varía proporcionalmente con la temperatura para un proceso en el cual la presión en el gas permanece constante”.

Es decir, la gráfica resultante del volumen de un gas en función de su temperatura para un proceso isobárico (presión constante), es una línea recta.

Un hecho aún más interesante se presenta cuando realizamos este experimento bajo las mismas condiciones iniciales de presión, volumen y temperatura pero ahora con un gas diferente. Lo importante es que al graficar el volumen del nuevo gas con su respectiva temperatura observamos que la recta resultante es idéntica a la del gas anterior. Del análisis hecho se puede concluir que:

“Todos los gases se dilatan de igual manera, independientemente de su naturaleza”

La afirmación anterior se puede enunciar de forma equivalente diciendo que todos los gases poseen el mismo coeficiente de dilatación volumétrica.

Además si los experimentos anteriores se hubiesen realizado con un volumen diferente al que ocupaban los gases para la misma presión a una temperatura de cero grados centígrados, tendríamos de nuevo una recta, aunque con diferente inclinación. Esto da pauta para pensar que la inclinación de la recta depende del volumen que tenga un gas para una presión y temperatura determinada. La figura muestra las rectas de los volúmenes de dos gases en función de sus temperaturas. Observe que la recta que representa un mayor volumen del gas a cero grados centígrados, tiene mayor inclinación. Observe también que las rectas mostradas en la figura 1 se cruzan en un punto que se halla sobre el eje horizontal, aproximadamente a la temperatura de $t = -273.16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura corresponde

con la temperatura del cero absoluto [7]. Para esta temperatura se dice que teóricamente el volumen del gas sería nulo. Este fenómeno es imposible que se lleve a cabo ya que el gas a temperaturas muy bajas se convertiría en líquido. Sin embargo, no debemos dejar de mencionar que para todos los gases, al variar su volumen con la temperatura en un proceso isobárico, la gráfica resultante será una línea recta que cruce el eje horizontal justo en la temperatura antes señalada. Para deducir completamente la ecuación de una recta, como las que se han mencionado, es necesario y suficiente conocer un par de puntos de esa recta [10]. Por ejemplo, en la recta con menor inclinación que se muestra en la figura, se ubican dos puntos cuyas coordenadas son fácilmente identificables.

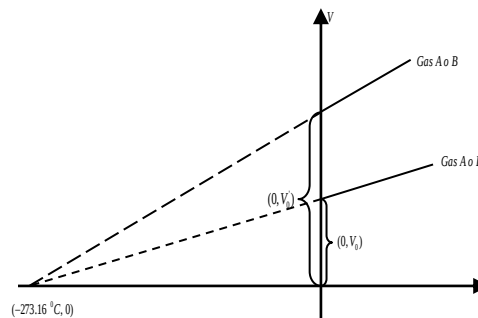


Figura 1. Volumen de un gas en función de su temperatura en un proceso isobárico.

El primero de ellos es el formado por el cruce de la recta y el eje vertical y el segundo, es el formado por el cruce con el eje horizontal. El primer punto tiene como coordenadas $(0, V_0)$ que físicamente representa el volumen del gas a cero grados centígrados. El segundo punto tiene como coordenadas $(-273.16\text{ }^{\circ}\text{C}, 0)$ expresándonos que el volumen del gas a esa temperatura es igual a cero.

De esta manera, al conocer las coordenadas de los puntos antes señalados podemos deducir la ecuación que relaciona el volumen del gas con su temperatura. Al tomar un punto arbitrario sobre la recta observamos que las proporciones entre

las diferencias de volumen y las diferencias de temperatura son iguales, es decir:

$$\frac{V - 0}{t - (-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C})} = \frac{V_0 - 0}{0 - (-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C})} \quad (1)$$

Simplificando, se tiene:

$$V = V_0 + V_0 \gamma t = V_0 \gamma (t + 273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

Donde:

$$\gamma = 1/273.16 \text{ }^{\circ}\text{C} = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (3)$$

Es decir:

$$V = V_0 + \gamma V_0 t \quad (4)$$

Note que el coeficiente que multiplica a la temperatura corresponde al producto del volumen V_0 por el coeficiente de dilatación volumétrico γ , que a su vez este producto representa la pendiente o inclinación de la recta. De esta forma se puede afirmar que la pendiente de la recta depende directamente de estos dos parámetros. Para mayor V_0 se tendrá mayor pendiente de la recta. También concluimos que se puede obtener el valor del cero absoluto y que el valor del cero absoluto no depende del tipo de gas que se use. Es decir, es independiente de la naturaleza del gas.

Note también que V_0 es el término independiente y a su vez representa la longitud que existe entre el origen y el cruce de la recta con el eje vertical.

Como a la temperatura de $-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ el volumen del gas es igual a cero, se ha conformado una nueva escala de temperatura dada por la siguiente ecuación:

$$T = t + 273.16 \quad (5)$$

Así, la nueva escala de temperatura es igual a la suma de la temperatura centígrada más 273.16 . Esta escala comúnmente se conoce como escala absoluta o escala Kelvin [9].

Al sustituir la ecuación 5 en la ecuación 2, llegamos al siguiente resultado:

$$V = V_0 \gamma T \quad (6)$$

Es decir:

$$\frac{V}{T} = V_0 \gamma = \text{Const.} \quad (7)$$

Para dos volúmenes y temperaturas absolutas diferentes, se tiene:

$$\frac{V_1}{T_1} = V_0 \gamma = \text{Const.} \quad (8)$$

Y

$$\frac{V_2}{T_2} = V_0 \gamma = \text{Const.} \quad (9)$$

Si dos términos son iguales a un tercero, entonces son iguales entre sí. Es decir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (10)$$

Esta expresión corresponde a la ecuación para la Ley de Gay-Lussac y nos dice que [1]:

“Para dos estados diferentes de un gas dado, el cociente del volumen de un gas entre su respectiva temperatura absoluta permanece constante para un proceso isobárico”

Como consecuencia de esta ley, podemos afirmar lo siguiente:

“Al duplicarse la temperatura absoluta de un gas, también se duplicará su volumen y al disminuir su temperatura absoluta a la mitad, también disminuirá su volumen a la mitad, para un proceso isobárico”

Es por ello que un globo aerostático se infla con solo calentar el aire contenido en él o que una pelota de pingpong abollada se repara colocándola en agua hirviendo o que el aire caliente tiende a subir y el aire frío tiende a bajar, provocando los vientos y la circulación del aire dentro de los refrigeradores y de los sistemas de calefacción.

Ley de Charles

¿A qué se debe que a un neumático se le deba extraer aire cuando su temperatura ha aumentado por estar rodando en un piso caliente? ¿Por qué a los tanques que tienen poco gas se les vacía agua caliente para que aumente la intensidad de la llama producida por el gas? ¿Por qué un balón rebota más en un día soleado que en un día frío? Todo esto está relacionado con el incremento de presión que ejercen los gases al cambiar su temperatura, cuando su volumen permanece constante (proceso isocórico). Esto indica que la presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene es proporcional a su temperatura [5].

Para saber cómo se relaciona la presión que ejerce un gas con su respectiva temperatura en un proceso de esta naturaleza, pongamos una cierta masa de gas en un recipiente hermético cuyo volumen permanezca constante. Al variar la temperatura del gas y midiendo la presión que ejerce para diferentes temperaturas, observamos que [1]:

“La presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, es directamente proporcional a su temperatura, para un proceso en el cual el volumen del gas permanece constante”

Esto nos indica que a mayor temperatura, mayor es la presión que ejerce el gas y a menor temperatura, menor presión.

Al graficar los datos de la presión ejercida por el gas para cada valor de la temperatura, observamos que la gráfica resultante es una línea recta como la mostrada en la figura 2.

Se llega a una conclusión aun más interesante al hacer esta experiencia con la misma masa de un gas diferente. Lo importante es que al graficar, vemos que resulta una recta idéntica a la anterior. De todo este se puede concluir que:

“Todos los gases ejercen la misma presión independientemente de su naturaleza”

La afirmación anterior se puede enunciar de forma equivalente diciendo que todos los gases poseen el mismo coeficiente de compresibilidad.

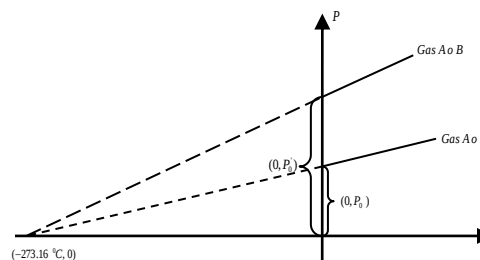


Figura 2. Presión en un gas en función de su temperatura centígrada para un proceso isocórico.

Si los experimentos anteriores se hubiesen hecho bajo las mismas condiciones pero con una masa diferente de gas, obtendríamos de nuevo una recta aunque con diferente inclinación. Esto da pauta para pensar que la inclinación de la recta depende de la presión que tenga un gas para un volumen y temperatura determinada. La figura 2 muestra las rectas de las presiones de dos gases en función de sus temperaturas. Observe que la recta que representa una mayor presión del gas a cero grados centígrados tiene mayor inclinación. Si observó

detenidamente la figura 2 se habrá dado cuenta que las rectas se cruzan en un punto que se encuentra sobre el eje horizontal aproximadamente a $t = -273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura corresponde a la temperatura del cero absoluto [2]. Para esa temperatura se dice que teóricamente la presión en un gas sería igual a cero.

Para deducir la ecuación de la recta que relaciona la presión con la temperatura, solo es necesario conocer un par de puntos [10]. Por ejemplo, en la recta con menor inclinación se ubican dos puntos cuyas coordenadas son fácilmente identificables. El primero es el formado por el cruce de la recta y el eje vertical, y el segundo es el cruce de la misma con el eje horizontal. Las coordenadas del primer punto son $(0, P_0)$ y las del segundo, son $(-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}, 0)$, que físicamente representan la presión que ejerce el gas a cero grados centígrados y la temperatura a la cual la presión es nula, respectivamente. Al tomar un punto arbitrario sobre la recta observamos que las proporciones entre las diferencias de presión y las diferencias de temperatura son iguales, es decir:

$$\frac{P - 0}{t - (-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C})} = \frac{P_0 - 0}{0 - (-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C})} \quad (11)$$

Simplificando, se tiene:

$$P = P_0 + P_0 \gamma t = P_0 \gamma (t + 273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (12)$$

Donde:

$$\gamma = 1/273.16 \text{ }^{\circ}\text{C} = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (13)$$

Note que el coeficiente que multiplica a la temperatura es igual del producto de la presión P_0 que ejerce el gas a cero grados centígrados por γ que representa el coeficiente de compresibilidad de los gases. De esta forma se puede afirmar que la inclinación de la recta depende directamente de estos dos parámetros. Para mayor P_0 se tendrá mayor pendiente de la recta. También concluimos que se puede obtener el valor del cero absoluto y que el valor del cero absoluto no depende del tipo de gas que se trate. Es decir, es independiente de la naturaleza del gas.

Como a la temperatura de $-273.16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ la presión del gas es igual a cero, se ha conformado una nueva escala de temperatura dada por la siguiente ecuación:

$$T = t + 273.16 \quad (14)$$

Así, la nueva escala es igual a la suma de la temperatura centígrada más el término constante. Esta escala comúnmente se conoce con el nombre de escala Kelvin o escala Absoluta.

Sustituyendo la ecuación 11 en la ecuación 9, llegamos al siguiente resultado:

$$P = P_0 \gamma T \quad (15)$$

Es decir:

$$\frac{P}{T} = P_0 \gamma = \text{Const.} \quad (16)$$

Para dos presiones y temperaturas absolutas diferentes, se tiene:

$$\frac{P_1}{T_1} = P_0 \gamma = \text{Const} \quad (17)$$

Y

$$\frac{P_2}{T_2} = P_0 \gamma = \text{Const} \quad (18)$$

Si dos términos son iguales a un tercero, entonces son iguales entre sí. Es decir:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (19)$$

Esta expresión corresponde a la ecuación para la Ley de Charles y nos dice que [7]:

“Para dos estados diferentes de un gas dado, el cociente de la presión que ejerce el gas entre su respectiva temperatura absoluta permanece constante para un proceso isocórico”

Como consecuencia de esta ley, podemos afirmar lo siguiente:

“Al duplicarse la temperatura absoluta de un gas, también se duplicará su presión y al disminuir su temperatura absoluta a la mitad, también disminuirá su presión a la mitad”

Por ello los balones botan más en un día soleado que en un día nublado, porque la presión que ejerce el aire dentro del balón es mayor por tener mayor temperatura. También las llantas están sujetas a mayor presión debido a que se calientan al rodar en un piso caliente. Finalmente, la presión ejercida por el gas en un tanque aumenta al aumentar su temperatura cuando agregamos el agua caliente. Al ejercer mayor presión el gas, tenderá a salir mayor cantidad de masa y con ello aumentar la intensidad de la flama producida por el gas.

Ley de Boyle

¿Te has preguntado por qué los buzos no deben contener la respiración al ascender? ¿O por qué un globo inflado se revienta al comprimirlo? Estos fenómenos, nos indican que el aire disminuye su volumen al aumentar la presión ejercida sobre ellos. Equivalentemente, el volumen del aire aumenta al disminuir la presión en él. Si encerráramos aire o cualquier gas en un cilindro provisto de un pistón móvil, al hacer descender el pistón hasta la mitad de su volumen, se observaría que es necesario duplicar la presión. Si disminuimos el volumen del gas hasta un tercio de su valor original, la presión se debe triplicar. Cuando ocurre un proceso en el cual la temperatura de un sistema se mantiene constante, se dice que tenemos un proceso isotérmico. Robert Boyle fue la primera persona la cual estudió este tipo de procesos. En 1660 observó que si mantenemos constante la masa y la temperatura de un gas, al provocar variaciones en la presión que se ejerce en éste, forzosamente provocaremos variaciones en su volumen [5]. Haciendo mediciones cuidadosas de la presión y el volumen en cada estado del gas, esto es midiendo P_1, P_2, P_3 , etc. y sus volúmenes correspondientes V_1, V_2, V_3 , etc., se verificó que:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \dots = \text{Const.} \quad (20)$$

Es decir:

“Si mantenemos constante la temperatura de una cierta cantidad de masa gaseosa, el volumen del gas será inversamente proporcional a la presión ejercida sobre él”

Los valores de la presión y del volumen pueden trazarse en un gráfico y obtener curvas similares a las de la figura 3.

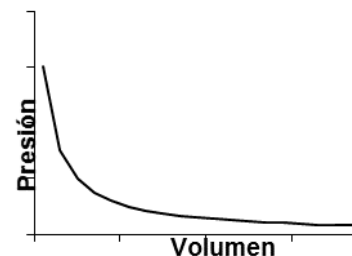


Figura 3. Presión en función del volumen de un gas para un proceso isotérmico.

Ecuación de Estado

Los gases son muy similares a los líquidos debido a que fluyen; por eso se les llaman fluidos. A diferencia de los líquidos, los gases llenan todo el recipiente que los contiene. Un gas ideal o

perfecto es una sustancia imaginaria que se propone para su estudio. Los gases reales a bajas presiones se comportan con mucha aproximación a los gases ideales. Un gas ideal o perfecto es aquel que obedece exactamente la Ley de Boyle a todas las presiones. Una transformación o proceso termodinámico es el mecanismo mediante el cual un sistema cambia de estado, por ejemplo, si el estado está caracterizado por una presión P , un volumen V y una temperatura T , suponiendo que la masa del sistema se mantiene constante, entonces estas magnitudes pueden experimentar variaciones y la variación de una de ellas puede acarrear cambios en las demás, así que en términos generales, una transformación se define como el cambio de estado que sufre un sistema.

La ecuación de estado para un gas ideal establece la relación entre V , P , n y T . Esta relación está dada por [8]:

$$V P = n R T \quad (21)$$

Donde V es el volumen, P la presión y T la temperatura Kelvin del gas. n es el número de moles del gas y R es la constante universal de los gases.

2. LAS COMPUTADORAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Con las computadoras se pueden crear nuevos escenarios promotores de aprendizaje, que se sumen a los tradicionales, seleccionar información, administrar, procesar, simular, modelar, calcular, acercar a las fuentes de información poniendo siempre en marcha procesos activos de construcción de saberes y permitiendo prácticas significativas reales como simuladas [6]. Son herramientas cognitivas que pueden colaborar con el docente, integrándolas a la realización de experiencias de laboratorio, a la resolución de problemas, entre otros.

La importancia del uso de la computadora es que se pueden desarrollar sistemas que resuelvan problemas, en particular relacionados con la Física. La idea es que el alumno pueda ensayar con diferentes situaciones para que comprenda la esencia del concepto físico que se trate, sin que tenga que necesidad de hacer los cálculos. Estos sistemas ayudan a que el alumno aprenda a diferenciar los datos de las incógnitas en un problema particular [4].

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En esta sección describiremos la forma en que se utiliza el sistema. En la figura 4 se muestra la ventana principal del sistema que se elaboró como resultado del proyecto. En esta ventana se muestran tres botones de comando. Uno de ellos corresponde al tema de **Ecuación de Estado**, el otro al de **Ecuación General de los Gases** y finalmente la opción **Salir**.



Figura 4. Ventana principal del sistema.

Al escoger la opción **Ecuación de Estado** aparecerá otra ventana como la mostrada en la figura 5.



Figura 5. Ventana correspondiente a Ecuación de Estado 1.

En esta ventana se muestran seis opciones: Temperatura, Volumen, Presión, Número de Moles, Masa y Masa Molecular. Para resolver un problema sólo es necesario escoger cuatro de las seis opciones. A manera de ejemplo, considere que se colocan 64 gramos de oxígeno (O_2) a la temperatura de $27^\circ C$ en un recipiente cuyo volumen es de 2 litros, ¿Cuál será la presión ejercida por el gas?

Como el gas es oxígeno, entonces la masa molecular es de $M_{O_2} = 32 \text{ grs/mol}$. Si suponemos que el oxígeno se comporta como un gas ideal, entonces se debe cumplir la ecuación de estado. Al introducir los datos al sistema y marcándolos en la caja de opción correspondiente, observamos que la ventana de la figura 6 mostrará los resultados para este caso.



Figura 6. Solución para los datos introducidos al problema.

El sistema muestra que el número de moles de oxígeno es de 2 moles y que la presión a la que está sujeto el gas es de $P = 24.629 \text{ atm}$.

Supongamos ahora que se tienen 1600 litros de oxígeno a una presión de 2 atmósferas , sujetos a una temperatura de $190^\circ C$, ¿Cuántos gramos de oxígeno serán?

Al introducir los datos en el sistema y marcándolos en las cajas de opción correspondientes, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 7.

Observamos que en los resultados mostrados en la figura 7 que el número de moles del oxígeno es de $n = 84.199 \text{ moles}$ y que su masa es de $m = 2694.37 \text{ gramos}$.

Figura 7. Resultados para los datos del problema.

Como siguiente ejemplo, supongamos que se tienen 0.1 *gramos* de oxígeno a presión y temperaturas normales. ¿Qué volumen ocuparían?

Las condiciones normales a las que se encuentra un gas son: $P = 1 \text{ atm}$ y $T = 273 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Como es oxígeno la masa molecular es de $M_{O_2} = 32 \text{ grs/mol}$. En consecuencia, al introducir estos datos y hacer click en el botón resolver obtenemos los resultados mostrados en la figura 8.

Figura 8. Resultados para los datos del problema.

Por lo tanto, el volumen ocupado por el oxígeno bajo estas condiciones es de $V = 2.24 \text{ litros}$ y tiene $m = 3.2 \text{ g}$ de masa.

Como ejemplo de ecuación de estado 2, supongamos que se tienen 5 *litros* de aire a la temperatura de $t = -40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y una presión $P = 700 \text{ mmHg}$. Si la temperatura del aire aumentó hasta $t_2 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y su presión tomó el valor de $P_2 = 800 \text{ mmHg}$, ¿qué volumen ocupará el gas?

Al introducir los datos en el sistema y marcándolos en las cajas

Figura 9. Resultados para los datos del problema.

de opción correspondientes en la ecuación de estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 9.

Se observa que el volumen final del gas para estas condiciones es de $V_2 = 5.68 \text{ litros}$.

Como siguiente ejemplo se tiene $V_1 = 1 \text{ litro}$ de helio a la presión de $P_2 = 2 \text{ atm}$ y a la temperatura de $t_1 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se calienta hasta que la presión y el volumen se dupliquen. ¿Cuál es la temperatura final?

Introduciendo los datos en el sistema y marcándolos en las cajas de opción correspondientes en la Ecuación de Estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 10.

Observamos que la temperatura final del helio bajo estas condiciones es de $T_2 = 1200.64 \text{ K}$. Note que al duplicar simultáneamente la presión y el volumen del helio, la temperatura absoluta aumenta cuatro veces.

Figura 10. Resultados para los datos del problema.

Como siguiente ejemplo, supongamos que se tienen 40 *litros* ($V_1 = 40 \text{ litros}$) de oxígeno que se encuentran a una temperatura de $t_1 = 87 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una presión de $P_1 = 3 \text{ atm}$. ¿Cuál será el volumen del oxígeno cuando su temperatura sea de $t_2 = -3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y la presión sea de $P_2 = 2 \text{ atm}$?

Introduciendo los datos en el sistema y marcando las incógnitas en las cajas de opción correspondientes en la Ecuación de Estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 11.

Figura 11. Resultados para los datos del problema.

Observamos que el volumen final del oxígeno bajo estas condiciones es de $V_2 = 45 \text{ litros}$.

El Sistema fue desarrollado en Visual Basic 4 [3], que es un lenguaje de alto nivel que hace posible desarrollar programas bajo Windows.

4. CONCLUSIONES

- En muchas ocasiones los problemas que proponen los libros que tratan temas de relacionados con los gases ideales no muestran los resultados. El sistema sirve para que el alumno compruebe o compare los resultados obtenidos con los que calcula el sistema.
- En clase, se puede resolver un problema por medio del profesor y por medio del sistema. Esto motiva al alumno para que compare ambos resultados, los cuales deben ser iguales.
- Cuando el sistema muestra que un problema no tiene solución, se debe analizar el motivo por el cual no se puede resolver. Esto promueve la revisión de los conceptos que se utilizan en la solución de un problema.
- Existen muchos casos de problemas que no contemplan los textos relacionados con estos temas. El sistema cubre mucho más casos que los incluidos en los textos.
- La idea no es que el alumno resuelva los problemas con el sistema sino que los compare con los obtenidos por él.
- Se podrá creer que el sistema puede facilitar la solución de un problema, pero la idea es que se desarrolle la habilidad de diferenciar los datos de las incógnitas.
- Para usuarios con más conocimientos en Gases Ideales sería muy interesante preguntarse cómo el sistema resuelve los problemas.
- El sistema puede ser usado para alumnos de nivel bachillerato y profesional.
- El sistema es una buena herramienta que sirve de apoyo al aprendizaje de la Termodinámica.
- Por su portabilidad el sistema puede ser usado en Educación a Distancia.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Beltrán V. y Braun E. (1975) *Principios de Física*. México, D. F.: Trillas.
- [2] Bueche, F. J. (1990) *Física General*. México, D. F.: McGRAW-HILL.
- [3] Ceballos F. J. (1997) *Enciclopedia de Visual Basic 4*. México, D. F.: Alfaomega Grupo Editor.
- [4] García, M. T. (2002). La concepción Histórico – Cultural de L. S. Vigotsky en la Educación Especial. *Revista Cubana de Psicología*, Vol.19, No.2. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacionlogo/historio_cultural_de_vigotsky.pdf (27/03/2014).
- [5] Hewitt, P. (1995) *Física Conceptual*. México, D.F.: Addison-Wesley Iberoamericana.
- [6] Kofman, H. (2003). Estrategias y recursos didácticos con empleo de NTICS en una actualización de profesores de Física. Recuperado de <http://www.utn.edu.ar/aprobedutec07/docs/52.pdf> (27/03/2014).
- [7] Resnick, R. y Halliday, D. (1980) *Física. Vol. I*. México, D.F.: CECSA.
- [8] Serway, R.A. (1985) *Física*. México, D.F.: Interamericana.
- [9] Tipler, P. A. (1995) *Física*. México, D.F.: Reverté.
- [10] Wooton, W.; Beckenbach, E. y Fleming F. (1978) *Geometría Analítica Moderna*. México, D.F.: Publicaciones Cultural.