

Journal of Engineering Research

ISSN 2764-1317

vol. 6, n. 3, 2026

... ARTICLE 4

Acceptance date: 20/04/2026

PROTOTIPO TERMOELÉCTRICO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Miguel Villano Arellano

Maestro en ciencias en ingeniería mecánica,
egresado del Tecnológico de Veracruz
Departamento de Metalmeccánica
TecNM, Campus Instituto Tecnológico de
Tehuacán

Enrique Bravo Cruz

Ingeniero electromecánico, egresado del
Tecnológico de Tehuacán
Departamento de Metalmeccánica
TecNM, Campus Instituto Tecnológico de
Tehuacán

Gabriel Antonio Pérez Castañeda

Doctor en ciencias en control automático,
egresado del Instituto Politécnico de la Lorena,
Francia
Departamento de Metalmeccánica
TecNM, Campus Instituto Tecnológico de
Tehuacán

Jesús Raymundo Flores Cabrera

Ingeniero electromecánico, egresado del
Tecnológico de Tehuacán
Departamento de Metalmeccánica
TecNM, Campus Instituto Tecnológico de
Tehuacán

José Enrique Salinas Carrillo

Maestro en ciencias de los materiales, egresado
de ESFM, IPN
Departamento de Ciencias de la Tierra
TecNM, Campus Instituto Tecnológico de
Tehuacán



All content published in this journal is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Resumen: En este artículo se documentan los principios, componentes, arquitectura y aplicaciones de la termo generación de energía eléctrica, en un prototipo construido con la finalidad de ilustrar didácticamente el funcionamiento a escala, del macroproceso utilizado industrialmente para generar energía eléctrica. El generador utilizado el cual está acoplado a la turbina, genera directamente CD y para convertirla a CA se construyó un convertidor de 12 V CD a 127 V CA, el cual fue acoplado al sistema. Se reportan cálculos detallados calor involucrado, y potencia y consumo obtenido experimentalmente.

Palabras clave: generación, termoeléctrico, prototipo, corriente, continua, alterna

Introducción

En la agenda energética mundial y sus implicaciones en el proceso de integración de América del Sur, se señalan los desafíos que enfrentan las economías, intensivas en exportaciones de recursos naturales, y se apunta en dirección a estrategias sobre los bienes energéticos, para dar mayor valor al producto final, y reducir sus brechas de pobreza (L Alejandro & F Mercado Aliaga, 2008).

En el caso Boliviano, la energía está reservada en sus facetas de la producción de electricidad, la cual se encuentra segmentada verticalmente en tres actividades: generación, transmisión y distribución, y estas se encuentran reguladas garantizando una rentabilidad. (L. Javier, Buch, & Franziska Bueno, 2012)

En Chile respecto a la producción de termoelectricidad se menciona que la producción de emisiones contaminantes a la atmósfera, como resultado de la producción

de energía termoeléctrica a partir del uso de combustibles fósiles, es un hecho conocido, ..., los productos de emisión están siendo monitoreados en ese País. (Folch, 2006)

El caso de Colombia, plantea según la ley 1715 de 2014, la necesidad de aprovechar de manera eficaz y eficiente los recursos naturales al buscar nuevas alternativas que permitan el aprovechamiento de ellos sin que la naturaleza se vea perjudicada por la extinción originada a los recursos naturales por el ser humano. Hablar acerca de las energías limpias, en la generación de energía eléctrica necesaria para atender las necesidades del ser humano, es el resultado de la investigación e implementación de nuevas tecnologías, esto permite garantizar el suministro permanente de energía con una disminución en el impacto sobre el medio ambiente a fin de garantizar procesos amigables con el medio ambiente, y la atención de la Guajira. (NIÑO, 2019)

En el prototipo de estudio del presente trabajo, la fuente primaria de energía es gas LP el cual está considerado como una segunda fuente primaria de energía, desde el punto de vista de la generación de energía mundial; esa tendencia viene desde 1971 hasta una proyección del 2030. (Folch, 2006), razón que justifica la necesidad de estudio de la generación termo eléctrica.

Nuestro objetivo general es reportar el trabajo de Diseño y construcción de un módulo termoeléctrico generador de energía eléctrica, de corriente alterna (CA) y corriente directa (CD), como una propuesta didáctica y de estudio en el área de térmica-eléctrica. (Villano Arellano, Bravo Cruz, Pérez Castañeda, Salinas Carrillo, & Flores Cabrera, 2022)

Fundamento teórico

Como se declara en el objetivo general, en nuestro caso de estudio, existe la generación de corriente continua y alterna como salida principal del sistema generador de energía que se propone, en la figura 1 se muestra un esquema general de las entradas del sistema y las salidas del sistema, como se puede apreciar las entradas son agua natural y gas LP. En tanto que a la salida del sistema aparecen, el vapor de agua, el CO₂ residual y metano CH₄, y la salida principal que es energía eléctrica produciendo tanto corriente continua como alterna.

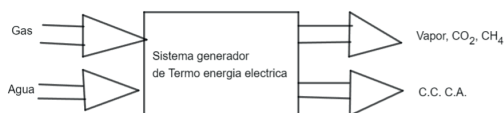


Figura 1: Entradas y salidas del prototipo de generación de C.C. (Fuente propia)

Analizando más a detalle el sistema diseñado, es que en la figura 2 aparecen los componentes del sistema, que son una fuente de alimentación de agua, una fuente de gas para la combustión, una caldera, una salida de vapor de la caldera a la turbina, la turbina acoplada a un generador de corriente continua de 12 V, un convertidor de corriente continua a corriente alterna de 120 V.

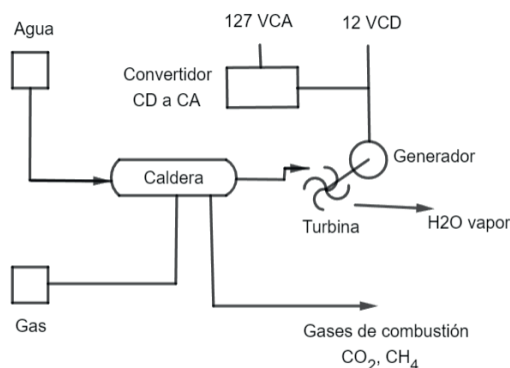


Figura 2 Sistema Termo generador CD-CA.

Especificaciones de los componentes

El sistema de producción de corriente continua y alterna que conforma el prototipo tiene como componentes a los que se mencionan en la tabla 1, estos son un tanque para el agua de alimentación, un tanque de gas para la combustión, las tuberías que conducen el gas, el agua, la salida del vapor, sus respectivas válvulas de paso para el gas y el agua, una pequeña caldera de un único quemador en configuración de cuatro líneas de quemador en paralelo, una turbina que convierte la presión del vapor en movimiento circular, el generador eléctrico acoplado a la turbina, que debido a la rotación generada por la turbina produce el movimiento de unos electroimanes, los cuales inyectan energía eléctrica en los devanados del generador de corriente continua con un voltaje de salida de 12VCD, el circuito convertidor de corriente directa a corriente alterna con una elevación de voltaje de salida de 120VCA, y el cableado del generador al conector de salida; y de la salida del generador al convertidor de CD a CA, así como del convertidor al conector del voltaje de salida de CA.

No C.	Componente	especificaciones
1	Tanque de agua	Volumen 16.34 Litros
2	Tanque gas	Capacidad 20 Kg
3	Tuberías de gas y agua, vapor	Gas tubo de Cobre ½ “ Agua tubo galvanizado ½ “ Vapor tubo de cobre ½ “
4	Válvulas de paso para agua y gas	Entrada ½” – ½”Salida
5	Caldera	Presión de trabajo de gas 5-6psi Volumen total de la caldera 17 Litros Volumen agua en la caldera 8.5 Litros Presión del vapor generado 60-80 psi
6	Turbina	Diámetro del rodete 13 cm Número de alabes 30
7	Generador Eléctrico acoplado a la turbina	Voltaje de salida 12 VCD
8	Salida de CD	Conector 12 VCD Consumo motor CD 12 W Consumo foco CD 24 W
9	Convertidor acoplado a la salida CD	Voltaje de entrada 12 VCD Voltaje de salida 120 VCA
10	Salida CA	Conector 120 VCA Consumo LED CA 7W
11	Cableado eléctrico	Cable de cobre Calibre 14

Tabla 1: Lista de componentes y sus especificaciones del sistema prototipo

Tanque de agua

El tanque de agua considerado para el prototipo se ilustra en la figura 3 en donde se muestran también las dimensiones de este, la salida de agua está practicada en la parte inferior lateral. Y el volumen del mismo es de 16.34 Litros

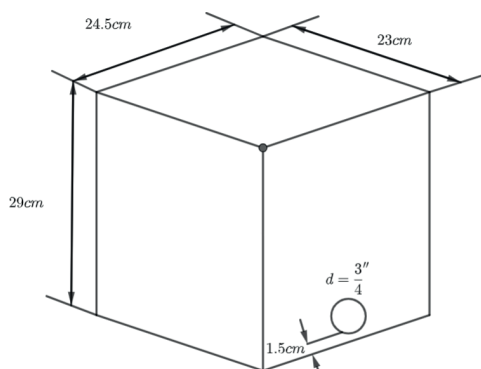


Figura 3 Geometría del tanque de agua

Tanque gas.

El tanque que provee gas al sistema para efectuar la combustión que genere el vapor de agua es un tanque de 20 Kg acoplado a un regulador de alta presión que permite que se efectúe eficientemente la combustión. En la figura 4 aparece esquematizado el tanque de gas y la instalación.

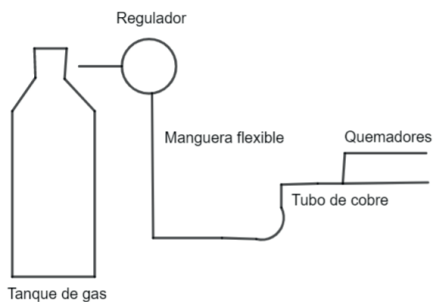


Figura 4 Esquema de instalación de gas.

Tubería de agua

La tubería de alimentación de agua a la caldera es de tubo galvanizado y en la figura 5 se muestra el esquema básico de alimentación de agua que tiene intermedia una llave de paso

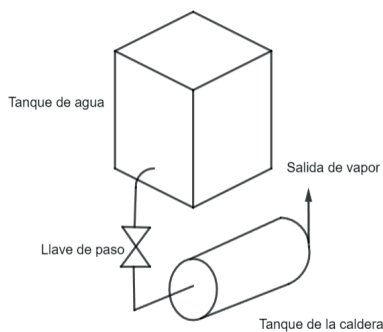


Figura 5 Instalación de tubería de agua

Tuberías de gas y agua, vapor

En los tres casos donde existen los flujos de gas, agua y vapor se requiere de tuberías adecuadas para tal fin, a continuación, se detallan estas tuberías.

Tubería de gas

La tubería de gas consta de una manguera flexible que dirige el gas hacia los quemadores, la entrada del quemador y el quemador todas son de cobre.

Tubería de vapor

La tubería que conduce el vapor desde el tanque de la caldera hasta la entrada a la turbina está hecha de cobre de $\frac{1}{2}$ ", y tiene acoplados un fluxómetro, un manómetro y gobernando el vapor por una llave de paso, como se muestra en la figura 6.

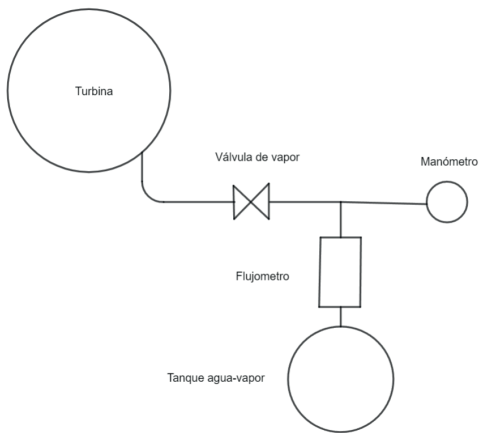


Figura 6 Instalación de la tubería de conducción de vapor

Válvulas de paso para agua y gas.

Para controlar tanto el flujo de agua como de vapor se utilizaron 2 válvulas de esfera de 1/2 “

Caldera

Los quemadores de la caldera están configurados de forma paralela con 43 orificios de quemado cada uno de los 4 tubos, los cuales se ilustran en la figura 7

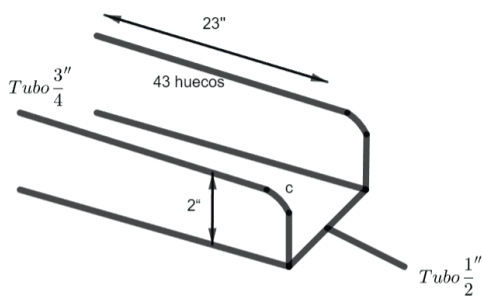


Figura 7 Quemadores de la caldera

Tanque de la caldera

El tanque de la caldera tiene geometría cilíndrica y esta ilustrada en la figura 8

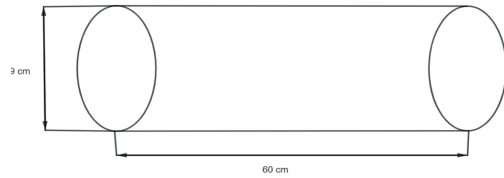


Figura 8 Tanque de la caldera

Turbina

El rodete de la turbina tiene 30 álabes distribuidos uniformemente en un círculo de diámetro de 13 cm y está acoplado directamente al rodete al generador de corriente continua como se muestra en la figura 9.

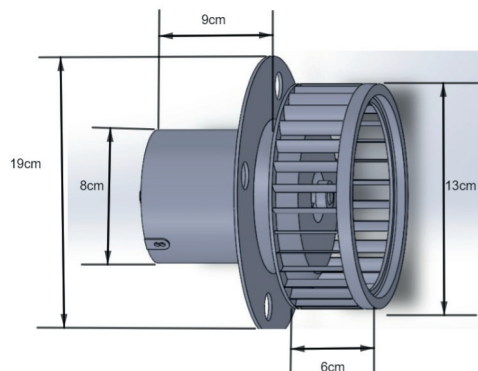


Figura 9 Generador con turbina.

Acoplamiento turbina generador

En la figura 10 aparecen las dimensiones involucradas en el generador y en la carcasa que cubre el rodete de la turbina.

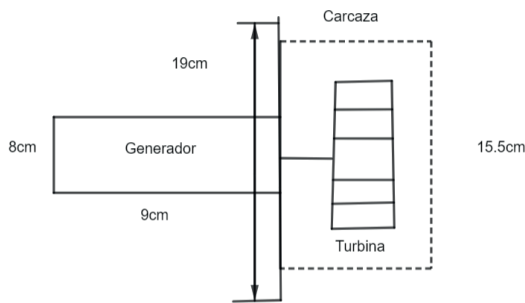


Figura 10 Esquema de partes del generador eléctrico acoplado a la turbina

Salida de CD

El termo generador de energía eléctrica que se ha construido, genera de manera primaria voltaje de corriente continua, dando un voltaje de 12 VCD. Y esta salida se encuentra conectada como una posible fuente de alimentación; para fines prácticos se coloca a dicha toma un foco led con una potencia de 7W y un motor de potencia

El circuito convertidor de CD a CA

Con el fin de que la corriente directa producida por el generador, se pueda transformar en corriente alterna y así ser usada para dispositivos que funcionan con corriente alterna de una línea normal de 120VCA, es que se elaboró desde los componentes el circuito convertidor de CD a CA, dicho circuito aparece en la figura 11

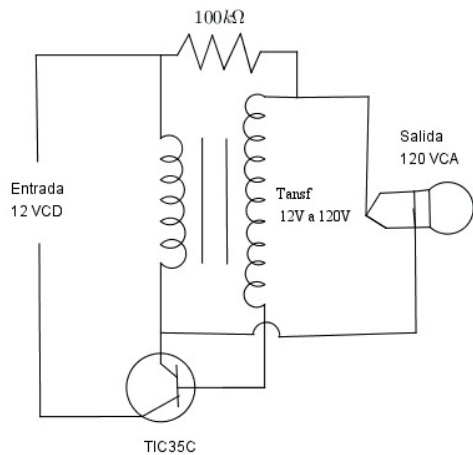


Figura 11 Circuito convertidor de CD a CA.

Los componentes del convertidor de CD a CA se enumeran en la tabla 2,

1	Transistor TIP35C
2	Resistencia de 100 KΩ
3	Transformador de 120-12Volts a 500mA

Tabla 2 Lista de componentes del circuito convertidor de CD a CA.

Salida CA

El transformador está siendo utilizado como amplificador de voltaje, por lo que el devanado del primario es el que corresponde a 12V, y cuya corriente de diseño es de 500mA, lo que da una potencia de trabajo de 6 W, esos mismos 6W son la potencia de salida con lo cual podemos calcular la corriente máxima en el secundario que es de 50mA.

Experimento

1. Llenado del tanque de agua de alimentación de la caldera con un volumen de 16.34 litros

2. Acondicionamiento del gas en el cilindro de gas LP de 40 kg
3. Cerrar la válvula de paso de vapor
4. Colocar la lámpara de carga de CD
5. Colocar la lámpara de carga de CA
6. Abrir la válvula de paso de agua para llenado de la caldera hasta alcanzar la mitad del volumen total del tanque de la caldera que da 8.5 Lts
7. Posteriormente al proceso de llenado del recipiente de la caldera cerramos la llave de paso del agua a la caldera.
8. Encender los quemadores para calentar el agua.
9. Encender el cronometro para medir el tiempo de la generación de vapor.

Visualizar la elevación de la presión del vapor hasta un valor de 55psi

10. Medir la temperatura del vapor generado
11. Registra el tiempo requerido para alcanzar la presión de trabajo
12. Abrir la válvula de paso de vapor
13. Encender el botón de prendido de focos
14. Medir el voltaje de CD presente
15. Medir el voltaje de CA presente
16. Medir directamente los watts generados de CD y de CA
17. Registrar en el cronometro el tiempo útil en el que la presión es adecuada para generar energía eléctrica
18. Cuando ya no exista la presión de vapor se apagan los quemadores.

Resultados

Cálculo de calor necesario para generar el vapor.

Primeramente, consideramos la geometría del tanque de la caldera cuyo volumen total se puede, calcular con la expresión [1] y con los valores de las variables diámetro y longitud del tanque de la caldera ilustrado en la figura 8

$$V_{Tc} = \pi \frac{D^2}{4} l = \pi \frac{19^2}{4} 60 = 17012 \text{ cm}^3 \quad [1]$$

Pero se utiliza solo la mitad de ese volumen V_{Tc} que será el valor útil V_u dada por la expresión [2]

$$V_u = \frac{V_{Tc}}{2} = 8506 \text{ cm}^3 = 8.5 \text{ lts} \quad [2]$$

Para calcular cuánto calor se requiere para calentar el agua contenida en el recipiente de la caldera, desde una temperatura de 22°C hasta la temperatura de 100°C con un volumen útil de 8.5 litros, lo cual equivale a la mitad del volumen total de la caldera utilizamos las ecuaciones 3, que da el calor para incrementar la temperatura; 4, es la relación entre el volumen del agua masa y densidad, 5, calor requerido para evaporar esa cantidad de masa, 6, el calor total entre calentar y evaporar el agua.

$$Q_1 = m C_p \Delta T \quad [3]$$

$$m = \rho V \quad [4]$$

$$Q_2 = m h_{fg} \quad [5]$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad [6]$$

Donde dichas variables representan:

m masa del agua contenida inicialmente en la caldera, masa útil.

ρ densidad del agua a 22°C

V_{Tc} volumen del agua contenida inicialmente en la caldera

V_u : volumen útil

ΔT incremento de temperatura desde los 22°C hasta 100°C

C_p calor específico del agua a presión constante

h_{fg} calor latente de vaporización o entalpía de vaporización

Q_1 calor para elevar la temperatura desde 22°C hasta 100°C

Q_2 calor para evaporar el agua que está a 100°C.

Q_T calor total para la vaporización partiendo desde 22°C hasta transformarse en vapor

Los valores experimentales obtenidos del prototipo, son los que aparecen en la tabla 3. Y se utiliza las ecuaciones 2, 4, para el volumen útil, la masa y la diferencia de temperatura.

Los resultados de los cálculos de los calores para elevar la temperatura, para evaporar y total (Yunus A. Gengel & Boles, 2009), , utilizando las ecuaciones 3, 5,6, aparecen en la tabla 4.

En nuestro prototipo, la cantidad de calor necesario para generar vapor contenido en la mini caldera requirió de un tiempo de 15 minutos (0.25 h).

Cálculos eléctricos

Experimentalmente en materia eléctrica, se obtuvieron los valores de corriente, voltaje y potencia desarrollada a la salida de las dos fuentes, así como el consumo de potencia en el tiempo ahí especificado, que se ilustran en la tabla 5.

Valores experimentales son los que corresponden a Corriente I, Voltaje V, y tiempo de operación t , en tanto que calculados son el Consumo C y la Potencia P

La potencia ejercida se calcula como en la ecuación [7]

$$P = V \cdot I \quad [7]$$

La variable C representa el consumo que entrega el generador durante el periodo de funcionamiento que es de 15 minutos

El consumo lo calculamos con la ecuación [8]

$$C = P \cdot t \quad [8]$$

Conclusiones

La energía suministrada por el prototipo de generación de energía eléctrica nos provee de 0.006kWh lo que es equivalente a 21.6 kJ, en tanto que la energía necesaria para lograr producir esa energía eléctrica moviendo el generador con vapor es de 22574 kJ lo que indica que la energía suministrada es una milésima de la utilizada en forma de calor.

Con el prototipo funcionando obtenemos una opción a pequeña escala de generador térmico de energía eléctrica, el cual puede ser optimizado para obtener un mejor desempeño.

ρ	m	Ti	T _f	ΔT	V _u	h _{fg}
$\frac{Kg}{m^3}$	Kg	°C	°C	°C	m ³	$\frac{J}{kg}$
997.62	8.47	22	100	77	0.0085	2260000

Tabla 3: Los valores numéricos de las variables en el prototipo.

C _p	Q ₁	Q ₂	Q _T
$\frac{J}{kg^{\circ}C}$	J	J	J
4180	2.726x10 ⁶	19.14x10 ⁶	22.574x10 ⁶

Tabla 4: Los resultados para los calores .

Tipo de fuente	Carga	Potencia (W)	Corriente (A)	Voltaje (V)	t ¹ (min)	C (Wh)*
CD	Foco Led	24	2	12	15	6
CD	Motor	12	1	12	15	3
CA	Lámpara	6	0.05	120	15	1.5

Tabla 5: Resultados de cálculos eléctricos para las diferentes cargas.

1. Este tiempo es el que funciona el generador dando energía

También es importante decir que se puede en base al prototipo obtener energía en forma de CD y CA.

Se cumplió el objetivo educacional de demostrar que es posible la obtención de energía eléctrica mediante el prototipo.

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecemos a Héctor Ramírez Romero, Andrea Geraldo Rivera, Jesús Alexander García Méndez, Guadalupe Benítez Ramos, David García Hernández, Héctor Raciél García Aguilar, por su valiosa colaboración en el armado del prototipo termoelectrónico generador de energía eléctrica y al Tecnológico

Nacional de México por su apoyo en la realización del proyecto,

Referencias

Folch, S. W. (2006). *Power Generation and Health*. Obtenido de dialnet.unirioja.es: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9510666>

L Alejandro, F., & F Mercado Aliaga, J. (2008). *AGENDA ENERGÉTICA MUNDIAL E IMPLICACIONES EN EL PROCESO DE INTEGRACIÓN DE AMÉRICA DEL SUR*. FRIEDERICH EBERT STIFTUNG.

L. Javier, A., Buch, L., & Franziska Bueno, A. (2012). *El Sector Eléctrico en Bolivia*. La Paz, Bolivia: ECONSTOR.

NIÑO, W. L. (2019). *COMPARATIVO COSTO GENERACION DE 1 KW/h POR ENERGÍA SOLAR FRENTE A ENERGIA DE FUENTE NO RENOVABLE CASO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA*. BOGOTÁ D. C.: UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.

Villano Arellano, M., Bravo Cruz, E., Pérez Castañeda, G. A., Salinas Carrillo, J. E., & Flores Cabrera, J. R. (2022). *PROTOTIPO DIDACTICO.DISEÑO DE MODULO TERMOELECTRICO GENERADOR DE ENERGIA*. Tehuacán, Puebla, México: tecNM.

Yunus A. Gengel, & Boles, M. A. (2009). *Termodinamica*. Mc. Graw Hill.