

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**“CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE
LABORATORIO, EN LA ASIGNATURA DE TERMODINÁMICA I.”**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADO POR:

Br. HOSETH STANLEY AYALA HERNÁNDEZ.

Br. PABLO ELÍAS FLORES GÓMEZ.

Br. EDWIN DANIEL MEJÍA CARRILLOS.

SANTA TECLA, JULIO 2022.



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS.

RECTOR.

ING. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA.

VICE – RECTOR.

ING. ROOSEVELT ADOLFO OSORIO.

SECRETARIO GENERAL.

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA.

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA.

ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO.

DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

SANTA TECLA, JULIO 2022.



ASESOR.

Ing. Pedro Alfonso Chanchan Jiménez.

JURADO EVALUADOR.

Ing. Armando Antonio Bolaños Sandoval.

Ing. Mario Antonio Rodríguez.

Ing. Obdulio Adalberto Calvo.

SANTA TECLA, JULIO 2022.

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL SESENTA Y SEIS

A las ocho horas y treinta minutos, del sábado dos de julio de dos mil veintidós. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por HOSETH STANLEY AYALA HERNANDEZ, en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

“CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO, PARA LA ASIGNATURA DE TERMODINÁMICA I.”

Se dio por aprobada, la parte escrita.

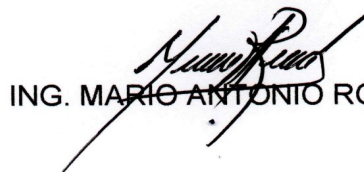
SEGUNDO: Que con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADO, con una calificación de OCHO PUNTO SEIS (8.6), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERIO MECANICO

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.



ING. ARMANDO ANTONIO BOLAÑOS SANDOVAL



ING. MARIO ANTONIO RODRIGUEZ



ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO

ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL SESENTA Y SIETE

A las ocho horas y treinta minutos, del sábado dos de julio de dos mil veintidós. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por PABLO ELÍAS FLORES GOMEZ, en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

“CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO, PARA LA ASIGNATURA DE TERMODINÁMICA I.”

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADO, con una calificación de OCHO PUNTO NUEVE (8.9), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERIO MECANICO

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

ING. ARMANDO ANTONIO BOLAÑOS SANDOVAL

ING. MARIO ANTONIO RODRIGUEZ

ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL SESENTA Y OCHO

A las ocho horas y treinta minutos, del sábado dos de julio de dos mil veintidós. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por EDWIN DANIEL MEJÍA CARRILLOS, en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

“CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO, PARA LA ASIGNATURA DE TERMODINÁMICA I.”

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADO, con una calificación de OCHO PUNTO SEIS (8,6), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERIO MECANICO

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.



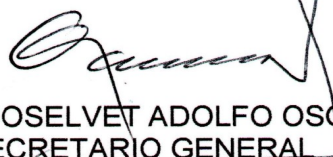
ING. ARMANDO ANTONIO BOLAÑOS SANDOVAL



ING. MARIO ANTONIO RODRIGUEZ



ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO



ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



DEDICATORIA.

A DIOS TODOPODEROSO.

Por permitirme culminar mi carrera, darme la sabiduría para afrontar las diversas dificultades a lo largo del proceso y por todas las bendiciones en mi vida.

A MIS PADRES.

Delfina Carrillos de Mejía y Daniel Eligser Mejía Cartagena, por ser el pilar fundamental y apoyo a lo largo de mi formación académica, me han formado como persona con principios y valores.

A MI NOVIA.

Rosa Amelia Molina Galdámez por el apoyo y comprensión a lo largo de la carrera.

A MIS HERMANO/A.

Mayra Estela Mejía Carrillos y Carlos Geovanny Mejía Carrillos por apoyarme siempre.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

Por su apoyo moral y estar siempre al pendiente del proceso de formación académica.

Edwin Mejía.

DEDICATORIA.

A DIOS TODO PODEROSO

Que es mi guía, quien me ha llenado de alegría y que me seguirá enseñando en el camino de la vida, a tropezarme muchas veces y también a levantarme, que eres la única esperanza que siempre acudimos en donde más lo necesitamos y siempre has estado allí, y sin importar lo que somos y de dónde venimos.

A MI FAMILIA

Mi esposa querida Verónica Araceli López y mi hija adorada, Lilian Valeria Ayala González, que ha sido mi motivación diaria, que día a día es mi motivación para ser un gran hombre, lleno de valores, y también ser un buen padre, y un buen esposo

A MIS PADRES

A ti madre mía Blanca Lilian Hernández de Ayala y a ti Padre mío José Saúl Ayala Miranda que me has dado principalmente la vida, que lo has dado todo por ser mejores, ese apoyo incondicional, y que tus enseñanzas que a diario nos dejas,

A MI TÍA

María Francisca Miranda que me has brindado ese apoyo incondicional, este título es tuyo.

A MI HERMANA.

Lilian Jazmín Ayala Hernández por apoyarme siempre.

Hoseth Ayala.

DEDICATORIA.

A DIOS TODOPODEROSO.

A Dios sea la gloria y honra, gracias a Él por permitirme culminar mis estudios superiores y darme la inteligencia y sabiduría para desarrollar este proyecto con mis compañeros.

A MIS PADRES.

Nelson Flores y Evelyn de Flores, que siempre me han apoyado en todo y ayudado cuando que lo he necesitado, Dios les dio la sabiduría para saberme guiar por el buen camino.

A MI ESPOSA.

Gabriela de Flores su apoyo ha sido fundamental y de gran ayuda, ya que me acompañó desde el inicio del proyecto hasta el fin. Eres la ayuda idónea que Dios me ha dado. TE AMO.

Pablo Flores.

AGRADECIMIENTO.

Queremos agradecer a las personas que nos han ayudado de una u otra forma para el desarrollo de este proyecto, en especial a nuestro asesor ingeniero Pedro Alfonso Chanchan Jiménez por su eficaz orientación para el grupo.

También agradecer el ingeniero Ever Ruiz que nos permitió utilizar el taller de la empresa TRICOMBUS para poder realizar los experimentos y pruebas para el desarrollo de este proyecto de graduación.

INDICE.

LISTA DE SÍMBOLOS.	13
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	16
1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.2 TEMA.....	17
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	18
1.6 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	18
1.8 ALCANCE.	19
1.9 LIMITANTES.	19
1.10 OBJETIVOS.....	16
1.10.1 OBJETIVO GENERAL.	20
1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	20
1.11 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.11.1 TIPO DE ESTUDIO.....	21
1.11.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	23
2.2 ANTECEDENTES TEÓRICOS.	24
2.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA.....	24
2.2.2 LEY DE LOS GASES IDEALES.	36
2.2.3 LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA.....	43
2.2.4 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.	44
2.2.5 SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.	47
2.2.6 TERCERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.	50
2.3 CALORIMETRÍA.....	53
2.3.1 TIPOS DE CALORÍMETRO.....	55
2.3.2 APLICACIONES	57

2.3.3 TABLA DE CALORES ESPECÍFICOS DE ALGUNAS SUSTANCIAS.	57
CAPÍTULO III. GUÍAS PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.	58
3.1 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS A UTILIZAR.	59
3.1.2 INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE TERMODINAMICA I.	64
3.1.3 USOS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS	65
3.2 GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.	80
CONCLUSIONES.	120
RECOMENDACIONES.	120
BIBLIOGRAFÍAS.	121
ANEXOS.	122
ANEXO 1 DATOS CLIMATICOS DE SANTA TECLA.	122
ANEXO 2 TABLAS DE PROPIEDADES.	124

LISTA DE SÍMBOLOS.

m_{entrada} = masa de entrada.

m_{salida} = masa de salida.

$\Delta m_{\text{sistema}}$ = Cambio de masa del sistema.

$\dot{m}_{\text{entrada}}$ = flujo másico de entrada

$\dot{m}_{\text{salida}}$ = flujo másico de salida.

dm_{sistema} = diferencial de masa del sistema.

dt = diferencial de tiempo

Q = energía calorífica involucrada en el proceso.

W = cantidad de trabajo involucrado en el proceso.

ΔEC = variación de energía cinética.

ΔEP = variación de energía potencial.

ΔH = variación de entalpía.

E_{final} = Energía final.

E_{inicial} = Energía inicial.

ΔS_u = Cambio de entropía del universo.

ΔS_{sis} = Cambio de entropía del sistema.

ΔS_{amb} = Cambio de entropía del ambiente

S_{ent} = entropía de entrada.

S_{sal} = entropía de salida

S_{gen} = generación de entropía.

ΔS_{sis} = cambio de entropía del sistema.

$\dot{S}_{\text{ent}}$ = tasa de cambio de la entropía de entrada.

$\dot{S}_{\text{sal}}$ = tasa de cambio de la entropía de salida.

$\dot{S}_{\text{gen}}$ = tasa de generación de entropía.

dS_{sistema}/dt = Tasa de cambio de entropía

$\dot{Q}_k$ = Tasa de transferencia de calor a través de la frontera a la temperatura.

T_k = Temperatura en el sitio donde se realizará el análisis.

$\sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$ = tasa de transferencia de entropía a través de la frontera del volumen de control por la transferencia de calor.

$\sum \dot{m}_{ent} s_{ent}$ = tasa neta de transferencia de entropía en el volumen de control por flujo másico (entrada).

$\sum \dot{m}_{sal} s_{sal}$ = tasa neta de transferencia de entropía en el volumen de control por flujo másico (salida).

$\dot{m}_{ent}$ = flujo másico de entrada.

s_{ent} = entropía de entrada.

$\dot{m}_{sal}$ = flujo másico de salida.

s_{sal} = entropía de salida.

INTRODUCCIÓN.

Como proyecto de graduación se propuso construir un banco para desarrollar prácticas de laboratorio de la asignatura Termodinámica I y dotarlo de equipos e instrumentos requeridos para el desarrollo de las prácticas. Se siguió la secuencia del programa de Termodinámica I, para demostrar sus cuatro leyes y principios mediante prácticas de laboratorio.

Con los instrumentos de medición se podrán realizar las demostraciones necesarias y la obtención de datos reales los cuales servirán para los cálculos correspondientes a desarrollar en las guías de laboratorio.

Para realizar las prácticas de laboratorio deben conocerse algunos términos propios de la Termodinámica, los cuales son detallados en el capítulo II de este documento.

En él se detallan los conceptos fundamentales de la termodinámica, como son los sistemas, procesos, calorimetría, las leyes de la Termodinámica.

Se han elaborado ocho guías de prácticas, en las cuales se describen los procedimientos, equipos e instrumentos a utilizar, el correcto uso de ellos y las medidas de seguridad y precauciones a cumplir.

En este proyecto en concordancia con uno de los pilares que fundamentan la enseñanza y aprendizaje de la UTLA se han utilizado materiales rehusados y readaptados según la función requerida.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES.

Se identificó que en la Universidad Técnica Latinoamericana no se realizan prácticas de laboratorios de Termodinámica I. Se ha considerado que el conocimiento teórico debe reforzarse con prácticas de laboratorio para su excelente formación ingenieril, por esto, nació la propuesta de construcción y equipamiento de un banco para prácticas de Termodinámica I, con sus respectivas guías de trabajo.

1.2 TEMA.

Construcción y equipamiento de un banco para prácticas de laboratorio, en la asignatura de Termodinámica I.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Es de mucha importancia mejorar la calidad de educación y formar profesionales competentes; una de las mejores formas de conseguir esto es complementando la formación teórica con prácticas de laboratorio.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Con la construcción y equipamiento de un banco de pruebas para diferentes procesos en sólidos, líquidos y gases, se hizo un aporte a la Universidad Técnica Latinoamericana en el área de la Ingeniería, con el cual se podrán obtener datos experimentales de variables termodinámicas tales como: volumen, temperatura inicial y final de líquido saturado, calor latente de evaporación, presión atmosférica. Datos que permitirán hacer diagramas experimentales y calcular otras variables de estado como: entalpía, variaciones de energía interna, entre otros.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Con respecto a la materia de Termodinámica I, en la Universidad Técnica Latinoamericana no se contaba con prácticas de laboratorio.

1.6 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

La importancia del proyecto es la mejora en el nivel de aprendizaje en los alumnos de las carreras de ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica y electrónica. Por medio del desarrollo de prácticas de laboratorio de Termodinámica I, para comprobar mediante experimentos, el comportamiento de diferentes procesos termodinámicos.

1.7 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

El proyecto se limita al programa de estudios de la materia de Termodinámica I, desarrollándose ocho guías para las prácticas de laboratorio.

1.8 ALCANCE.

Este proyecto se caracteriza por construir y equipar un banco de pruebas para que los alumnos de diversas carreras puedan desarrollar una serie de prácticas de laboratorio de Termodinámica I, según la secuencia del programa de estudio que contribuya a la mejor comprensión de los conceptos teóricos estudiados.

1.9 LIMITANTES.

- a) El ajuste de las dimensiones del banco de prácticas al espacio disponible en el local del laboratorio de Ingeniería Mecánica, ya que algunos equipos son de cuidado delicado.
- b) Recurso económico limitado.

1.10 OBJETIVOS.

1.10.1 OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un estudio para la implementación de prácticas de laboratorio con sus correspondientes guías para la asignatura de Termodinámica I, por medio de un banco de pruebas equipado con los recursos necesarios para facilitar la demostración y comprensión de los conceptos.

1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Demostrar mediante prácticas de laboratorio diferentes procesos termodinámicos dentro del programa de la asignatura de Termodinámica I.
2. Facilitar el aprendizaje de los alumnos a través de las prácticas de laboratorio.
3. Complementar el contenido teórico del programa de estudio de la asignatura de Termodinámica I, con la elaboración de ocho guías para desarrollar las prácticas de laboratorio.

1.11 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.11.1 TIPO DE ESTUDIO.

El estudio es de tipo explicativo. Se desarrollaron guías que definen las leyes de la Termodinámica para que los alumnos puedan realizar de manera práctica los laboratorios y tener más claro el concepto de cada una de ellas. Se ha elaborado una estructura y base para seguir los lineamientos establecidos y que estos tengan un aporte coherente y progresivo para su aprendizaje y su mejor entendimiento.

1.11.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Se utilizó el programa de estudio de la materia de Termodinámica I. Se recopiló información por medio de libros, documentos e internet.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La Termodinámica tiene sus inicios desde que el hombre primitivo tuvo el conocimiento del fuego, ya que el fuego tiene relación con el calor, los egipcios consideraban que el calor estaba relacionado con su mitología.

Alrededor del 500 a.C., el filósofo griego Heráclito argumentó que los cuatro elementos principales en la naturaleza eran aire, fuego, tierra y agua.

La Termodinámica como disciplina científica comienza con las contribuciones (entre otros) de:

Otto Von Guericke.

Robert Boyle.

Robert Hooke.

Thomas Savery.

Antoine Lavoisier.

Benjamín Thompson.

William Thompson (Lord Kelvin)

William Rankine.

2.2 ANTECEDENTES TEÓRICOS.

La termodinámica.

La Termodinámica se define como la ciencia de la energía y sus transformaciones. La energía es la capacidad para causar cambios. La Termodinámica es una ciencia que tiene amplia aplicación: desde los organismos microscópicos hasta los electrodomésticos, los vehículos de transporte, los sistemas de generación de energía eléctrica, naves espaciales e incluso la Filosofía. Es una herramienta teórica y práctica que interpreta fenómenos naturales desde el punto de vista de las relaciones de **materia y energía**; el intercambio de energía en sus diversas formas, su interacción con los equipos, las propiedades de la materia y el uso racional de la energía. Dado que no se puede concebir industria sin uso de energía, esta ciencia tiene una gran importancia práctica y se aplica en todas las ramas de la Ingeniería.

2.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA.

Sistema.

Un sistema se define como una cantidad de materia o una región en el espacio elegida para análisis, la masa o región fuera del sistema se conoce como **alrededores** la superficie real o imaginaria que separa al sistema de sus alrededores se llama **frontera** o **límites del sistema**.



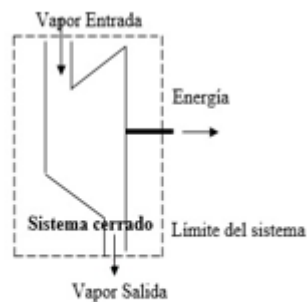
Ejemplo de sistema [Figura 1].

Sistema termodinámico.

Es la cantidad de materia aislada o bien la contenida dentro de una superficie de control establecida.

Sistema abierto.

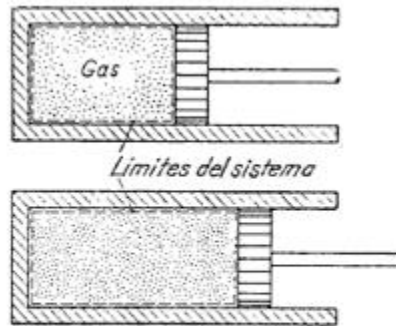
También conocido como **volumen de control**, este es un sistema en cual las fronteras permiten la transferencia de masa, calor y trabajo. En general, cualquier sección arbitraria en el espacio se puede seleccionar como un sistema abierto.



Ejemplo de sistema abierto [Figura 2].

Sistema cerrado

También conocido como una masa de control. Son aquellos que mantienen su masa constante, aunque su volumen puede variar.



Ejemplo de sistema cerrado [Figura 2-2].

Propiedades

Propiedad es toda característica de un sistema, por ejemplo: la presión, temperatura, volumen, masa, peso, densidad, forma, posición en el espacio, velocidad, energía, calor específico, color, sabor y olor.

Se dividen en dos clases generales: extensivas e intensivas.

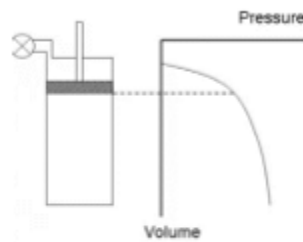
- a) Las propiedades extensivas, son aquellas que dependen del tamaño o extensión del sistema, por ejemplo: masa total, volumen total y cantidad de movimiento total
- b) Las propiedades Intensivas son aquellas independientes de la masa del sistema, como: densidad, temperatura y presión.

Equilibrio

Se hace la referencia a un estado de balance. En un estado de equilibrio no hay potenciales desbalanceados (o fuerzas impulsoras) dentro del sistema, y este no experimenta cambios cuando es aislado de sus alrededores. Un sistema en equilibrio termodinámico satisface 3 aspectos: equilibrio mecánico, térmico y químico.

Estado Termodinámico.

Es un conjunto de variables que deben ser especificadas para poder definirlo. Este podría estar indicado por la presión, el volumen y otras variables de estado internas.



Estado Termodinámico [Figura 3].

Proceso.

Es el cambio de un estado de equilibrio a otro, estos se pueden conseguir por diferentes tipos de procesos.



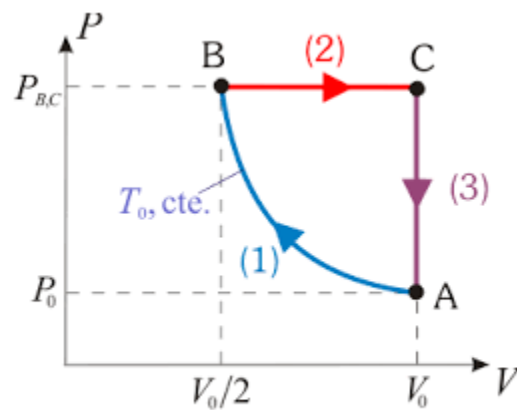
Ejemplo de Proceso [Figura 4].

Función de estado.

Son las condiciones momentáneas del sistema termodinámico. Estas no difieren del camino que siga un proceso Termodinámico.

Trayectoria de proceso.

Es la serie de estados por las que pasa un sistema durante un proceso desde el estado inicial hasta el estado final, un ejemplo es un ciclo termodinámico.



Trayectoria de un Proceso [Figura 4-2].

Tipos de procesos.

Proceso isobárico

Es el proceso de compresión termodinámico mediante el cual el volumen y la temperatura de un gas varían mientras que la presión se mantiene constante. Un ejemplo simple y cotidiano de este proceso es la ebullición del agua en un recipiente abierto, al suministrar energía calorífica al agua, aumenta su temperatura y se convierte en vapor. El vapor tiene una temperatura superior y ocupa un mayor volumen, sin embargo, la presión permanece constante en este caso sería la presión atmosférica.

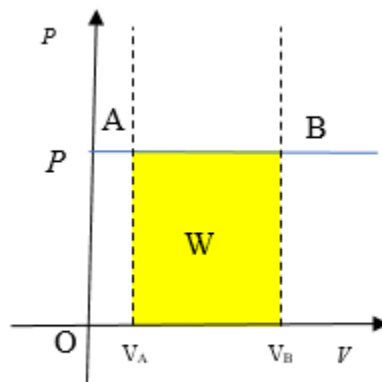
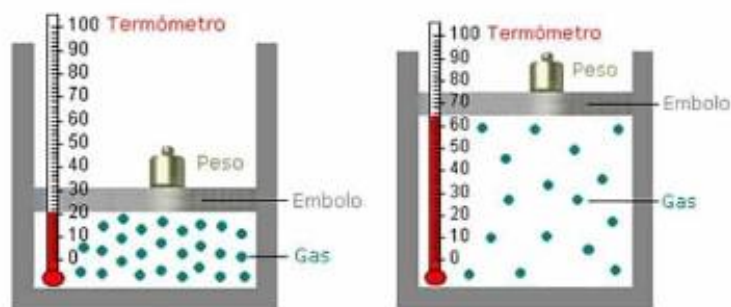


Diagrama de proceso isobárico. [Figura 4-3].

También se tiene la Ley de Charles representada de la siguiente forma:



Ejemplo de la Ley de Charles. [Figura 4-4]

La ley de Charles nos dice que cuando la presión es constante, el volumen es directamente proporcional a la temperatura, como podemos observar en la figura 4-4 al calentar el gas dentro del pistón, aumenta su energía y hace que el gas se expanda.

Proceso Isocórico, isométrico o isovolumétrico.

Este es un proceso Termodinámico en el cual el volumen permanece constante $\Delta V = 0$, esto implica que el proceso no realiza trabajo a presión-volumen ya que la presión y la temperatura varían. Un ejemplo cotidiano de esto es la cocción de la comida en una olla de presión, ya que, al tapar herméticamente una olla, el volumen interior no suele cambiar por lo tanto al añadir calor su temperatura y su presión aumenta rápidamente.

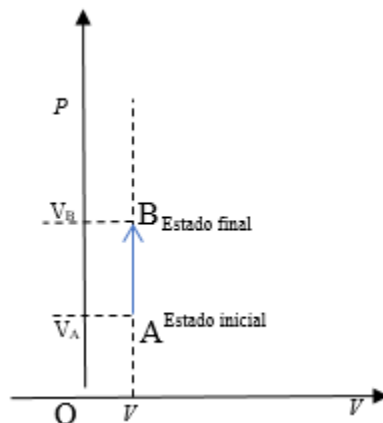


Diagrama de proceso isocórico. [Figura 4-5]

Proceso Isotérmico.

Es el proceso térmico mediante el cual la temperatura se mantiene constante pero el volumen y la presión varían. Un ejemplo de proceso isotérmico es el cambio de fase del agua, al pasar de líquido a sólido, la temperatura permanece constante a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pero su volumen cambia.

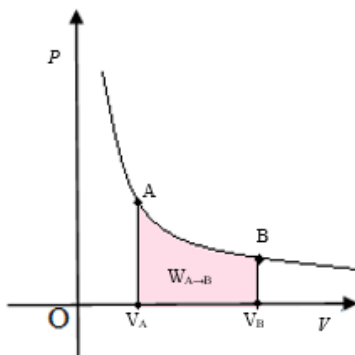


Diagrama de proceso isotérmico. [Figura 4-6]

Proceso adiabático

Es un proceso termodinámico en el que el sistema no intercambia calor con su entorno. El requisito es que el calor del sistema permanezca constante. Un ejemplo sencillo de un sistema adiabático se da al calentar un termo que está construido con doble pared, las paredes del termo son adiabáticas y no permiten la interacción térmica entre la flama y el sistema.

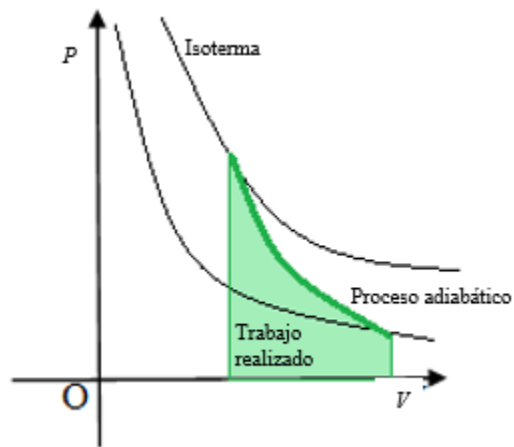


Diagrama de proceso adiabático. [Figura 4-7]

Fases de una sustancia pura.

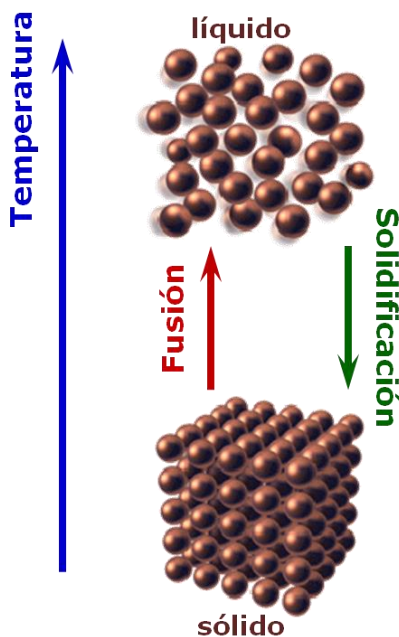
Son tres: sólida, líquida y gaseosa. Se distinguen por su diferente estructura molecular.

Cambio de Fase.

Es el cambio de la estructura molecular de una sustancia, por ejemplo, pasar de sólido a líquido o de líquido a gas.

Características de la fase sólida.

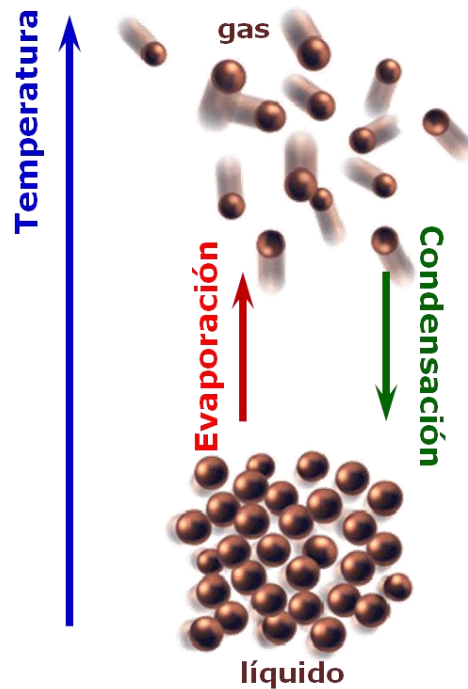
- 1) Las moléculas de un sólido están dispuestas en un patrón tridimensional que se repite por todo el sólido.
- 2) Las distancias intermoleculares son pequeñas.
- 3) Las fuerzas de atracción entre las moléculas son grandes y las mantienen en posiciones fijas. Aunque las moléculas de un sólido permanecen en una posición relativamente fija, oscilan de manera continua con respecto a su posición de equilibrio. La velocidad de estas oscilaciones depende de la **temperatura**; por lo tanto, al aumentar la temperatura la velocidad de estas oscilaciones aumenta y hace que las fuerzas intermoleculares disminuyan de forma parcial por lo que las moléculas empiezan a apartarse y da inicio el **proceso de fusión** como se muestra en la figura 5.



(CEDRÓN, 2021). Equilibrio sólido – líquido. [Figura 5].

Características de la fase líquida

- 1) Las moléculas ya no están en posiciones fijas entre sí y pueden girar y trasladarse libremente.
- 2) Las fuerzas intermoleculares son más débiles con relación a la de los sólidos.
- 3) La fuerza de atracción entre las moléculas es mayor comparada a la de los gases. De igual forma, al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de oscilación de las moléculas, lo que da inicio al proceso de evaporación como se muestra en la figura 5-2



(CEDRÓN, 2021). Equilibrio líquido – vapor. [Figura 5-2].

Características de la fase gaseosa.

- 1) Las moléculas están bastante separadas, se mueven al azar con colisiones continuas entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene.
- 2) Las fuerzas intermoleculares son más débiles con relación a las de los líquidos.
- 3) Las moléculas tienen un nivel considerable de energía mayor que en las otras fases.

Calor latente.

Es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de estado. Cuando este cambio supone pasar de fase sólida a líquida hablamos de calor de fusión y cuando el cambio produce de estado líquido a gaseoso, hablamos de calor de vaporización.

Cambios de estado de los cuerpos

Por ejemplo, si a un trozo de hielo le aplicamos calor y comienza a subir de temperatura, al alcanzar los 0°C se producirá el cambio de estado de sólido a líquido, y esa temperatura no variará, aunque se le siga aplicando calor hasta que se haya fundido totalmente. Una vez fundido, el hielo ahora en estado líquido comenzará nuevamente a subir su temperatura hasta llegar a los 100°C en los que nuevamente se produce el cambio de fase a la vaporización y desde ese momento, la temperatura se mantiene estable hasta que se evapora el agua en su totalidad.

El término latente, procedente del latín y cuyo significado es oculto o escondido, fue utilizado para denominar este fenómeno ya que no se percibía un aumento de temperatura en el cambio de fase a pesar de añadir calor.

Esta energía en forma de calor o calor latente produce el cambio de estado de los cuerpos y esta sucesión de fases se reproduce de forma habitual en todas las sustancias de la naturaleza.

Condensación y solidificación

Los cambios de estado en sentido inverso, es decir condensación y solidificación, son procesos exotérmicos, es decir que nos “devuelven” la misma cantidad de calor que ha sido necesaria aportar para la fusión y la evaporación.

Calor sensible y calor específico.

A diferencia del calor latente, el **calor sensible** es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado. La cantidad de calor necesaria para calentar (o enfriar) un cuerpo, es directamente proporcional a la masa de este y a la diferencia de temperaturas.

La constante de proporcionalidad es lo que llamamos **calor específico** o, dicho de otro modo, el calor específico de una sustancia puede definirse como la cantidad de calor que hace falta suministrar a la unidad de masa (1 kg) de dicha sustancia para elevar su temperatura 1 grado.

Se habrá de tener en cuenta que, el calor específico de cada sustancia es distinto, y este también varía según su temperatura por lo que, no se requerirá la misma energía para subir en 1°C la temperatura de un 1kg de cobre que de un 1kg de aluminio.

2.2.2 LEY DE LOS GASES IDEALES.

Gas ideal.

Los gases ideales son gases teóricos o hipotéticos cuyas moléculas se desplazan aleatoriamente sin interactuar entre sí y tienen las siguientes características.

- 1) Su energía cinética es directamente proporcional a la temperatura.
- 2) Las colisiones entre las moléculas son de tipo elástico que conservan el momento y la energía cinética.
- 3) Son analizables usando la mecánica estadística.
- 4) No tienen fuerzas de atracción o repulsión.
- 5) Ocupan siempre el mismo volumen a las mismas condiciones de presión y temperatura.

Ley de los gases ideales.

$$PV = mRT$$

Donde:

P: es la presión absoluta (kPa)

V: Volumen (m^3)

m: masa del sistema (kg)

R: constante del gas ($KPa \cdot m^3 / kg \cdot K$)

T: temperatura absoluta. (K)

Cuando mantenemos la presión constante, el volumen y la temperatura son directamente proporcionales.

$$P_1 V_1 = mRT_1$$

$$P_2 V_2 = mRT_2$$

Si hacemos $P_1 = P_2$ tendríamos:

$$V_1 = \frac{mRT_1}{P_1}$$

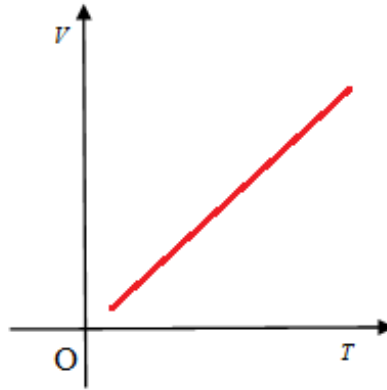
$$V_2 = \frac{mRT_2}{P_1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\cancel{P_1} \cancel{mRT_1}}{\cancel{P_1} \cancel{mRT_2}}$$

Y transponiendo términos

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

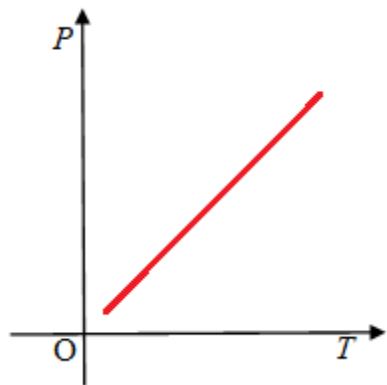
A este caso particular se le conoce como la Ley de Charles.



Representación gráfica de la Ley de Charles [Figura 6].

De la misma manera manteniendo el volumen constante obtenemos la Ley de Gay – Lussac.

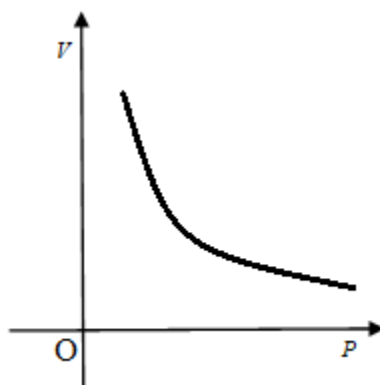
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



Representación gráfica de la Ley de Gay – Lussac. [Figura 7].

De la misma manera manteniendo la temperatura constante obtenemos la Ley de Boyle - Mariotte. En la figura 6 la gráfica indica que el volumen es inversamente proporcional a la presión.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$



Representación gráfica de la Ley de Boyle-Mariotte. [Figura 8].

Presión atmosférica.

La presión atmosférica o presión barométrica es la fuerza que ejerce la columna de aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre en un punto determinado.

Esta fuerza es inversamente proporcional a la altitud. Cuando mayor es la altitud, menor es la presión atmosférica, y cuando menor es la altitud, mayor es la presión atmosférica.

La mayor presión atmosférica es la que se produce al nivel del mar. Por ende, esta medida se toma como referencia de la **presión atmosférica normal**.

Presión atmosférica normalizada: La presión ejercida por la atmósfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1013,25 hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m s.n.m. (metros sobre el nivel medio del mar), temperatura ambiente de 20 °C, humedad de 65 %HR y densidad del aire de 1,2 kg/m³.

Presión barométrica: presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1013,25 hPa).

Altitud: Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera y el nivel medio del mar.

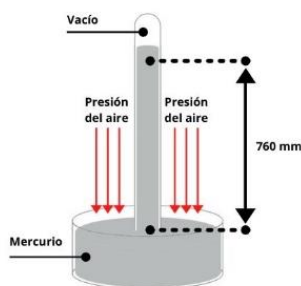
Unidades de presión atmosférica.

Existen diversas unidades de medida para representar la presión atmosférica. La utilizada en el S.I. es la llamada Pascal (Pa) o hectopascal (hPa). Sin embargo, también se usan bares (b), milibares (mb), “atmósferas” (atm), milímetros de mercurio (mm Hg) y Torricelli (Torr)

Instrumentos para medir la presión atmosférica.

El instrumento para medir la presión atmosférica se conoce como **barómetro**. Es por ello que la presión atmosférica también recibe el nombre de presión barométrica. Existen diversos tipos de barómetros. Los más importantes son los siguientes:

Barómetro de mercurio



Esquema básico de un barómetro de mercurio [Figura 9].

Es el primer barómetro de la historia, inventado por Evangelista Torricelli en 1643. Se trata de un tubo de vidrio abierto en el extremo inferior y cerrado en el extremo superior. Este tubo se llena de mercurio, cuyo nivel sufre variaciones según el peso de la columna del aire que descansa sobre el aparato. Veamos cómo es posible. En el llamado experimento de Torricelli, el científico llenó totalmente un tubo de un metro de longitud con mercurio y lo cerró con un dedo. Luego le dio la vuelta, lo colocó a una determinada inclinación en un recipiente, también con mercurio, y liberó la boca del tubo. Al hacer esto, el líquido descendió, pero el descenso se detuvo a una altura de 76 cm, lo que generó un vacío en el extremo superior. De esto se indujo que la presión en el vacío equivale a 0. Con estos datos, Torricelli logró calcular la presión atmosférica.

Barómetro aneroide.

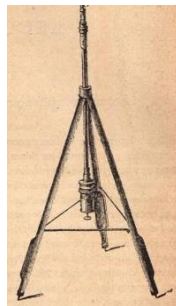


Barómetro aneroide [Figura 10].

Inventado en 1843 por Lucien Vidie, este barómetro consta de una cápsula metálica plateada. Esta cápsula está en contacto con una palanca sujeta a unos engranajes que, a su vez, se encuentran unidos a una aguja indicadora. La cápsula se contrae cuando hay mayor presión o se expande cuando hay menor presión, lo que impulsa el movimiento de los engranajes y activa la aguja indicadora.

Barómetro de Fortín.

Está conformado por un tubo con mercurio ubicado en un tubo de vidrio. Todo se encuentra sostenido por una estructura cónica.



Barómetro de fortín [Figura 11].

Barómetro digital.

Es una alternativa más barata al barómetro aneroide y con mayor exactitud que el barómetro de mercurio tradicional. Presentan la lectura en pantalla digital y además de la presión atmosférica se pueden medir otras variables, como la temperatura de bulbo seco y humedad relativa.



Barómetro digital [Figura 12].

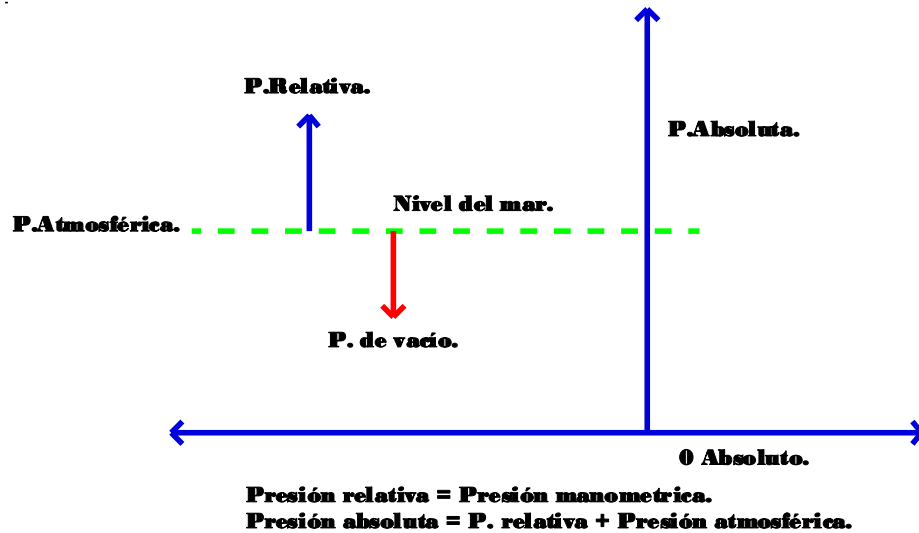
Presión manométrica.

Esta referenciada a cero con respecto a la atmosférica significa que ésta varía en función de la altura sobre el nivel del mar y de las condiciones ambientales, es utilizada en la mayoría de aplicaciones industriales.

Si la presión manométrica está por encima de la presión atmosférica, es positiva. Si la presión manométrica está por debajo de la presión atmosférica es negativa por lo tanto la podemos definir como la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica.

Presión absoluta.

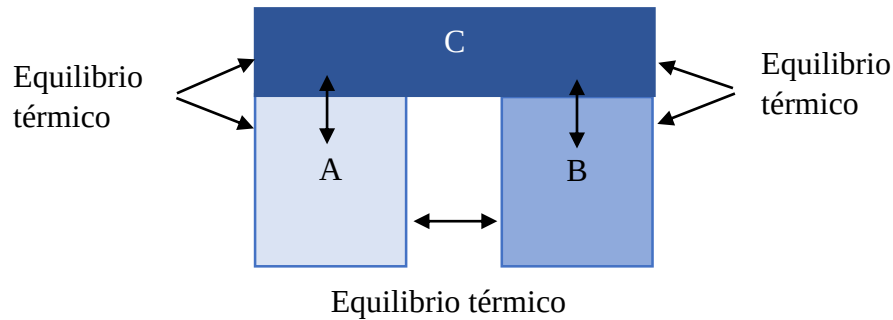
Es cuando la presión se mide con respecto al vacío perfecto, por lo tanto, la presión absoluta es la suma de la presión atmosférica y la manométrica. Es importante saber que para tener una lectura de presión absoluta de “cero” es alcanzando el **vacío perfecto** que solamente lo tenemos en el espacio exterior.



Ejemplo de gráfico y fórmulas que relacionan la presión [Figura 13].

2.2.3 LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA.

Esta ley también es conocida como la “ley del equilibrio térmico”. Establece que dos sistemas que están en equilibrio térmico con un tercer sistema, alcanzan el equilibrio entre sí. Esto debido al intercambio de energía calorífica del de mayor temperatura al de menor temperatura, hasta que alcanzar la misma temperatura.



Ejemplo de la Ley Cero de la Termodinámica. [Figura 14].

Como observamos en la figura 14, el sistema A y B interactúan con el sistema C hasta alcanzar el equilibrio térmico entre sí.

Esta ley fue la última de las leyes termodinámicas a ser introducida, para obtener una estructura lógica fue necesario colocarla antes de las otras leyes. La importancia de esta ley es que con ella podemos definir escalas de temperaturas. Siendo un método confiable para medir la temperatura de diversos sistemas.

2.2.4 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

La primera ley de la Termodinámica, conocida también como el principio de conservación de la energía, es una base sólida para estudiar las relaciones entre las diversas formas de interacción de energía. Su enunciado es: “La energía no se crea ni se destruye solo se transforma”.

La energía suministrada o retirada del sistema es igual al cambio de la energía final menos la energía inicial.

$$\Delta E_{sistema} = E_{final} - E_{inicial}$$

Por lo tanto, cada cambio de una forma de energía que ocurra por pequeña que sea, debe justificarse con un cambio de otro tipo. Por ejemplo, se sabe que una roca a una altura determinada posee cierta energía potencial, y que parte de ésta se convierte en cinética cuando cae la roca.

Balance de energía.

El principio de conservación de la energía se expresa como: *el cambio neto de la energía total del sistema durante el proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema durante el proceso.*

$$\Delta E_{sistema} = E_{entrada} - E_{salida}$$

Esta relación es aplicable a cualquier tipo de sistema que experimente cualquier tipo de proceso.

Aplicación del primer principio para sistemas cerrados.

Un sistema cerrado es aquel en el que la **masa** no atraviesa las fronteras del mismo, sin embargo, puede haber transferencia de calor. El balance de energía para un sistema cerrado se puede expresar como:

$$Q - W = \Delta U + \Delta EC + \Delta EP$$

Donde:

Q = transferencia de calor hacia el sistema.

W = trabajo realizado por el sistema.

ΔU = variación de energía interna

ΔEC = variación de energía cinética.

ΔEP = variación de energía potencial.

Aplicación del primer principio para sistemas abiertos.

Es importante definir que es la entalpía y su papel en los cambios de energía de los sistemas termodinámicos. La entalpía es la cantidad de calor que un sistema termodinámico libera o absorbe del entorno que lo rodea cuando se está a presión constante. Se expresa de la siguiente forma:

$$H = E + PV$$

Donde:

E = energía del sistema.

P = presión del sistema.

V = volumen del sistema.

Un sistema abierto es aquel en el la masa y la energía pueden cruzar las fronteras del mismo, estos sistemas son conocidos como volumen de control. El balance de energía para un sistema abierto se expresa de la siguiente forma:

$$Q - W = \Delta E = E_{final} - E_{inicial} = \Delta EC + \Delta EP + \Delta H$$

Donde:

Q = transferencia de calor hacia el sistema.

W = trabajo realizado por el sistema.

ΔEC = variación de energía cinética.

ΔEP = variación de energía potencial.

ΔH = variación de entalpía.

Principio de conservación de la masa.

Establece que la transferencia neta de masa hacia o desde un sistema durante un proceso es igual al cambio neto (incremento o disminución) en la masa total del sistema durante ese proceso, y se expresa como:

$$m_{entrada} - m_{salida} = \Delta m_{sistema} \quad y \quad \dot{m}_{entrada} - \dot{m}_{salida} = \frac{dm_{sistema}}{dt}$$

Donde:

$m_{entrada}$ = masa de entrada.

m_{salida} = masa de salida.

$\Delta m_{sistema}$ = Cambio de masa del sistema.

$\dot{m}_{entrada}$ = flujo másico de entrada

$\dot{m}_{salida}$ = flujo másico de salida.

$dm_{sistema}$ = diferencial de masa del sistema.

dt = diferencial de tiempo.

2.2.5 SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

La segunda ley de la Termodinámica conduce a la definición de una nueva propiedad llamada entropía que es una medida cuantitativa de desorden microscópico para un sistema. Este segundo principio se formula con varios enunciados que, aunque poseen validez general, están expresados en términos de máquinas térmicas.

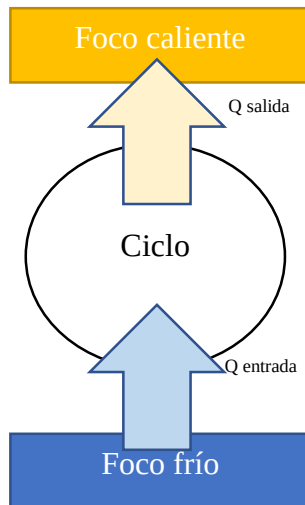
Los más importantes de estos enunciados son:

Enunciado de Kelvin-Planck.

No puede construirse un dispositivo que, operando en un ciclo, tenga como único resultado la absorción de calor de un solo foco y la producción de una cantidad equivalente de trabajo.

Enunciado de Clausius.

Es imposible construir un dispositivo que, operando cíclicamente, tenga como único resultado el paso de calor de un foco frío a uno caliente.



Ejemplo del enunciado de Clausius. [Figura 15]

Teorema de Carnot.

El rendimiento de una máquina térmica irreversible que funcione entre dos temperaturas es siempre menor que el de una máquina térmica reversible que funcione entre las mismas temperaturas.

Estos tres enunciados son bastante “concretos” en cuanto a que hablan de procesos y dispositivos fácilmente interpretables. No obstante, el segundo principio de la termodinámica puede enunciarse de formas más abstractas que, si bien requieren un mayor esfuerzo para su interpretación, ponen de manifiesto de forma más clara la validez universal de esta ley.

Uno de estos enunciados, que es el que se llama la **Desigualdad de Clausius**.

Para todo proceso cíclico

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$$

Donde:

dQ = diferencial de calor que entra en el sistema desde un foco situado a la temperatura “T”

T = temperatura del foco que cede calor.

Cumpléndose la desigualdad si el proceso es irreversible, y la igualdad si es reversible. Cualquier cantidad cuya integral cíclica es cero es una propiedad, y la entropía para el caso especial de un proceso isotérmico internamente reversible, está definida como:

$$dS = (dQ/T)_{\text{int rev}} \quad \text{es decir, } S = Q/T_0$$

La parte de la desigualdad en la desigualdad de Clausius combinada con la definición de entropía produce una desigualdad conocida como el *principio de incremento de entropía*, que se expresa como: $S_{\text{gen}} \geq 0$, donde S_{gen} es la *entropía generada* durante el proceso. El cambio de entropía es ocasionado por la transferencia de calor, el flujo másico e irreversibilidades.

La transferencia de calor hacia un sistema aumenta la entropía, y la transferencia de calor desde un sistema la disminuye. El efecto de las irreversibilidades siempre es aumentar la entropía.

Principio del aumento de entropía.

En el caso particular de un sistema aislado, ningún calor entra o sale del sistema, $dQ = 0$ y, por tanto:

$$\Delta S_{sis} \geq 0 \quad (\text{Sistema aislado})$$

Esto es, para un sistema aislado la entropía es una función creciente en todo proceso real. Sólo si el proceso es reversible la entropía permanece constante.

Si consideramos el “universo” como el conjunto del sistema más la parte del ambiente con la que intercambia calor o trabajo, podemos tratar al universo como un sistema aislado, con lo que obtenemos el principio del aumento de entropía:

$$\Delta S_u = \Delta S_{sis} + \Delta S_{amb} \geq 0$$

(Proceso general)

Donde:

ΔS_u = Cambio de entropía del universo.

ΔS_{sis} = Cambio de entropía del sistema.

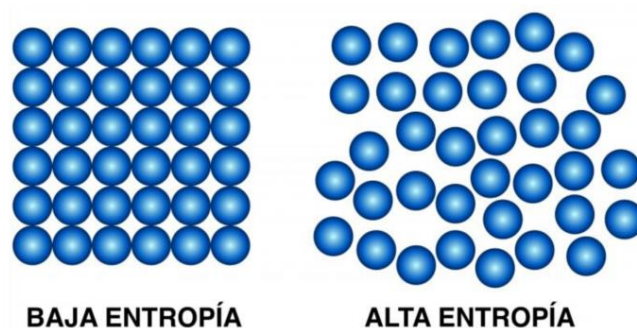
ΔS_{amb} = Cambio de entropía del ambiente

Esto es, en todo proceso real la entropía aumenta (si el proceso es irreversible) o permanece estacionaria (si es reversible), pero nunca disminuye.

Obsérvese que en un proceso real es posible que la entropía del sistema disminuya (es lo que ocurre normalmente si se enfría), pero esa disminución debe ser compensada por un aumento de entropía en el ambiente, que supere con creces dicha disminución.

2.2.6 TERCERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

La tercera ley de la Termodinámica establece que la entropía de una sustancia cristalina pura a la temperatura del cero absoluto es cero.



<https://concepto.de/leyes-de-la-termodinamica/>

Ejemplo de entropía. [Figura 16]

Cuanto mayor sea el desorden o la libertad de movimiento de los átomos o moléculas de un sistema, mayor será la entropía de éste, por ejemplo, si tenemos un gas, las moléculas de este se encuentran con libertad por lo que se encontraran en el mayor desorden, pero si comenzamos a enfriar el gas, las moléculas irán perdiendo entropía, cada vez tendrán menos movimiento y en el cero absoluto dejarán de moverse ($S=0$).

Dicho en otras palabras:

Al llegar al cero absoluto (cero en unidades de Kelvin), los procesos de los sistemas físicos se detienen.

Al llegar al cero absoluto (cero en unidades de Kelvin), la entropía posee un valor mínimo constante.

Asociado a este caos molecular se encuentra un valor alto de entropía.

Desde un punto de vista microscópico (a partir de la perspectiva de la Termodinámica estadística), un sistema aislado que parece estar en equilibrio puede exhibir un nivel alto de actividad debido al movimiento incesante de las moléculas. A cada estado de equilibrio macroscópico corresponde un gran número de posibles estados microscópicos o configuraciones moleculares; entonces la entropía de un sistema se relaciona con el número

total de esos estados posibles de ese sistema y es llamada probabilidad Termodinámica p , que se expresa por la relación de Boltzmann como $S = k \ln p$, donde $k = 1.3806 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ es la constante de Boltzmann.

Por consiguiente, desde un punto de vista microscópico, la entropía de un sistema aumenta siempre que la aleatoriedad o incertidumbre molecular (es decir, la probabilidad molecular) de un sistema aumenta.

Así, la entropía es una medida de desorden molecular, y el desorden molecular de un sistema aislado aumenta siempre que experimenta un proceso.

El balance de entropía para cualquier sistema que experimenta cualquier proceso puede expresarse en forma general como:

$$\underbrace{S_{\text{ent}} - S_{\text{sal}}}_{\text{Transferencia neta de entropía por calor y masa}} + \underbrace{S_{\text{gen}}}_{\text{Generación de entropía}} = \underbrace{\Delta S_{\text{sistema}}}_{\text{Cambio de entropía}}$$

O, en forma de tasa, como

$$\underbrace{\dot{S}_{\text{ent}} - \dot{S}_{\text{sal}}}_{\text{Tasa de transferencia neta de entropía por calor y masa}} + \underbrace{\dot{S}_{\text{gen}}}_{\text{Tasa de generación de entropía}} = \underbrace{dS_{\text{sistema}}/dt}_{\text{Tasa de cambio de entropía}}$$

Donde:

S_{ent} = entropía de entrada.

S_{sal} = entropía de salida

S_{gen} = generación de entropía.

ΔS_{sis} = cambio de entropía del sistema.

$\dot{S}_{\text{ent}}$ = tasa de cambio de la entropía de entrada.

$\dot{S}_{\text{sal}}$ = tasa de cambio de la entropía de salida.

$\dot{S}_{\text{gen}}$ = tasa de generación de entropía.

dS_{sistema}/dt = Tasa de cambio de entropía

Para un proceso general de flujo estacionario se simplifica a:

$$\dot{S}_{gen} = \sum \dot{m}_{sal} s_{sal} - \sum \dot{m}_{ent} s_{ent} - \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$$

Donde:

$\dot{S}_{gen}$ = tasa de generación de entropía.

$\sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$ = tasa de transferencia de entropía a través de la frontera del volumen de control por la transferencia de calor. Donde $\dot{Q}_k$ es la tasa de transferencia de calor a través de la frontera a la temperatura T_k en el sitio k .

$\sum \dot{m}_{ent} s_{ent}$ = tasa neta de transferencia de entropía en el volumen de control por flujo másico (entrada).

$\sum \dot{m}_{sal} s_{sal}$ = tasa neta de transferencia de entropía en el volumen de control por flujo másico (salida).

2.3 CALORIMETRÍA

La calorimetría es la técnica de medición cuantitativa de intercambio de calor donde las mediciones se realizan con un instrumento llamado calorímetro el cual es un recipiente aislado que permite una pérdida de calor la cual es mínima al entorno.

Los cálculos se basan en un principio básico el cual dice: si fluye calor entre dos cuerpos aislados de sus alrededores, el calor perdido por un cuerpo debe de ser igual al ganado por el otro. El calor es transferencia de energía así que este principio es el de la conservación de la energía lo que se quiere llegar es que para un sistema aislado la Suma de todos los calores ganados o perdidos en una mezcla por las sustancias involucradas debe de ser CERO.

$$\sum Q = Q_{ganado} + Q_{perdido} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$$

Donde:

$\sum Q$: Sumatoria de la energía calorífica ganada y perdida de cada elemento del sistema.

Q_1 : Energía ganada o perdida de cada elemento.

También podemos definirla como la capacidad calorífica “C” de un cuerpo como la cantidad de calor que el mismo absorbe es decir cuando aumenta un grado. Si ese al pasar de una temperatura inicial T_1 y al colocarle otra temperatura T_2 y esta absorbe una cantidad de Calor “Q” tendremos que:

$$C = \frac{Q}{T_2 - T_1}$$

Las unidades de las capacidades caloríficas están definidas como *cal/grado*, se considerará que el rango de temperatura en el que trabajaremos en las practicas “C” es constante. Se define calor específico de una sustancia como la capacidad calorífica por unidad de masa de una sustancia.

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}$$

Donde “m” es la masa de la sustancia, las unidades del calor específico son:

$\text{cal}/(\text{grado gr})$. Esto representa que el calor absorbido o cedido por una sustancia de masa “m” y calor específico “c” al variar la temperatura de T_1 a T_2 es:

$$Q = m c (T_2 - T_1)$$

Medidas de calor específico por el método de mezclas.

Son dos cuerpos de masa m_1 y m_2 , calores específicos c_1 y c_2 que estos se encuentran en diferentes temperaturas T_1 y T_2 si estos se ponen en contacto e intercambia calor hasta llegar a una temperatura común de equilibrio T_3 que es el valor medio entre T_1 y T_2 en estos tipos de casos el cuerpo más caliente es el que cederá calor que será absorbido por el cuerpo más frío supongamos que $T_2 > T_1$ en este caso el calor cedido por el cuerpo 2 será.

$$Q_2 = m_2 c_2 (T_2 - T_3)$$

Y el calor absorbido por el cuerpo 1.

$$Q_1 = m_1 c_1 (T_3 - T_1)$$

Si los cuerpos están aislados del exterior, todo el calor cedido por el cuerpo 2 será absorbido por el cuerpo 1, con lo que $Q_1 = Q_2$ y.

$$m_2 c_2 (T_2 - T_3) Q_1 = m_1 c_1 (T_3 - T_1)$$

La ecuación anterior nos muestra que, si conocemos uno de los calores específicos, podemos conocer el otro mediante un experimento adecuado y las medidas de las temperaturas iniciales y final en equilibrio térmico. En esto se basa el método de las mezclas.

Un calorímetro es un instrumento que se utiliza para medir la energía calorífica que se transfiere de una sustancia a otra, en el proceso de intercambio calorífico se tienen los mecanismos de radiación, combustión y convección.

Su constitución básica es: un termómetro, envase cuyo material debe ser aislado térmicamente y agitador.

2.3.1 TIPOS DE CALORÍMETRO

Los más comunes son:

Calorímetro de titulación isotérmica.



Calorímetro de titulación isotérmica. [Figura 17]

Utiliza los funcionamientos base de todo calorímetro a través del agua. Este tipo es especialmente usado para el estudio de las macromoléculas.

Calorímetro de escaneo diferencial.



Calorímetro de escaneo diferencial. [Figura 18]

Cuenta con un aparato que mide la temperatura en relación a los cambios durante el tiempo del objeto. Es utilizado en bioquímica para el estudio de ácidos nucleicos.

Calorímetro adiabático.



Calorímetro adiabático. [Figura 19]

Se caracteriza por tener una estructura aislante llamada escudo. El escudo se encuentra alrededor de la celda donde se producen los cambios de calor y temperatura. Está conectado a un sistema electrónico que mantiene su temperatura muy cercana a la de la celda, para evitar así la transferencia de calor.

En él se minimiza la diferencia de temperatura entre el calorímetro y sus alrededores; así como se minimiza el coeficiente de transferencia de calor y el tiempo para el intercambio de calor.

Calorímetro de Joule (de resistencia eléctrica).



Calorímetro de joule [Figura 20]

Se utiliza para determinar el calor específico de una sustancia, así como para medir las cantidades de calor emitidas o absorbidas por esta sustancia.

2.3.2 APLICACIONES.

El calorímetro nos permite conocer la cantidad de calor que procede de un material y así conocer su estado, y como debemos actuar ante ella para su uso. Resiste altas concentraciones de energía calórica, lo que es importante en cuestión de seguridad y ambiente.

Su uso se ha extendido a las áreas farmacéuticas, químicas, procesadoras de alimentos e industria en general.

2.3.3 TABLA DE CALORES ESPECÍFICOS DE ALGUNAS SUSTANCIAS.

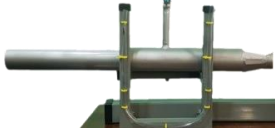
Sustancia	$cal/g\ ^\circ C$	$J/Kg\ ^\circ C$
Agua	1.00	4200
Hielo	0.50	2100
Vapor	0.48	2016
Hierro	0.113	475
Cobre	0.093	391
Aluminio	0.217	911
Plata	0.056	235
Vidrio	0.199	836
Mercurio	0.033	139
Plomo	0.031	130

CAPÍTULO III. GUÍAS PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

3.1 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS A UTILIZAR.

Probeta. 	Dimensiones: 25.4 cm x Ø 2.9 cm		
	Graduación: 1.0 ml – 100ml		
	Con pico y base hexagonal.		
	Distribuidor.	Teléfono.	Página web.
	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Pinzas para Beakers. 	Diámetro: varilla de ¼		
	Extremos: cubiertos con caucho.		
	Rango soportado: 50 – 2000 ml		
	Distribuidor.	Teléfono.	Página web.
	Electro- labmedic	22399999	https://www.electrolabmedic.com/
Soplador. 	Boquilla: Ø 2.54 cm		
	Velocidad: 8 velocidades		
	Máxima velocidad permisible: 2.5 m ³ /min		
	Voltaje: 110 VAC.		
	Potencia: 600 Watts.		
	Distribuidor.	Teléfono.	Página web.
Multímetro. 	Freund		
	78702456		
	https://www.freundferreteria.com/		
	Resolución voltaje: 0.001 [V]		
	Resolución resistencia: 0.001 [KΩ]		
	Resolución de temperatura 0.001 C		
	Resolución de temperatura 0.001 C		
	Resolución de Amperaje 0.001 Amp AC y DC		
	Marca: Techman		
Termómetro de Mercurio. 	Distribuidor.	Teléfono.	Página web.
	Casa Rivas	22221718	https://www.casarivas.com/
	Longitud: 20.32 cm		
	Rango: 40 a 200 °C (100 a 400 °F)		
	Material: vidrio		
	Distribuidor.	Teléfono.	Página web.
	Vidrí	22777333	https://www.vidri.com.sv/

Calorímetro. 	Dimensiones: Longitud 13.97 cm x Ø interior de 7,6cm		
	Potencia: 5 Watts		Voltaje: 12VDC
	Distribuidor	Teléfono.	Página web.
	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Termopar. 	Longitud: 2 mt		
	Balona: 3/8 pulgadas		
	Rango de temperatura -40 a 700 °C (-40 a 1292 °F)		
	Tipo de aislamiento: Teflón, Fibra de Vidrio		
	Tipo: J (Hierro-Constantan)		
	Distribuidor	Teléfono.	Página web.
	Grupo delpin	22397300	https://www.grupodelpin.com/
Balanza analítica. 	Dimensiones: 20 x 25 x 15 cm x Ø 12.5 cm		
	Resolución de peso: 0.001 g		
	Unidades: g, kg, oz, lb, ozt, pcs.		
	Distribuidor	Teléfono	Página web
	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Termómetro digital. 	Longitud: 20.32 cm		
	Rango: -40°C a 150°C (-40°F a 302°F)		
	Resolución de temperatura: 0.001 C		
	Distribuidor	Teléfono.	Página web.
	Vidrí	2277 7333	https://www.vidri.com.sv/
Guantes Térmicos. 	Forro de franela interno		
	Costuras reforzadas de hilo kevlar		
	Distribuidor	Teléfono	Página web
	Freund	7870- 2456	https://www.freundferreteria.com/
Termistor NTC. 	Longitud de cable 2 mt		
	Rango de medición: -20 a 150 °C (-4 a 302 °F)		
	Salida: 2 Cables		
	Medidas del sensor: ¼ pulgadas		
	Distribuidor	Teléfono.	Página web.
	Grupo delpin	22397300	https://www.grupodelpin.com/

Anemómetro. 	Dimensiones: 10.29 x 2 x 4.3 cm Velocidad del viento: 0 a 30 m/s. Unidades: ft/min, nudos, km/h, mph Precisión de la velocidad del viento: ± 5% Temperatura: - 10°C a 45°C Batería: CR2032 3.0 V <table><tr><td>Distribuidor</td><td>Teléfono.</td><td>Página web.</td></tr><tr><td>PROSER- QUISA</td><td>22734770</td><td>https://proserquisa.com/</td></tr></table>	Distribuidor	Teléfono.	Página web.	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Distribuidor	Teléfono.	Página web.					
PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/					
Mechero de alcohol. 	Capacidad: 80 ml. Material: Acero Inoxidable <table><tr><td>Distribuidor</td><td>Teléfono.</td><td>Página web.</td></tr><tr><td>PROSER- QUISA</td><td>22734770</td><td>https://proserquisa.com/</td></tr></table>	Distribuidor	Teléfono.	Página web.	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Distribuidor	Teléfono.	Página web.					
PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/					
Calentador de agua. 	Dimensiones: 23 x 41 x 22.6 cm Potencia: 1500 watts Temperatura: 265 °F a 375 °F (129 – 190 °C) <table><tr><td>Distribuidor</td><td>Teléfono</td><td>Página web.</td></tr><tr><td>Freund</td><td>78702456</td><td>https://www.freundferreteria.com/</td></tr></table>	Distribuidor	Teléfono	Página web.	Freund	78702456	https://www.freundferreteria.com/
Distribuidor	Teléfono	Página web.					
Freund	78702456	https://www.freundferreteria.com/					
Barómetro digital. 	Dimensiones largo 8.38 x 4.83 x 14.48 cm Fuente de alimentación: 2 pilas LR6AA <table><tr><td>Distribuidor</td><td>Teléfono</td><td>Página web.</td></tr><tr><td>PROSER- QUISA</td><td>22734770</td><td>https://proserquisa.com/</td></tr></table>	Distribuidor	Teléfono	Página web.	PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/
Distribuidor	Teléfono	Página web.					
PROSER- QUISA	22734770	https://proserquisa.com/					
Deposito de acero inoxidable 	Dimensiones: L x Ø 122 cm x 5.24 cm Material: Aluminio Volumen: 355 ml Latas recuperadas						
Tubo de Pitot. 	Dimensiones: L x Ø 90 x 5.08 cm Manguera plástica: 3/8 pulgada						
Soporte de acero inoxidable 	Dimensiones 9 cm x 11.5 cm X 16 cm Diámetro de varilla 3/8						

Recipiente de volumen constante. 	Dimensiones: L x Ø 7.62 x 10.16 cm		
	Material: Acero Inoxidable 0.635 cm		
	Niple: 3/8 x 3 pulgadas		
	Válvula: bola 3/8 pulgada		
	Unión: acople rápido 3/8 pulgada		
	Te: Galvanizada 1/8 pulgada		
	Masa: 2810 g	Nunca debe colocarse en la balanza ni en el calentador de agua	
Botella para medición de aire. 	Longitud: 30 cm		Material: vidrio
	Válvula: 3/8		
	Niple: 3/8 x 1"		
	Manguera: 1/4"		
	Volumen 750ml		
Extintor. 	Capacidad :400ml		
	Clasificación: Tipo ABC		
Cubeta de arena. 	Dimensiones: L x Ø 26 x 15 cm		
	Peso con arena: 40 lb		
Beaker (vaso de precipitados). 	Volumen máximo: 600 ml		
	Escala: 0-500ml		
	Material: Vidrio		
	Distribuidor	Teléfono	Página web
	PROSER-QUISA	22734770	https://proserquisa.com/

LISTADO DE DISTRIBUIDORES.

Distribuidores	Teléfonos	e-mail	Página web
Casa Rivas	(503) 2222-1718	praviana@casarivas.com.sv	https://www.casarivas.com/
Electro-labmedic	(503) 2239-9999	info@electrolabmedic.com.sv	https://www.electrolabmedic.com/
Freund	(503) 7870-2456	freundonline@freundferreteria.com	https://www.freundferreteria.com/
Grupo delpin	(503) 2239-7300	-----	https://www.grupodelpin.com/
Maprima	(503) 2231-0200	ventas@acerosmaprima.com	https://maprima.xarsesv.com/
PROSERQUIS A	(503) 2273-4770	gerencia@proserquisa.net	https://proserquisa.com/
Vidrí	(503) 2277-7333	-----	https://www.vidri.com.sv/

3.1.2 INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE TERMODINAMICA I.

1. Identifique la ubicación de extinguidores de incendio y depósito de arena
2. No ingiera alimentos, bebidas ni fume en el recinto del laboratorio.
3. Se debe de tener cabello recogido, no pulseras o cadenas.
4. Para las prácticas de termodinámica I es conveniente utilizar gabacha
5. Según el requerimiento de las prácticas usar anteojos y/o guantes de protección.
6. Mantenga aseado y ordenado el puesto de trabajo.
7. Los instrumentos de vidrio deben de ser manipulados de forma cuidadosa y precavida.
8. Los instrumentos deben de colocarse de forma ordenada y segura en estantería según instrucciones del instructor del laboratorio.
9. Previo a las prácticas de laboratorio, se deberá capacitar al personal en el uso de los equipos e instrumentos de acuerdo a los manuales del fabricante.
10. Reglas para el uso de equipos e instrumentos.
11. Antes de iniciar cualquier práctica Lea detenidamente todas las instrucciones de la guía.
12. No manipule equipos calientes sin la debida protección.

3.1.3 USOS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

Balanza Analítica



Cuidados básicos.

Verificar siempre la nivelación de la balanza.

Dejar siempre la balanza conectada a la toma y prendida para mantener el equilibrio térmico de los circuitos electrónicos.

Usar siempre el menor frasco de medida posible.

Nunca hacer presión con los frascos directamente al ponerlos o sacarlos de la cámara de medida. Se deben tomar los objetos con las pinzas porta beaker.

El plato de medida.

Poner el frasco siempre en el centro del plato de medida.

Remover el frasco del plato de medida luego que termine la operación de medida del peso.

La lectura.

Verificar si el mostrador indica exactamente cero al empezar la operación. Tare la balanza, si es necesario.

Leer el resultado de la operación luego que el detector automático de estabilidad desaparezca del mostrador.

Calibración.

Calibrar la balanza regularmente, más todavía cuando está siendo operada por vez primera, si fue cambiada de sitio, después de cualquier nivelación y después de grandes variaciones de temperatura o de presión atmosférica.

Mantenimiento.

Mantener siempre la cámara de medida y el plato limpios.

Usar frascos limpios y secos.

Influencias físicas sobre las masadas.

Cuando el mostrador de la balanza quede inestable, sea por variación continua de la lectura para más o menos o simplemente si la lectura está errada. SIEMPRE se debe estar observando influencias físicas indeseables sobre la operación.

Acciones correctivas:

Nunca pesar muestras retiradas directamente de estufas, muflas o refrigeradores.

Dejar siempre que la muestra alcance la misma temperatura del laboratorio o de la cámara de medida.

Tratar siempre de manipular los frascos de medida o las muestras con pinzas. No siendo posible, utilizar una banda de papel.

No tocar con las manos la cámara de medida.

Usar frascos de medida con la menor área posible.

Variación de masa.

Efecto observado: el mostrador indica lecturas que aumentan o disminuyen, continua y lentamente.

Motivo: aumento de masa debido a una muestra higroscópica (*aumento de humedad atmosférica*) o pérdida de masa por evaporación de agua o de sustancias volátiles.

Acciones correctivas:

Usar frascos limpios y secos y mantener el plato de medida siempre libre de polvo, contaminantes o gotas de líquidos.

Usar frascos de medida con cuello estrecho.

Usar tapas o corchos en los frascos de medida.

Mechero.



Cuidados básicos.

Verificar siempre nivel de alcohol antes de usarlo.

Usar siempre la llama requerida.

Nunca rellenar de alcohol cuando este prendida la llama

Mantenimiento.

Mantener siempre el tapón y mecha limpias.

Usar alcohol como carburante.

Precauciones.

Antes de utilizar el mechero, asegúrese que el área este limpia para realizar una ignición

El mechero deberá ser manipulado por una sola persona.

Encienda el cerillo después de sacar mecha del mechero.

No agregue carburante cuando el mechero esté en funcionamiento

Calentador de Agua.



Cuidados básicos.

El Calentador de agua debe ser revisado de frente y por detrás antes de utilizarse. Además: Compruebe si los mandos de control están dañados y compruebe si el cable de alimentación está deteriorado, envejecido o dañado.

Durante su uso: Compruebe si el Calentador huele de forma extraña al ponerlo en marcha. En caso de notarlo apagarlo inmediatamente.

Mantenimiento.

Mantener siempre la recámara y la resistencia limpia.

Verificar siempre los objetos que no sobrepasen 1500g.

Precauciones.

El calentador de agua debe ser manipulado por estudiantes de ingeniería con la debida asesoría del facilitador del laboratorio

El calentador de agua no debe de ser agitado o golpeado durante el funcionamiento.

La manipulación y adulteración puede causar daños severos o lesiones.

Verificar que el nivel de líquido sobrepase la resistencia antes de usarlo.

No toque las resistencias cuando esté en funcionamiento.

Uso.

El calentador debe de ser colocado en una superficie plana y horizontal.

La marca de nivel de líquido del calentador tiene que estar a la altura de la cesta.

Cuando conecte el cable de alimentación en un enchufe debe de asegurarse que este tenga un voltaje de 110VAC.

Mueva el mando del termostato de control en el sentido de las agujas del reloj y ajústelo a la temperatura deseada, el piloto de temperatura se encenderá.

El mando del termostato debe ser girado en el sentido contrario a las agujas del reloj para ponerlo en la posición de apagado.

Calorímetro.



Cuidados básicos.

Verificar siempre la limpieza del calorímetro.

Verificar que la resistencia tenga un nivel superior de líquido.

Antes de conectarlo verificar el voltaje de la fuente que no exceda de los 24 volt DC

Nunca quitar la resistencia aún conectada a los 24VDC.

Precauciones.

El calorímetro no debe de ser golpeado durante el funcionamiento.

La manipulación incorrecta puede causar daños severos o lesiones.

Verificar que el nivel de líquido sobrepase la resistencia antes de usarlo.

No intente tocar las resistencias cuando esté en funcionamiento

Mantenimiento.

Mantener siempre la recámara del calorímetro y la resistencia limpios.

Limpiar la resistencia si esta llegase a obtener impurezas.

Uso.

El calorímetro debe de ser colocado en una superficie plana y horizontal.

Anemómetro.**Cuidados básicos.**

El Anemómetro debe revisarse las aspas de frente y por detrás que no estén dañadas ni trabadas.

Precauciones.

El Anemómetro no debe de ser agitado o golpeado durante el funcionamiento.

La mala manipulación y adulteración puede causar daños severos para el Anemómetro

No sobre pasar la velocidad máxima del Anemómetro (30m/s).

No toque las aspas del Anemómetro cuando esté en funcionamiento.

Mantenimiento.

Se debe de verificar que el sensor de velocidad del viento gire con baja fricción sin que se logren apreciar sonidos o vibraciones del eje al girar, este debe de girar con brisas suaves y no debe de parar de golpe.

Uso.

Este se utiliza para medir la velocidad del viento en el tubo de Pitot. La mayoría de los anemómetros funcionan mediante el cálculo de la rapidez con la que el viento empuja una estructura similar a un molino de viento, y este cálculo se puede realizar de forma manual o digital.

Soplador.



Cuidados básicos.

El soplador debe ser revisado cuidadosa mente comprobando que no tenga grietas, las entradas obstruidas o con polvo acumulado antes de utilizarse. Además: Compruebe si el selector de velocidad funciona correctamente.

Compruebe si el cable de alimentación está deteriorado en cuyo caso informar al instructor del laboratorio.

Durante su uso si el soplador despide olor a quemado desconectarlo inmediatamente.

Precauciones.

No introduzca inconscientemente sus dedos en la entrada de succión.

Mantenimiento.

Limpiar las superficies externas.

Examine el funcionamiento del selector de velocidad y los cables de alimentación.

Uso.

El soplador debe de ser colocado en la superficie que se ha dejado para su manipulación.

Usar la velocidad indicada.

BEAKER.**Cuidados básicos.**

Antes de utilizar el beaker realizar una inspección visual detallada si este estuviera astillado informar inmediatamente al instructor del laboratorio.

Precauciones.

Si el vaso se encuentra caliente debe tomarse con guantes o pinzas.

Nunca se debe experimentar con cambios de temperatura muy bruscos.

No golpear el beaker.

Mantenimiento.

Limpiar el beaker antes y después de utilizarlo.

Guardarlo en su lugar.

Uso.

Medir y Contener el agua.

Para transportar el líquido a otros recipientes.

Probeta.



Cuidados básicos.

Antes de utilizar la probeta realizar una inspección visual detallada si este estuviera astillado informar inmediatamente al instructor del laboratorio.

Usar siempre un trozo de tela para proteger la mano cuando se lo esté introduciendo en orificios.

Precauciones.

Nunca se debe experimentar con cambios de temperatura bruscos.

No golpear la probeta.

Mantenimiento.

Limpiar la probeta antes y después de utilizarla.

Guardarla en su lugar correspondiente.

Uso.

Para utilizar correctamente una probeta solo necesitas seguir los siguientes pasos:

Limpia cuidadosamente la probeta antes de utilizarla.

Introduce el líquido hasta alcanzar el aforo que deseado.

Si el líquido superó la cantidad requerida, regresa el líquido por completo y vuelve a verterlo.

Termómetro de mercurio.



Cuidados básicos.

Antes de utilizar el termómetro realizar una inspección visual detallada si este estuviera astillado informar inmediatamente al instructor del laboratorio.

Precauciones.

Siendo un material de vidrio tome medidas pertinentes.

Nunca se debe golpear el termómetro de mercurio.

Guardar en su estuche.

Mantenimiento.

Limpiar el termómetro antes y después de utilizarlo.

Guardar en el lugar que se ha proporcionado.

Uso.

Medir las diferentes temperaturas.

Como reaccionar en caso de derrame de mercurio.

Usar guantes de limpieza antes de comenzar el contacto con el residuo.

Recoger con cartón o papel los restos del mercurio.

Depositarlo en una bolsa plástica e identificarla.

No usar escoba para limpiar el residuo del mercurio.

Botella para medición de aire.



Cuidados básicos.

Antes de utilizar la botella para medición de aire se debe de realizar una inspección visual detallada si este estuviera dañada, informar inmediatamente al instructor del laboratorio.

No realizar ninguna fuerza en su manipulación.

Precauciones.

Si la válvula de bola no sella o se atasca informar al instructor del laboratorio.

No quitar sello de hule.

Mantenimiento.

Inspección visual.

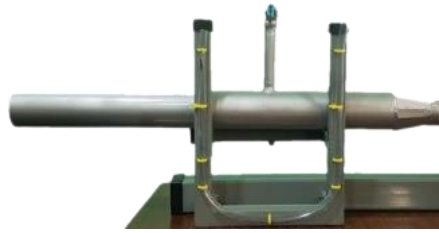
Limpiar antes y después de usar la botella para medición de aire.

Revisar la válvula de bola no esté en mal estado.

Uso.

Medir la densidad del aire por medio de vacío.

Tubo de Pitot.



Cuidados básicos.

No colocarle ningún objeto pesado al tubo de Pitot, ni realizar ningún esfuerzo para no dañarlo.

Antes de cada uso debe de verificar su limpieza asegurándose que no se encuentre ningún tipo de suciedad tanto en el tubo o en el manómetro en U.

Precauciones.

El equipo no debe de ser golpeado durante el funcionamiento.

La manipulación incorrecta puede causar daños severos o lesiones.

Mantenimiento.

Se debe de verificar que la manguera no este dañada (rota, agrietada, sucia)

Limpiar y evacuar el agua del manómetro U después de finalizar la práctica.

Uso.

Antes de comenzar la medición, debe de revisar el soplador que este en buen estado y seguir las recomendaciones de uso del mismo para no tener dificultades al utilizarlo, El Tubo de Pitot debe ser colocado en una superficie plana y horizontal.

Multímetro.



Cuidados básicos.

Asegúrese de que todas las conexiones encajan firmemente y que no se aprecie metal al descubierto ni grietas en la carcasa. No utilice el multímetro si este presentara daños.

Una vez finalizada la inspección visual, compruebe que el multímetro funciona.

Precauciones.

El equipo no debe de ser golpeado durante el funcionamiento.

La manipulación incorrecta puede causar daños, lesiones o la avería del equipo.

Mantenimiento.

Limpiar el multímetro, verificar los terminales no presenten daños.

Uso.

Antes de comenzar las mediciones, asegurarse que se seleccione la escala correcta.

Termistor NTC y Termopar.



Cuidados básicos.

Se debe revisar el estado de los cables cada 3 meses para garantizar su buen funcionamiento.

No dejar caer o golpear los sensores.

Precauciones.

No golpearlas durante su uso.

No halar los cables ya que podrían romperse.

Mantenimiento.

Mantener los bornes de conexión limpios para mantener el buen contacto.

Uso.

Estas se utilizan para medir la temperatura con la ayuda del multímetro para obtener la lectura, teniendo en cuenta la precaución de la misma ya que estarán sometidas en agua caliente.

RECIPIENTE DE VOLUMEN CONSTANTE.



Cuidados básicos.

El recipiente de volumen constante debe ser manipulado por estudiantes de ingeniería con la debida asesoría del facilitador del laboratorio.

Precauciones.

No debe de ser desplazado cuando esté en funcionamiento ya que puede causar daños severos.

Utilizar los guantes térmicos para mover el recipiente después de la práctica ya que aún estará caliente.

Mantenimiento.

Verificar el estado de la válvula de bola (que no tenga fugas)

Verificar el sello del termómetro que no presente daños.

Uso.

El recipiente de volumen constante debe de ser colocado en el soporte de acero inoxidable teniendo en cuenta que este esté en una superficie plana y horizontal, luego de ello con las debidas precauciones colocar el mechero por debajo del soporte.

3.2 GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.		
	Facultad de ingeniería.		
	Asignatura: Termodinámica I.		
	Practica N° 1.		
	Tema:	MEDICIÓN DE	PROPIEDADES
	TERMODINÁMICAS DEL AIRE.		

Nombre: _____ Fecha: _____

I- OBJETIVOS.

1. Medir las propiedades del aire; temperatura, masa, velocidad, presión barométrica y humedad relativa.
2. Calcular el flujo volumétrico y el flujo másico del aire.

II-INTRODUCCIÓN.

El aire atmosférico es una mezcla de gases que rodean la tierra, como toda sustancia tiene propiedades termodinámicas tales como densidad, temperatura, presión y masa.

Todo el peso del aire ejerce una presión de 101.325 kPa al nivel del mar y se le conoce como presión atmosférica “o” barométrica.

La densidad del aire es una propiedad termodinámica que varía dependiendo de las condiciones meteorológicas, latitud e incluso puede verse afectada por partículas en suspensión. Es por ello que en esta práctica se medirá la masa del aire, presión barométrica, temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de una corriente de aire. A partir de los datos obtenidos se calcularán densidad del aire, flujo volumétrico y flujo másico.

Fórmulas

$$\text{Densidad: } \rho = \frac{m}{v}$$

$$\text{Flujo volumétrico: } \dot{V} = V_{prom} A_t$$

$$\text{Área de la sección transversal: } A_t = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{Flujo másico: } \dot{m} = \rho \dot{V}$$

$$\text{Presión absoluta: } p_{abs} = p_{atm} + p_{man}$$

$$\text{mm de agua} = 0.009807 \text{ kPa}$$

III- EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Barómetro

Botella para
medición de aire

Probeta



Balanza analítica



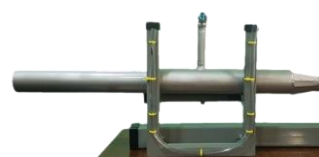
Beaker



Jeringa



Anemómetro



Tubo de Pitot

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Barómetro digital.	1	Balanza analítica.
1	Botella para medición de aire.	1	Beaker 600ml.
1	Probeta.	1	Anemometro.
1	Tubo de Pitot.	1	Jeringa 60ml.

IV- PROCEDIMIENTO.

Parte A. Mediciones de la masa del aire.

- Utilizando el barómetro digital lea la presión barométrica y la humedad relativa. Anotar el valor en tabla 1.
- Nivelar la balanza, encenderla, tararla y verificar que la unidad de medición este en gramos.
- Pesar la botella para medición de aire, asegurándose que la válvula de bola se encuentre abierta. Anotar el valor en tabla 1.
- Con la jeringa extraiga el aire que se encuentra dentro de la botella para medición de aire con la válvula abierta, por cada vez que extraiga aire asegúrese de cerrar la válvula de bola antes de retirar la jeringa para generar el vacío en el interior debe de repetir el procedimiento 20 veces.
- Retire la jeringa y proceda a pesar nuevamente la botella. Anotar el valor en tabla 1
- Agregue 500 ml de agua al Beaker de 600 ml.
- Sumerja la punta de la botella en el agua que contiene el beaker, abra lentamente la válvula y deje que ingrese el agua al interior de la botella, teniendo cuidado que no ingrese aire.
- Cuando ya no succione agua, cierre la válvula y retire la botella.
- Proceda a medir el volumen de agua con la probeta y anote.

Temperatura ambiente.	C°
Presión barométrica.	kPa
Humedad relativa	%
Peso de botella para medición de aire en gramos.	g
Peso de la botella para medición de aire (vacía) en gramos.	g
Diferencia de peso (masa de aire).	g
Volumen de agua (ml).	ml
Densidad del aire	g/cm^3
Tabla 1	

Parte B. Mediciones realizadas en el tubo de Pitot.

- Con la jeringa agregar 25 ml de agua al tubo en U del tubo de Pitot, anotar en tabla 1 la altura inicial de la columna de agua.
- Conectar el soplador al tomacorriente después de haber verificado que no tenga grietas ni obstrucción en la entrada de succión, coloque el selector de velocidades en el nivel mínimo y enciéndalo.
- Utilizando el anemómetro medir la velocidad del aire y medir la altura de la columna de agua con respecto a la medida inicial, aumentando la velocidad en orden ascendente hasta llegar al nivel máximo. Llenar la tabla 2 con los datos obtenidos.
- Con los datos obtenidos calcular el flujo volumétrico, flujo másico y presión absoluta.

Nota: El anemómetro debe de estar a 5 cm de distancia y al centro con respecto a la salida del tubo. diámetro del tubo 56.5 mm.

Densidad del aire:			mm de agua inicial:		
Selector de velocidad	Velocidad. m/s	Columna en mm de agua.	Presión absoluta kPa	Flujo volumétrico m^3/s	Flujo másico g/s
Min					
2					
3					
4					
5					
6					
Max					
Tabla 2.					

V- CUESTIONARIO.

1. ¿Cuáles son las causas que afectan la variación de la densidad del aire?
2. ¿Cómo funciona el tubo de Pitot?
3. ¿Cómo calculo el flujo másico?
4. ¿Cómo calculo el flujo volumétrico?
5. ¿Qué es la humedad relativa?
6. ¿Qué es la temperatura de bulbo húmedo?
7. ¿Por qué la densidad del aire no es exactamente igual a la que se muestra en la tabla 3 y cual es la densidad a la que más se aproxima?
8. Escriba tres conclusiones para su reporte en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la practica

Tabla de densidades del aire a diferentes altura, presión y temperatura.

Altitud (m)	Presión (Bar)	Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)
0	1.013	15	1.225
100	1.001	14.4	1.213
200	0.989	13.7	1.202
500	0.959	11.8	1.167
1000	0.899	8.5	1.112
2000	0.795	2	1.007
3000	0.701	-4.5	0.909
4000	0.616	-11	0.819
5000	0.540	-17.5	0.736
7500	0.383	-33.8	0.557
Tabla 3.			

CONCLUSIONES.

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la Practica: **Medición de propiedades termodinámicas del aire.**

DOCENTE: _____ Fecha: _____ NOTA.: _____

Miembros del grupo:

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (Limpieza, orden, coherencia)	10		
2	Tablas Completas, Constancia de cálculos, orden.	20		
3	Calculo la densidad del aire.	15		
4	Calculo el flujo volumétrico.	15		
5	Calculo el flujo másico.	15		
6	Contestó el cuestionario.	10		
7	Elaboró las 3 conclusiones	15		
	<i>TOTAL, DE PUNTOS</i>	<i>100</i>		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 2
	Tema: MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVOS:

1. Obtener la curva de calibración de un termistor NTC y de una termocupla tipo J.
2. Aplicar diferentes tecnologías para medición de temperaturas.

II. INTRODUCCIÓN:

La temperatura es una propiedad termodinámica intensiva que indica la energía interna de un cuerpo, objeto o del medio ambiente. Se mide por medio de termómetros que usan escalas en grados centígrados o Celsius en el sistema internacional de medidas (SI), y los grados Fahrenheit (°F) en el sistema inglés.

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Beaker



Termómetro digital



Termómetro de mercurio



Multímetro



Barómetro



Guantes térmicos



Termistor NTC



Termopar



Calentador de agua

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Beaker de 600 ml.	1	Termistor NTC.
1	Termómetro digital.	1	Termocupla tipo J.
1	Termómetro de Hg.	1	Calentador de agua.
2	Multímetro.	1	Barómetro
1	Par de Guantes.		

IV. PROCEDIMIENTO.

- Lea la presión atmosférica en el barómetro y anótela en la tabla 1
- Usando el beaker de 600 ml agregue 2000 ml de agua al calentador.
- Introduzca los termómetros y sensores de temperatura (mercurio, digital, termopar y termistor).
- Mida las lecturas iniciales de los instrumentos. Para el termistor y el termopar usará un multímetro en la escala de ohmios (*si no sabe usarlo, antes de iniciar la práctica pregúntele al instructor*).
- Conecte el calentador de agua al suministro eléctrico y ajuste la temperatura a 80°C, cuando alcance las temperaturas mostradas en la tabla 1, haga las anotaciones.
- Apague el calentador seque, limpie y una vez revisado todo por el instructor, guarde todo.
- Usando los datos obtenidos haga la curva de calibración (T vrs. R) tanto para el termistor como para la termocupla en una hoja milimetrada.
- Tomando como verdadera la lectura obtenida con el termómetro digital, calcule el error máximo en % que se comete con cada instrumento y anótelos en Tabla 2.

Anote en el siguiente cuadro las lecturas obtenidas.

Atmosférica _____ hPa equivalentes a _____ kPa _____ Temperatura ambiente: ____°C

Tiempo. (min)	Lectura del termómetro digital. °C.	Lectura del termómetro de Hg °C.	Lectura del termopar. Ohmios.	Lectura del Termistor NTC. Ohmios.
	40.0			
	45.0			
	50.0			
	55.0			
	60.0			
	65.0			
	70.0			
	75.0			
TABLA 1				

Medición No.	Lectura del termómetro Digital [°C]	Temperatura termistor 2 [°C]	Temperatura termopar 1 [°C]	Error relativo % Termistor	Error relativo % Termopar
1	40.0				
2	45.0				
3	50.0				
4	55.0				
5	60.0				
6	65.0				
7	70.0				
8	75.0				
TABLA 2					

Nota: 1-Una vez terminada la toma de datos, limpiar y ordenar su mesa de trabajo antes de retirarse.

2- Si tiene dificultad para las lecturas simultaneas con el multímetro repita el procedimiento con uno de ellos y manteniendo el termómetro digital (patrón).

V. CUESTIONARIO

- 1) ¿Por qué la temperatura es propiedad intensiva?
- 2) ¿Qué es y cómo funciona un termistor?
- 3) ¿Qué es y cómo funciona un termopar o termocupla?
- 4) ¿Con cuál instrumento se obtuvo el mayor error?
- 5) ¿Es aceptable el porcentaje de error? ¿por qué?
- 6) ¿En qué se diferencian la termocupla tipo J del tipo K?
- 7) ¿Puede aproximarse la curva de calibración del termistor a una recta?
- 8) ¿Qué función matemática incluida en Excel podría usar para ello?
- 9) Elabore 3 conclusiones para su reporte, en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la práctica.

CONCLUSIONES.

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la Practica: **Medición de temperatura.**

DOCENTE: _____ FECHA: _____ NOTA: _____

Miembros del grupo:

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno.
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	% Asignado	% Obtenido	Observaciones
1	Presentación (Limpieza, orden, coherencia)	10		
2	Tablas Completas, Constancia de cálculos, orden	15		
3	Respondió correctamente las preguntas.	45		
5	Explicó si es aceptable o no el porcentaje de error obtenido, así como también las posibles causas de error que influyeron en el resultado del mismo.	15		
6	Elaboró las 3 conclusiones	15		
	<i>TOTAL, DE PUNTOS</i>	100		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 3
	Tema: LEY CERO DE LA TERMODINAMICA

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVOS:

Comprobar la ley Cero de la Termodinámica

II. Introducción:

En esta guía se demuestra la ley cero de la termodinámica (***Equilibrio Térmico***), utilizando recipientes con agua a diferentes temperaturas colocados en un *Calentador de agua*

La ley cero de la termodinámica establece que, si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio entre sí. A la ley del equilibrio térmico se le llamo ley cero porque se estableció su necesidad hasta después de haber nombrado las otras leyes, porque era necesario sustentar la validez de la medición de temperaturas. Si el tercer cuerpo se sustituye por un termómetro, la ley cero se puede volver a expresar como dos cuerpos que están en equilibrio térmico si ambos tienen la misma lectura de temperatura.

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.



Calentador de agua



Termómetro digital



Termómetro de mercurio



Beaker

Depósito de acero
inoxidable

Guantes térmicos

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Calentador de Agua	1	Beaker de 400 ml
3	Termómetro digital	3	Depósito de acero inoxidable
1	Termómetro de mercurio	1	Par Guantes
1	Beaker de 600 ml		

IV. PROCEDIMIENTO.

NOTA: TODOS LOS VALORES DEBEN ANOTARSE EN TABLA 1

- Con la ayuda del Beaker de 600 ml agregue 3000ml de agua al Calentador.
- Con la ayuda del Beaker de 400 ml agregue 250ml de agua a uno de los deposito a temperatura ambiente, mida la temperatura del mismo.
- Conecte el Calentador al sistema eléctrico e incremente la temperatura hasta 80°C e introduzca él termómetro.
- Con la ayuda del beaker y la pinza tome 250ml de agua cuando el calentador haya elevado la temperatura del agua a 40 °C agréguelo al segundo deposito e introduzca el termómetro.
- Cuando este alcance la temperatura de 60°C agregue 250 ml de agua al tercer deposito e introduzca él termómetro.

- f) Espere a que la temperatura del agua en el calentador alcance los 80°C , a continuación, colocar la rejilla al calentador e Introducir los tres depósitos.
- g) Mida las temperaturas iniciales del agua que están en los depósitos y en el calentador una vez echo lo anterior, apague el calentador.
- h) Mida el tiempo en el que se consiguió el equilibrio térmico en todas las muestras y el calentador.

Propiedad.	Datos.
Presión atmosférica	KPa11
Temperatura Ambiente	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura Inicial de la lata de aluminio 1	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura Inicial de la lata de aluminio 2	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura Inicial de la lata de aluminio 3	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura máxima del calentador	80°C
Temperatura Final de la lata de aluminio 1	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura Final de la lata de aluminio 2	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura Final de la lata de aluminio 3	$^{\circ}\text{C}$
Temperatura final del calentador	$^{\circ}\text{C}$
Tiempo en que se dio el Equilibrio Térmico	Minutos
TABLA 1	

Una vez terminada la toma de datos proceder a responder el siguiente cuestionario antes de retirarse dejar limpio la zona de trabajo.

V. CUESTIONARIO

- 1) Escriba la ecuación matemática de la ley cero de la termodinámica
- 2) Se utilizó en esta práctica un sistemas abierto o cerrado
- 3) Es un sistema adiabático SI___ NO___
- 4) Porque:
- 5) Al haber utilizado masas de aguas y de los depósitos diferentes, ¿Influyo eso en el resultado final?

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la Practica: **Ley Cero de la Termodinámica.**

DOCENTE: _____ Fecha: _____ NOTA: _____

Miembros del grupo:

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (Limpieza, orden, coherencia)	10		
2	Tablas Completas, orden	20		
3	Escribió correctamente la ecuación matemática de La Ley Cero de la Termodinámica	10		
4	Contesto correctamente la pregunta B, C y D	30		
5	Tomo las precauciones de seguridad	10		
6	Entrego reporte de practica completo y a tiempo	20		
	<i>TOTAL, DE PUNTOS</i>	100		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 4
	Tema: CALORIMETRÍA

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVOS.

- 1) Determinar el equivalente en agua del calorímetro.
- 2) Determinar el calor específico del calorímetro.
- 3) Determinar el Calor Específico (c_e) de 2 sólidos.

II. INTRODUCCIÓN.

La calorimetría es la tecnología para medir la energía calorífica transferida entre los cuerpos debido a sus diferencias de temperatura.

La cantidad de calor Q , puede ser positiva o negativa, si el calor se suministra al sistema es positiva y si se extrae de él es negativa.

El instrumento que sirve para medir las cantidades de calor transferidas es el Calorímetro. Existen varios tipos de calorímetros, pero ninguno puede tener aislamiento perfecto por lo que al plantear los cálculos de la transferencia de calor es necesario incluir su equivalente en agua. Ese equivalente es la masa de agua que se comportaría igual que el calorímetro y que perdería igual calor en las mismas circunstancias. De esta forma, sólo hay que sumar la cantidad de agua equivalente.

Los métodos calorimétricos se fundan en el Principio de conservación de la energía: “Cuando dos cuerpos se ponen en contacto en un sistema aislado del exterior (proceso adiabático), la cantidad de calor que pierde uno es igual a la cantidad de calor que gana el otro”.

La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una masa m de un cierto material o sustancia, de una temperatura inicial a una temperatura final, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q_i = m_i \cdot c_i \cdot (t_f - t_i)$$

Donde:

$m_i \rightarrow$ masa del elemento i en kg

$c_i \rightarrow$ calor específico del elemento i en $J/kg\ K$ o $J/kg\ ^\circ C$

t_f y $t_i \rightarrow$ temperatura final e inicial del elemento i en $^\circ C$ o K

Si el intercambio de calor se efectuara solamente entre dos masas de agua, tendríamos:

$$m_i \cdot c_i \cdot \Delta t_i = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta t_2$$

Pero el calorímetro, el termómetro, el agitador, etc., también absorben calor. Para simplificar la operación de hallar las masas y los calores específicos (a veces desconocidos) de cada elemento, se calcula el Equivalente en gramos de Agua del Calorímetro, que no es otra cosa que una masa de agua hipotética que intercambiará la misma cantidad de calor que dichos elementos.

Para ello se vierte en el calorímetro una masa m_1 de agua, se deja estabilizar y luego se mide la temperatura t_f . Se calienta (en otro recipiente) una masa m_2 de agua y se le mide su temperatura t_2 . A continuación, se vierte rápidamente esta masa de agua caliente en el calorímetro, tapando éste inmediatamente. Se deja estabilizar y finalmente, se lee la temperatura de equilibrio t_f .

$$m_2 \cdot C_{agua}(t_f - t_2) + [\Sigma](t_f - t_1) = 0$$

$$\begin{aligned} \Sigma &= m_1 \cdot C_{agua} + m_{calorimetro} \cdot C_{cal} + m_{termometro} \cdot m_{termometro} + m_{agitador} \cdot C_{agitador} \\ &= E \cdot C_{agua} \end{aligned}$$

$$m_2 \cdot C_{agua}(t_f - t_2) + [(m_1 + E)C_{agua}](t_f - t_1) = 0$$

Por lo tanto

$$E = -m_2 \frac{C_{agua}(t_f - t_2)}{C_{agua}(t_f - t_1)} - m_1 \rightarrow E = \left(m_2 \left[\frac{(t_2 - t_f)}{(t_f - t_1)} \right] \right) - m_1 \quad (kg)$$

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.



Calorímetro



Termómetro digital



Beaker



Balanza analítica



Calentador de agua



Guantes térmicos



Pinza para beaker

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Calorímetro de resistencia	1	Balanza analítica
3	Termómetro digital	1	Calentador de agua
1	Beaker de 400 ml	1	Par de Guantes
1	Beaker de 600 ml	1	Pinzas para beaker

IV. PROCEDIMIENTO.

PARTE A.

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE EN GRAMOS DE AGUA DE UN CALORÍMETRO.

- Con ayuda del beaker de 600 ml vierta 2,500 ml de agua en el calentador y conéctelo. Caliente el agua hasta alcanzar la temperatura de 80°C, la cual controlara por medio del termómetro. Para avanzar con la parte B coloque la canasta en el calentador e ingrese los 2 sólidos a analizar.
- Mientras se esté calentando el agua, colocar el calorímetro sin tapa sobre la balanza y tararlo, con ayuda del beaker de 400 ml verter 200 gramos de **agua a temperatura ambiente** en el calorímetro y tomar nota de la masa que marcó la balanza, este valor será m_1 . Tomar en cuenta que la balanza debe de estar nivelada.
- Anotar la temperatura de la masa de agua agregada (t_1). Después de agregar los 200 gramos de agua a temperatura ambiente al calorímetro, tarar nuevamente.
- Con ayuda de las pinzas y el beaker 400 ml tomar un aproximado de 150 ml de agua a

80°C del calentador. Esperar a que la temperatura disminuya a 70°C (t_2).

- e) Cuando la temperatura del agua en beaker de 400 ml haya alcanzado los 70°C, verter 50 gramos de agua a 70°C dentro del calorímetro y tomar nota de la masa agregada (m_2). Rápidamente retirar el calorímetro de la balanza y con ayuda del agitador mezclar las 2 masas de agua hasta alcanzar la temperatura de equilibrio (t_f)
- f) Con los datos obtenidos, llene la tabla 1.
- g) Calcular el Equivalente en gramos de Agua del Calorímetro (E)
- h) Vacíe el agua del calorímetro en el calentador y enfriar el calorímetro retirando el depósito interno aplicándole agua a temperatura ambiente.

PROPIEDAD	DATOS
Masa de agua inicial m_1	g
Temperatura inicial del Agua t_1	°C
Temperatura alcanzada t_2	°C
Masa de agua caliente agregada a m_2	g
Temperatura de Equilibrio Térmico de la mezcla t_f	°C
Equivalente en gramos de Agua del Calorímetro E	g
TABLA 1	

PARTE B.

DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO (c_p) DE 2 SÓLIDOS.

Se define el coeficiente de calor específico a presión constante (c_p) como el cambio en la entalpía de una sustancia por cambio unitario en la temperatura a presión constante. En otras palabras, c_p es una medida de la variación de entalpía de una sustancia con la temperatura.

PROCEDIMIENTO.

- a) Si recién se ha realizado la parte A de la práctica y el calorímetro está caliente, se recomienda agregar agua fría y dejarlo reposar unos cinco minutos mientras alcanza la temperatura ambiente. NO DESPERDICIE EL AGUA, VACÍELA EN EL CALENTADOR.
- b) Colocar el calorímetro sin tapa sobre la balanza y tararlo, con ayuda del beaker de 400 ml verter 200 gramos de **agua a temperatura ambiente** en el calorímetro y tomar nota de la masa que marcó la balanza, este valor será m_1 . Tomar en cuenta que la balanza debe de estar nivelada.
- c) Anotar la temperatura de la masa de agua agregada (t_1). Después de agregar los 200 gramos de agua a temperatura ambiente al calorímetro, tarar nuevamente.
- d) Verificar la temperatura del agua en el calentador donde se encuentran los sólidos,

esta temperatura será t_2 . Rápidamente con ayuda de las pinzas tomar el sólido y colocarlo dentro del calorímetro, utilizando el agitador mezclar el agua hasta alcanzar la temperatura de equilibrio (t_f).

e) Extraer el sólido del calorímetro, pesarlo en la balanza y anotar el dato en tabla 2, este será m_2

f) Calcular el C_p del sólido utilizando la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{(m_1 + E)(t_f - t_1)}{m_2(t_2 - t_f)} \text{ [cal/ g } ^\circ\text{C]}$$

g) Realizar el mismo proceso para el siguiente sólido. Se debe agregar agua fría y dejarlo reposar unos cinco minutos mientras alcanza la temperatura ambiente. NO DESPERDICIE EL AGUA, VACÍELA EN EL CALENTADOR.

Realizar las conversiones de unidades según se requiera.

PROPIEDAD	DATOS	
	Sólido 1	Sólido 2
Masa de Agua agregada al calorímetro m_1	g	g
Masa equivalente del calorímetro determinada en parte "A"	g	g
Masa del sólido m_2	g	g
Temperatura inicial del sistema calorímetro-agua-muestra t_1	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
Temperatura alcanzada del sistema calorímetro-agua-muestra t_2	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
Temperatura de equilibrio térmico del sistema calorímetro-agua-muestra t_f	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
C_p calculado del sólido.	J/(kg K)	J/(kg K)
TABLA 2		

Nota: Una vez terminada la toma de datos, limpiar y ordenar su mesa de trabajo antes de retirarse

Tabla de calores específicos.

Sustancia	$cal/g\ ^\circ C$	$J/Kg\ ^\circ C$
Agua	1.00	4200
Hielo	0.50	2100
Vapor	0.48	2016
Hierro	0.113	475
Cobre	0.093	391
Aluminio	0.217	911
Plata	0.056	235
Vidrio	0.199	836
Mercurio	0.033	139
Plomo	0.031	130

V. CUESTIONARIO.

1. Defina la capacidad calorífica de un cuerpo y la diferencia con el calor específico del mismo.
2. ¿Por qué se debe calcular el equivalente en agua de un calorímetro?
3. Según el resultado obtenido, determine el porcentaje de error en la obtención del calor específico de cada muestra.
4. ¿Es aceptable el porcentaje de error? Si, No, ¿por qué? En ambos casos justifique cuales pudieron ser los factores que pudieron influir en el resultado obtenido
5. Elabore 4 conclusiones para su reporte, en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la práctica.

CONCLUSIONES:

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la práctica: **Calorimetría.**

Docente: _____ Fecha: _____ Nota: _____

Miembros del grupo.

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (limpieza, orden y coherencia)	10		
2	Tablas completas, constancia de cálculos, orden.	10		
3	Calculó el equivalente en agua del calorímetro con sus respectivas unidades. Constancia de cálculos.	15		
4	Calculó el calor específico de cada muestra con sus respectivas unidades. Constancia de cálculos	15		
5	Explicó que principio aplicó para obtener el calor específico del calorímetro y de cada muestra metálica respectivamente.	10		
6	Determinó el porcentaje de error del calor específico experimental con el teórico. Incluyó fuente de consulta.	10		
7	Explicó si es aceptable o no el porcentaje de error obtenido, así como también las posibles causas de error que influyeron en el resultado del mismo	10		
8	Elaboró las 4 conclusiones	20		
	<i>Total, de puntos</i>	<i>100</i>		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 5
	Tema: LEY DE LOS GASES IDEALES.

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVO:

Comprobar la ley de los gases ideales.

II. INTRODUCCIÓN:

Los gases ideales son gases teóricos o hipotéticos cuyas moléculas se desplazan aleatoriamente sin interactuar entre sí. La presión ejercida por el gas se debe a los choques de las moléculas en las paredes del recipiente, un gas ideal se aproxima mucho al comportamiento P-V-T de los gases reales a bajas densidades: ya que bajo condiciones que implican presiones bajas y temperaturas altas, la densidad de un gas disminuye y se comporta como gas ideal. Muchos gases familiares como el aire, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, helio, argón, neón, criptón e incluso algunos más pesados como el dióxido de carbono, pueden tratarse como gases ideales con un margen de error insignificante (con frecuencia menor a 1 por ciento). Sin embargo, los gases densos, como el vapor de agua en las centrales eléctricas y el vapor de refrigerante en los refrigeradores, no deben considerarse como gases ideales, por lo que es necesario usar tablas de propiedades.

Cualquier ecuación que relacione temperatura, volumen y presión de una sustancia se denomina ecuación de estado. La ecuación de los gases ideales es:

$$PV = mRT$$

Donde:

P: es la presión absoluta (kPa)

V: Volumen (m³)

m: masa del sistema (kg) o sea el producto de la masa molar (M) por el número de moles (N)

R: constante del gas (para el aire R= 0.287 KPa·m³/kg·K)

T: temperatura absoluta. (K)

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Mechero de Alcohol



Recipiente de volumen constante



Soporte de acero inoxidable



Manómetro en U



Termómetro digital



Guantes térmicos

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Mechero de alcohol.	1	Manómetro en U.
1	Recipiente de volumen constante.	1	Termómetro digital.
1	Soporte de acero inoxidable.	1	Par de guantes

IV. PROCEDIMIENTO.

Precauciones al realizar la práctica.

- Verificar que la cubeta tenga arena, extintor fecha de vencimiento y carga en caso contrario notificar al docente.
- Utilizar el equipo de protección personal.
- Realizar una inspección del área de trabajo para quitar cualquier material combustible o que pueda ocasionar un accidente al utilizar el mechero de alcohol.
- Utilizar los instrumentos y equipos con el cuidado correspondiente según se indique.

PARTE A.

- Con ayuda de la jeringa agregar 50 ml de agua al manómetro en U.
- Conectar el manómetro en U al depósito de volumen constante, asegurándose que la válvula de bola este abierta para evitar que la presión que haya quedado en recipiente afecte la lectura inicial.
- Colocar el recipiente de volumen constante sobre el soporte de acero inoxidable con el manómetro en U conectado.
- Antes de encender el mechero de alcohol se debe cerrar la válvula de bola y tomar la temperatura del aire dentro del depósito, teniendo en cuenta que la altura de la columna de agua será su punto de partida. Anotar los datos en tabla 1.

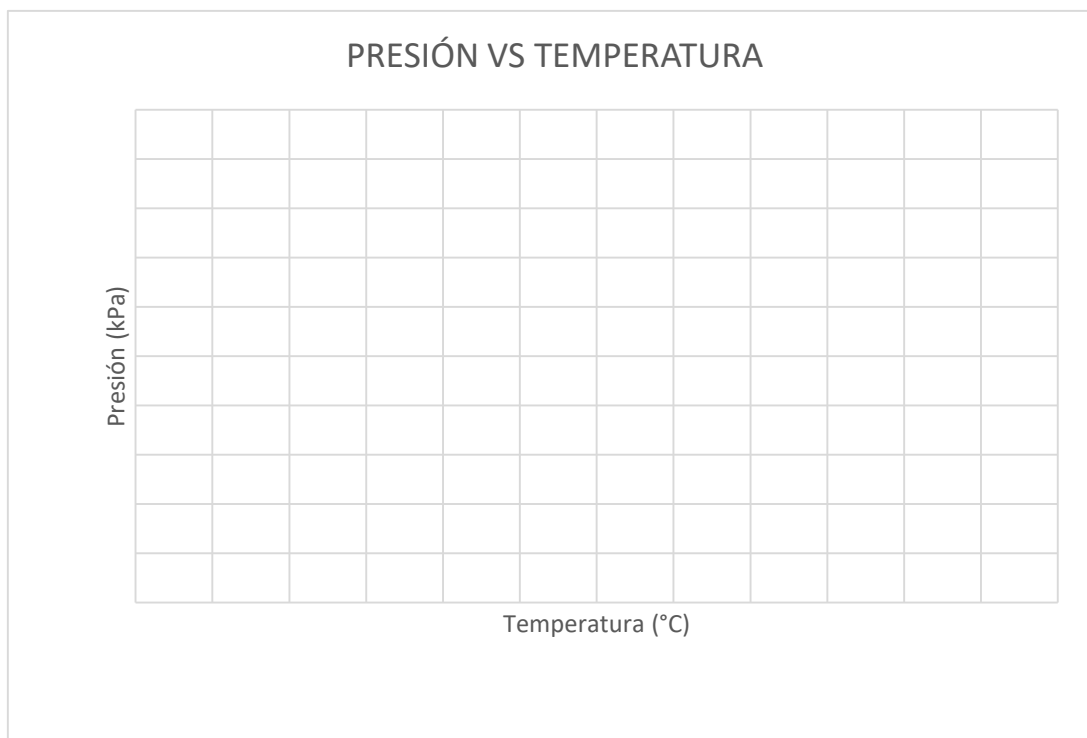
- e) Encender el mechero de alcohol y anotar la altura de la columna de agua cuando la temperatura incremente 0.5°C de la temperatura inicial, repetir este proceso 6 veces. Por ejemplo, si la temperatura del aire dentro del recipiente es de 25°C incrementar a 25.5°C ; 26.0°C ; 26.5°C así sucesivamente hasta completar las 6 mediciones.
- f) Una vez convertidos los “mm de H_2O ” a “kPa” trazar la gráfica que relaciona la presión con la temperatura.

Nota: 1mm de H_2O = 0.009807 kPa

Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$): _____ Presión atmosférica (kPa): _____	
Temperatura $^{\circ}\text{C}$ (K)	Presión manométrica
	Presión mm H_2O Presión kPa
TABLA 1	

Nota: una vez terminada la medición, limpiar y ordenar la mesa de trabajo antes de retirarse.

Gráfico 1:

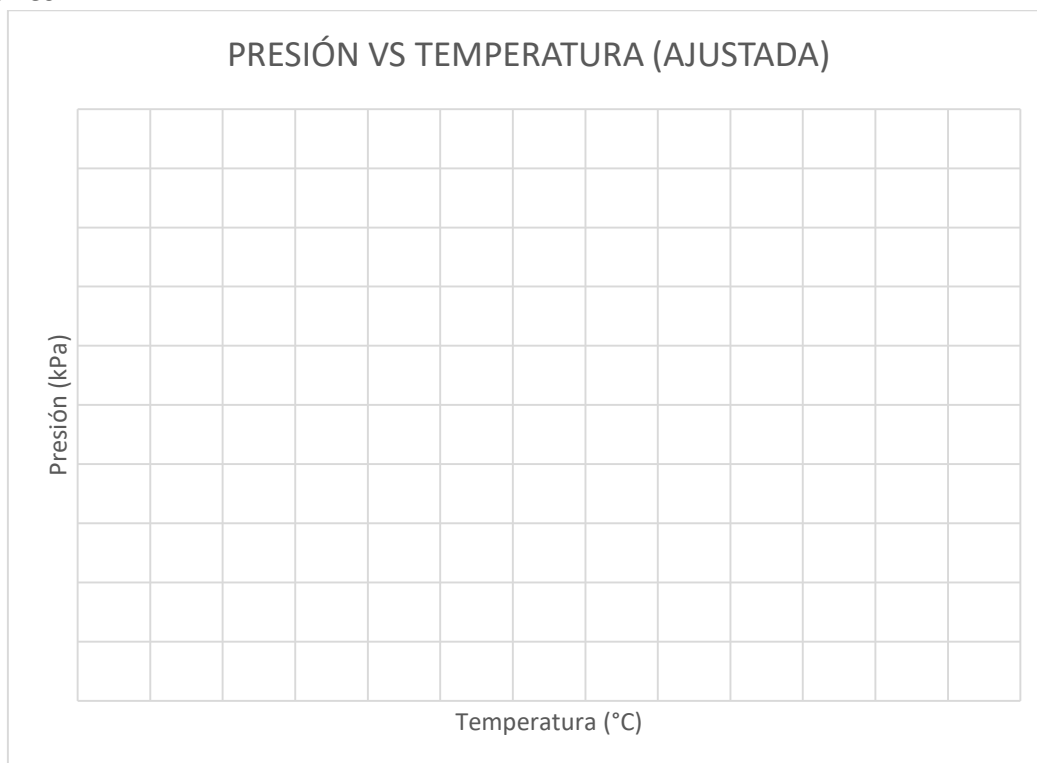


PARTE B.

- a) Utilizando método de mínimos cuadrados en Excel (función “ESTIMACION.LINEAL”). Llenar la TABLA 2 con los datos del ajuste realizado. Graficar los resultados.

Temperatura °C (K)	Presión kPa
TABLA 2	

Gráfico 2



- b) Calcule el volumen del gas en metros cúbicos encerrado en el recipiente cuyas dimensiones son:
 $\varnothing = 10.21 \text{ cm}$, $h = 10.88 \text{ cm}$ espesor = 0.63 cm
- c) Utilizando la ecuación de los gases ideales $PV = mRT$ calcule la masa m del aire dentro del depósito en kilogramos.
- d) Calcular la presión “P” usando la ecuación de los gases ideales y anótelas en la tabla 3.

Temperatura °C (K)	Presión kPa (medida)	Presión absoluta kPa	Presión calculada kPa
TABLA 3			

V. CUESTIONARIO.

- 1) ¿Cuál es la diferencia entre un gas real y un gas ideal?
- 2) Usando la ecuación de la recta ajustada. ¿Cuál sería la presión cuando la temperatura es de 50°C?
- 3) ¿Cuál es el porcentaje de error obtenido al comparar el dato de la tabla 1 con ese valor calculado?
- 4) Al comparar los datos de presión de la tabla 3 ¿podríamos determinar que se comprobó la Ley de los gases ideales? Sí, no, ¿por qué?
- 5) Elabore 3 conclusiones para su reporte, en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la práctica.

CONCLUSIONES:

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la práctica: **Ley de los gases ideales.**

Docente: _____ Fecha: _____ Nota: _____

Miembros del grupo.

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (limpieza, orden y coherencia)	10		
2	Tablas y gráficos completos, constancia de cálculos.	20		
3	Realizó el ajuste de la recta por mínimos cuadrados	15		
4	Calculó la masa despejando "m" de la ecuación de los gases ideales	15		
5	Determinó el porcentaje de error del valor de la presión experimental con el teórico de la ley de los gases ideales	10		
6	Explicó si es aceptable o no el porcentaje de error obtenido, así como también las posibles causas de error que influyeron en el resultado	15		
7	Elaboró las 3 conclusiones	15		
	<i>Total, de puntos</i>	<i>100</i>		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 6
	Tema: PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVO:

Comprobar la primera ley de la Termodinámica.

II. INTRODUCCIÓN:

La primera ley de la Termodinámica establece que: "La energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, solo puede cambiar de forma" Es un principio que refleja la conservación de la energía. La energía sólo se transforma de un tipo a otro.

La energía suministrada al sistema es igual al cambio de energía en el sistema más la energía evacuada del sistema. Esta ecuación significa que todo lo que entra es igual a lo que sale, o la sumatoria de las energías que entran son iguales a la sumatoria de las energías que salen.

Esto se refleja con la ecuación: $Q - W = \Delta E = E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta U + \Delta E_{\text{CINETICA}} + \Delta E_{\text{POTENCIAL}}$

Llamamos W al trabajo realizado sobre o por el sistema (como el cilindro en una máquina de vapor). Si el trabajo lo realiza el sistema, diremos que W es positivo; si el trabajo se realiza sobre el sistema, diremos que W es negativo. De forma similar, llamemos ΔQ a la transferencia neta de calor hacia o desde el sistema. Si la transferencia neta de calor es hacia el sistema, ΔQ será positiva; si la transferencia neta sale del sistema, ΔQ será negativa. Para un sistema adiabático Q es cero (no entra ni sale calor) y si además es cerrado, no entra ni sale masa.

La ecuación se reduce a:

$$-W = \Delta E$$

En esta práctica usaremos un sistema cerrado, adiabático por lo tanto el trabajo eléctrico suministrado al sistema será en realidad un cambio de energía interna. Midiendo la resistencia del calorímetro y el voltaje de corriente directa suministrado, podemos calcular W con la formula $W = V \cdot I \cdot \Delta t$

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Calorímetro



Termómetro digital



Jeringa



Guantes térmicos



Multímetro



Fuente 24 VDC

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Calorímetro de resistencia.	1	Par de guantes.
1	Termómetro digital.	1	Multímetro
1	Jeringa de 60 ml	1	Fuente de 24 VDC

IV. PROCEDIMIENTO.

- Con el multímetro medir la resistencia en Ohmios del calorímetro.
- Con ayuda de la jeringa, agregar 150 ml de agua al calorímetro y mida la temperatura del conjunto que será la T1 (inicial).
- Conecte el calorímetro a la fuente de 24 VDC, mida el voltaje y comience a medir el tiempo transcurrido hasta que el agua alcance una temperatura de 30°C, la cual controlara por medio del termómetro y será T2 (final).
- Con los datos obtenidos, llene la tabla 1.
- Calcular la corriente consumida por la resistencia.
- Calcule el trabajo eléctrico realizado por la resistencia.
- Dependiendo del tiempo disponible repita el procedimiento para T2 de 35 °C y 40°C

Para los cálculos haga las conversiones de unidades necesarias.

PROPIEDAD.	DATOS.		
Medición N°	1	2	3
Temperatura ambiente	°C	°C	°C
Temperatura inicial del agua del calorímetro	°C	°C	°C
Temperatura final del agua	°C	°C	°C
Voltaje suministrado	V	V	V
Trabajo eléctrico suministrado al sistema	kJ	kJ	kJ
TABLA 1.			

Nota: una vez terminada la toma de datos, limpiar y ordenar su mesa de trabajo antes de retirarse.

V. CUESTIONARIO.

- 1) Defina energía interna.
- 2) Escriba la ecuación de la primera ley para sistemas cerrados.
- 3) ¿Hay transferencia de calor en este proceso? Si, No, ¿Por qué?
- 4) Según el resultado obtenido y tomando como sistema cerrado y adiabático, ¿Se cumplió el primer principio de la Termodinámica?
- 5) Elabore 3 conclusiones para su reporte, en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la práctica.

CONCLUSIONES.

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la práctica: **Primera ley de la Termodinámica.**

Docente: _____ Fecha: _____ Nota: _____

Miembros del grupo.

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (limpieza, orden y coherencia)	10		
2	Tablas completas y constancia de cálculos.	10		
3	Escribió correctamente las ecuaciones de la 1ª Ley para sistemas cerrados y abiertos	15		
4	Calculó el trabajo eléctrico suministrado. Constancia de cálculos	20		
5	Respondió el cuestionario	30		
8	Elaboró las 3 conclusiones	15		
	<i>Total, de puntos</i>	<i>100</i>		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 7
	Tema: SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVO:

Demostrar la segunda ley de la Termodinámica.

II. INTRODUCCIÓN:

El Primer Principio no es suficiente para definir los procesos termodinámicos, por lo que es necesario recurrir al Segundo Principio que impone una condición adicional, la irreversibilidad de los procesos naturales. Así, según el primer principio, el enfriamiento de una taza de café podría tomar espontáneamente el sentido inverso, y calentarse a la temperatura inicial. Tal situación es completamente imposible. Esta imposibilidad viene definida por dos enunciados equivalentes: el de CLAUSIUS y el de KELVIN-PLANK.

Surgen así los conceptos de reversibilidad, irreversibilidad y entropía.

La entropía es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. La palabra «entropía» procede del griego (ἐντροπία) y significa evolución o transformación. Fue Rudolf Clausius quien le dio nombre y la desarrolló durante la década de 1850; 12 y Ludwig Boltzmann, quien encontró en 1877 la manera de expresar matemáticamente este concepto, desde el punto de vista de las probabilidades.

La entropía de un sistema aislado que experimenta un cambio siempre se incrementa. En un proceso reversible la entropía del sistema aislado permanecería constante. Variaciones de entropía en procesos irreversibles.

Para líquidos y sólidos que pueden aproximarse como sustancias incompresibles dado que sus volúmenes específicos permanecen casi constantes durante un proceso.

$$ds = \frac{du}{T} = \frac{c dT}{T}$$

Ya que $c_p = c_v = c$ y $du = c dT$ para sustancias incompresibles. Entonces el cambio de entropía durante un proceso es determinado por integración como:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 c(T) \frac{dT}{T} \cong c_{prom} \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \quad (\text{kJ/kg} \cdot \text{K})$$

Demostración de este segundo principio es muy sencilla, se calentarán 1500ml de agua midiendo la temperatura inicial para que alcancen los 50°C. Usando las tablas y ecuaciones pertinentes, calcularemos la variación de entropía.

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Calentador de agua



Termómetro digital



Beaker



Balanza analítica



Jeringa

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Termómetro digital.	1	Calentador de agua.
1	Beaker 600 ml	1	Jeringa de 60 ml
1	Balanza analítica		

IV. PROCEDIMIENTO.

- Colocar el beaker de 600 ml sobre la balanza, tararlo y agregar 500 ml de agua. Anotar el a valor **m₁**: _____. Repartir el proceso 2 veces más para obtener **m₂**: _____ y **m₃**: _____.
- Realizar la suma de $m_1 + m_2 + m_3$ que será la masa de 1500 ml de agua, anotar el valor en tabla 1.
- Mida la temperatura inicial del agua (T_1), encender el calentador y ajustar la temperatura del calentador a 80°C. Al encender el calentador medir el tiempo en el que el agua alcanza los 40°C, al llegar a la temperatura T_2 apagar y desconectar el calentador.
- Con los datos obtenidos, llene la tabla 1 y calcule la variación de entropía utilizando la siguiente ecuación.

$$\Delta S = C * m * \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

- Reiniciar el cronómetro y tomar el tiempo hasta que la temperatura alcance 30 °C.
- Con los datos obtenidos, calcule la variación de entropía para el enfriamiento del agua.

$$\Delta S = C * m * \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Propiedad	Datos	
	Calentamiento	Enfriamiento
Masa de 1500 ml de agua en el calentador	g	g
Temperatura inicial del sistema calentador – agua T1	°C	°C
Temperatura final del agua caliente T2	°C	°C
Tiempo	s	s
Cálculo de ΔS con formula.	J/K	J/K
TABLA 1		

V. CUESTIONARIO.

- 1) ¿Por qué fue necesario consumir energía para calentar el agua y para enfriarla, ¿no?
- 2) En base a los datos de la tabla, ¿Cual fue mayor, el tiempo de calentamiento o el de enfriamiento?
- 3) ¿Qué explicaría lo anterior?
- 4) ¿Cómo explicaría los signos para el cálculo del cambio de entropía para el calentamiento y para el enfriamiento?
- 5) Elabore 3 conclusiones para su reporte, en base a los resultados obtenidos, causas de error y objetivos de la práctica.

CONCLUSIONES:

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la práctica: **Segunda ley de la Termodinámica.**

Docente: _____ Fecha: _____ Nota: _____

Miembros del grupo.

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (limpieza, orden y coherencia)	5		
2	Tabla 1 (completa y en orden)	15		
3	Calculó del ΔS en el calentamiento del agua con sus respectivas unidades, usando formula, constancia de cálculos	20		
4	Calculó del ΔS para el enfriamiento del agua con sus respectivas unidades, constancia de cálculos	20		
5	Explicó por qué los tiempos de calefacción y enfriamiento no fueron iguales	20		
9	Elaboró las 3 conclusiones	20		
	<i>Total, de puntos</i>	<i>100</i>		

	UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA.
	Facultad de ingeniería.
	Asignatura: Termodinámica I
	Practica N° 8
	Tema: ESCALA KELVIN DE TEMPERATURA

Nombre: _____ Fecha: _____

I. OBJETIVO:

Deducir la Escala Kelvin de temperatura usando aire como gas ideal en un proceso Isocórico.

II. INTRODUCCIÓN:

La **tercera ley de la termodinámica**, establece que *la entropía de una sustancia pura cristalina a temperatura absoluta de cero es cero* proporcionando un punto de referencia absoluto para la determinación de la entropía **absoluta** y para establecer una escala de temperatura que no depende de las propiedades de la sustancia utilizada para medirla.

La ecuación de un gas ideal es $pV = mRT$, donde

p es la presión (kPa)

V el volumen (m^3)

m la masa del gas contenida en el recipiente (kg)

R la constante del gas que para el aire, es $R = 0.287 \text{ KPa} \cdot m^3/kg \cdot K$

T la temperatura (K)

Si hacemos una gráfica del producto pV en función de la temperatura obtendríamos una línea, la cual debería intersectar al eje X en el valor $T = -273.15^\circ\text{C}$. Si empleamos distintos gases, pero con el mismo número n de moles, obtendremos la misma línea. Pero si el número n de moles es distinto obtendremos otra línea distinta que intersecta al eje X en el mismo valor de $T = -273.15^\circ\text{C}$.

El cero absoluto de temperatura es imposible de alcanzar, pues el cuerpo o sustancia debería de estar totalmente aislado de cualquier fuente de calor, lo que no es posible.

En esta práctica mantendremos constante el volumen de aire contenido en el recipiente variaremos su temperatura y mediremos la presión alcanzada.

III. EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.



Soporte de acero inoxidable



Manómetro en U



Barómetro



Mechero de Alcohol



Termómetro digital



Recipiente de volumen constante



Guantes térmicos

Cantidad	Equipo/Instrumento	Cantidad	Equipo/Instrumento
1	Soporte de acero inoxidable	1	Mechero de alcohol
1	Manómetro en U	1	Termómetro digital
1	Barómetro	1	Recipiente de volumen constante
1	Guantes de térmicos.		

IV. PROCEDIMIENTO.

Precauciones al iniciar la práctica.

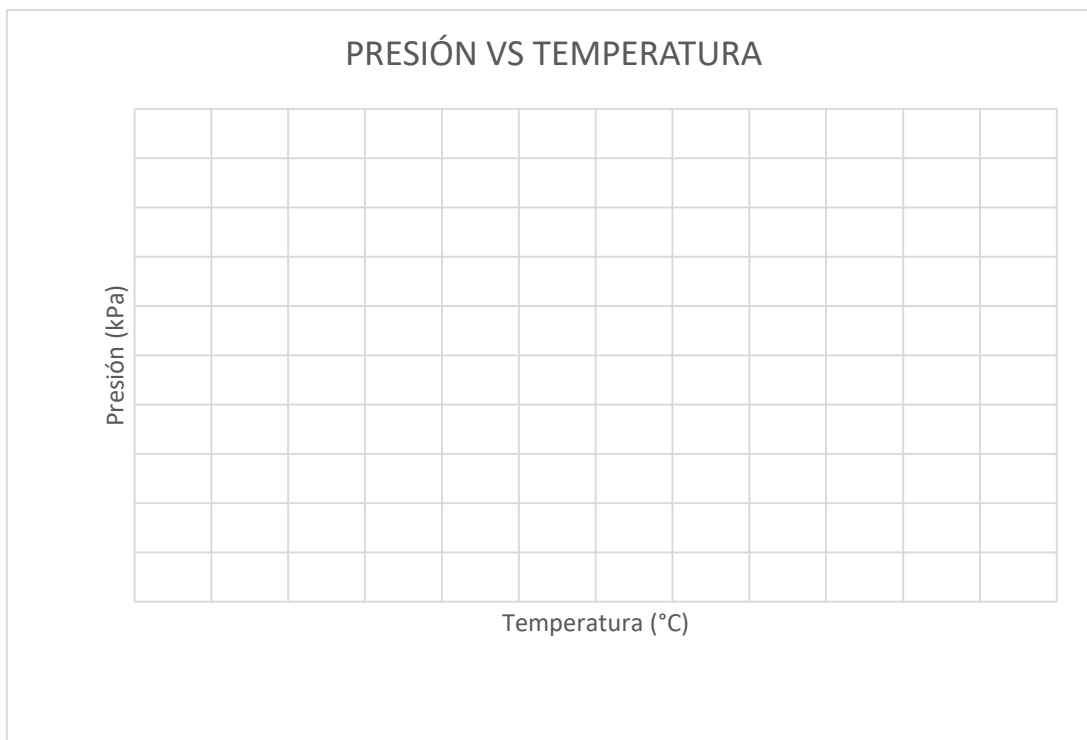
Utilizar los instrumentos con el cuidado correspondiente, por ejemplo: el recipiente de volumen constante es demasiado pesado nunca colocarlo ni en la balanza electrónica ni en el calentador y que no se encuentren materiales inflamables a la hora de utilizar el mechero

DESARROLLO.

- Colocar el recipiente de volumen constante sobre el soporte de acero inoxidable.
- Anotar temperatura ambiental y presión atmosférica
- Encender el mechero de alcohol y anotar la altura de la columna de agua cuando la temperatura incremente 0.5°C de la temperatura inicial, repetir este proceso 6 veces. Por ejemplo, si la temperatura del aire dentro del recipiente es de 25°C incrementar a 25.5°C ; 26.0°C ; 26.5°C así sucesivamente hasta completar las 6 mediciones.
- Una vez convertidos los “mm de H_2O ” a “kPa” trazar la gráfica que relaciona la presión con la temperatura.
- Anote en la tabla 1 las lecturas obtenidas en la columna de agua que varía al aumentar la temperatura
- Calcule la P absoluta
- Realizar un gráfico (P vs. T)

Temperatura ambiente: _____ Presión atmosférica: _____

Medición	T ($^{\circ}\text{C}$)	P mmH ₂ O	P manométrica (kPa)	P absoluta (kPa)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
TABLA 1				



IV. CUESTIONARIO.

- 1) Tomando en cuenta la definición de gas ideal fue adecuado tomar como tal el aire encerrado en el recipiente de volumen constante.
- 2) Con los datos obtenidos en tabla 1 obtener la ecuación de la recta.
- 3) ¿En qué valor de T ($^{\circ}\text{C}$) la presión será = 0?
- 4) ¿Qué presión alcanza el recipiente si se tuviese la temperatura del cero absoluto?
- 5) Realizar el ajuste de la recta por mínimos cuadrados.
- 6) Calcule % de error
- 7) ¿Cuáles son las posibles fuentes de error?
- 8) Elabore 3 conclusiones.

HOJA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Nombre de la práctica: **Escala Kelvin de Temperatura.**

Docente: _____ Fecha: _____ Nota: _____

Miembros del grupo.

No	Apellidos	Nombres	Carnet	Firma	Turno
1					
2					
3					
4					
5					

No	Aspectos a Evaluar	%Asignado	%Obtenido	Observaciones
1	Presentación (limpieza, orden y coherencia)	10		
2	Tablas y constancia de cálculos.	30		
3	Realizó gráfico P vs T	15		
4	Determinó el porcentaje de error.	10		
5	Explicó si es aceptable o no el porcentaje de error obtenido, así como también las posibles causas de error que influyeron en el resultado	15		
6	Completó el cuestionario.	20		
	<i>Total, de puntos</i>	<i>100</i>		

CONCLUSIONES.

- 1) Se construyó un banco de trabajo y se dotó de los equipos e instrumentos necesarios para la ejecución de las prácticas de laboratorio de Termodinámica I.
- 2) Se redactaron y probaron 8 guías para las prácticas de laboratorio.
- 3) Al realizar las pruebas para elaborar las guías se identificaron algunos factores que influyeron en el diseño y selección de algunos equipos.

Así para obtener la masa del aire se tuvieron que realizar diferentes procedimientos empezando desde medir con una jeringa hasta llegar al satisfactorio lo cual se realizó con una botella de aluminio.

Para obtener la variación de temperatura en función de la presión del aire se realizaron diferentes ensayos los cuales comenzaron desde usar depósitos de latón y aluminio hasta llegar a la decisión de realizarlo con recipiente de acero inoxidable.

Para la obtención de la velocidad del aire se realizaron diferentes tipos de tubo de Pitot desde tubo PVC, acrílico y se culminó con el hierro galvanizado obteniendo una mejor medición.

RECOMENDACIONES.

- 1) Revisar cada seis meses el estado de los equipos.
- 2) Hacer control de inventarios al menos una vez al año.
- 3) Siendo el piso del local del laboratorio de cerámica, es conveniente dotar de antideslizantes para prevenir accidentes.

BIBLIOGRAFÍAS

CEDRÓN, J. C. (16 de 12 de 2021). *Química General. Material de enseñanza*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/56-cambios-de-estado-diagramas-de-calentamiento-diagramas-de-fase.html>

ÇENGEL, Y., & BOLES, M. (2011). Postulado de Estado. En Y. ÇENGEL, & M. BOLES, *TERMODINÁMICA* (págs. 14-15). Boston: McGRAW-HILL.

Planas, O. (24 de 04 de 2018). *solar-energia.net*. Obtenido de <https://solar-energia.net/termodinamica/procesos-termodinamicos/proceso-isobarico>

<http://fisicoquimica.wikidot.com/2-propiedades-de-los-sistemas-termodinamicos-definiciones>

<https://prezi.com/a5-vqlnbv1zt/calorimetros-tipos-usos-y-aplicaciones/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Equivalente_mec%C3%A1nico_del_calor

<https://es.slideshare.net/AlanArmentaEspinoza93/equivalente-mecnico-de-calor>

https://historiaybiografias.com/el_calor/

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/calor-latente/>

<https://www.significados.com/presion-atmosferica/>

<http://tiempoytemperatura.es/el-salvador/santa-tecla.html#por-horas>

<https://es.weatherspark.com/y/12254/Clima-promedio-en-Santa-Tecla-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimg.directindustry.es%2Fimagenes_di%2Fphoto-m2%2F28268-6703461.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.directindustry.es%2Ffabricante-industrial%2Fcalorimetro-adiabatico-80517.html&tbnid=l_AbIyl5B4-jJM&vet=12ahUKEwiY1NbFkeD1AhXDft8KHWwxDusQMygAegUIARC3AQ..i&docid=2UhMydTT6xKrQM&w=300&h=300&itg=1&q=Calor%C3%ADmetro%20adiab%C3%A1tico&ved=2ahUKEwiY1NbFkeD1AhXDft8KHWwxDusQMygAegUIARC3AQ

ANEXOS.

ANEXO 1 DATOS CLIMATICOS DE SANTA TECLA

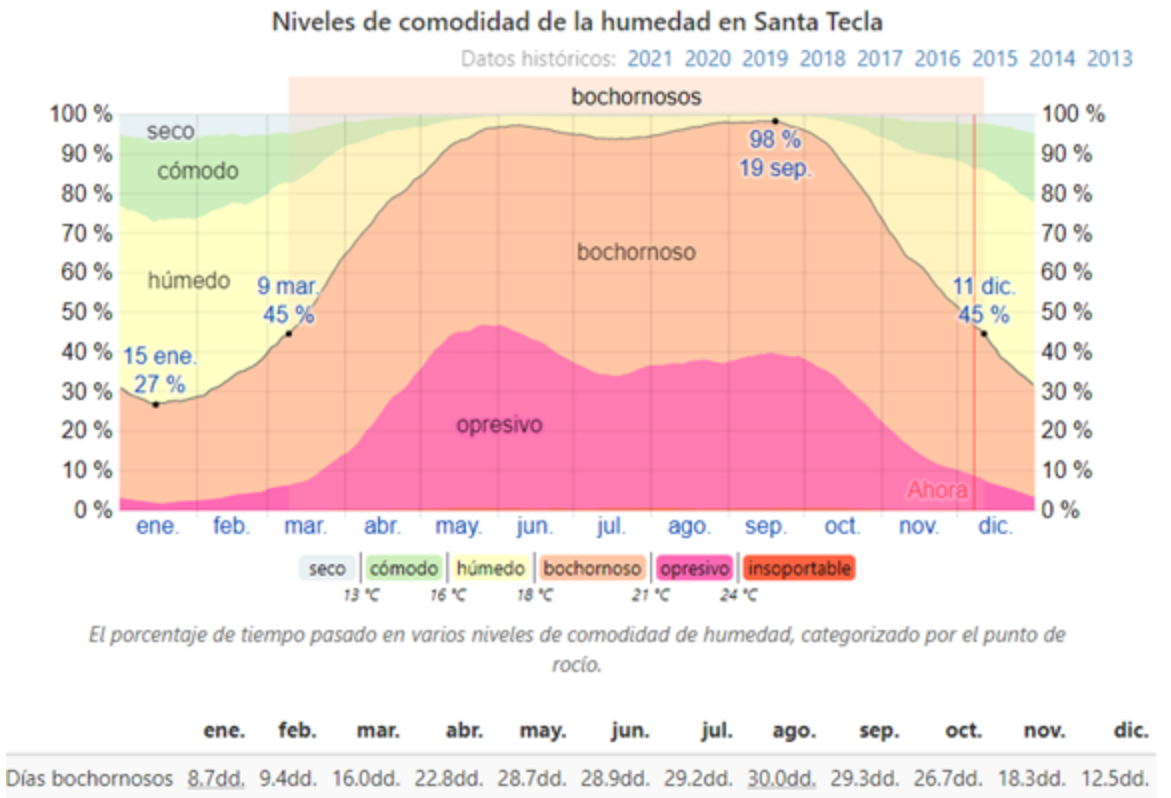


Tabla 1 <https://es.weatherspark.com/y/12254/Clima-promedio-en-Santa-Tecla-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

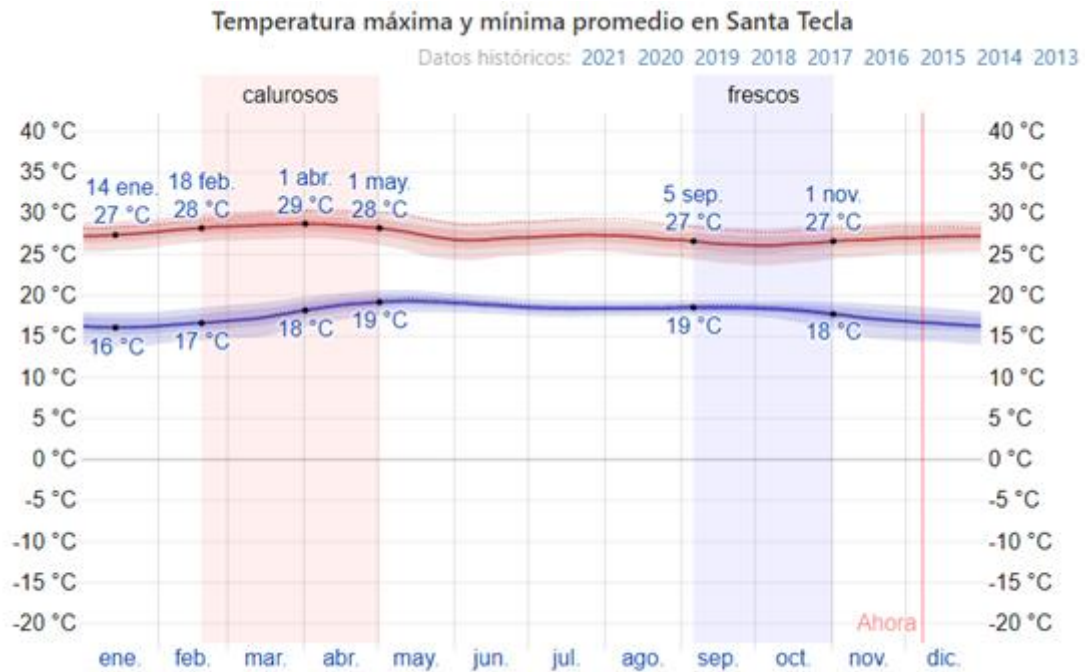


Tabla 2 <https://es.weatherspark.com/y/12254/Clima-promedio-en-Santa-Tecla-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXO 2 TABLAS DE PROPIEDADES.

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A.: Thermodynamics: An Engineering Approach. Ed. McGraw-Hill: Boston, 7ta. Edición, 2011. ISBN: 007352932x.

908

TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES SI)

TABLA A-1

Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico

Sustancia	Fórmula	Masa molar, <i>M</i> kg/kmol	Constante de gas, <i>R</i> kJ/kg · K*	Propiedades del punto crítico		
				Temperatura, K	Presión, MPa	Volumen, m ³ /kmol
Agua	H ₂ O	18.015	0.4615	647.1	22.06	0.0560
Aire	—	28.97	0.2870	132.5	3.77	0.0883
Alcohol etílico	C ₂ H ₅ OH	46.07	0.1805	516	6.38	0.1673
Alcohol metílico	CH ₃ OH	32.042	0.2595	513.2	7.95	0.1180
Amoníaco	NH ₃	17.03	0.4882	405.5	11.28	0.0724
Argón	Ar	39.948	0.2081	151	4.86	0.0749
Benceno	C ₆ H ₆	78.115	0.1064	562	4.92	0.2603
Bromo	Br ₂	159.808	0.0520	584	10.34	0.1355
<i>n</i> -Butano	C ₄ H ₁₀	58.124	0.1430	425.2	3.80	0.2547
Cloro	Cl ₂	70.906	0.1173	417	7.71	0.1242
Cloroformo	CHCl ₃	119.38	0.06964	536.6	5.47	0.2403
Cloruro metílico	CH ₃ Cl	50.488	0.1647	416.3	6.68	0.1430
Criptón	Kr	83.80	0.09921	209.4	5.50	0.0924
Diclorodifluorometano (R-12)	CCl ₂ F ₂	120.91	0.06876	384.7	4.01	0.2179
Diclorofluorometano (R-21)	CHCl ₂ F	102.92	0.08078	451.7	5.17	0.1973
Dióxido de carbono	CO ₂	44.01	0.1889	304.2	7.39	0.0943
Dióxido de sulfuro	SO ₂	64.063	0.1298	430.7	7.88	0.1217
Etano	C ₂ H ₆	30.070	0.2765	305.5	4.48	0.1480
Etileno	C ₂ H ₄	28.054	0.2964	282.4	5.12	0.1242
Helio	He	4.003	2.0769	5.3	0.23	0.0578
<i>n</i> -Hexano	C ₆ H ₁₄	86.179	0.09647	507.9	3.03	0.3677
Hidrógeno (normal)	H ₂	2.016	4.1240	33.3	1.30	0.0649
Metano	CH ₄	16.043	0.5182	191.1	4.64	0.0993
Monóxido de carbono	CO	28.011	0.2968	133	3.50	0.0930
Neón	Ne	20.183	0.4119	44.5	2.73	0.0417
Nitrógeno	N ₂	28.013	0.2968	126.2	3.39	0.0899
Óxido nitroso	N ₂ O	44.013	0.1889	309.7	7.27	0.0961
Oxígeno	O ₂	31.999	0.2598	154.8	5.08	0.0780
Propano	C ₃ H ₈	44.097	0.1885	370	4.26	0.1998
Propileno	C ₃ H ₆	42.081	0.1976	365	4.62	0.1810
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	153.82	0.05405	556.4	4.56	0.2759
Tetrafluoroetano (R-134a)	CF ₃ CH ₂ F	102.03	0.08149	374.2	4.059	0.1993
Triclorofluorometano (R-11)	CCl ₃ F	137.37	0.06052	471.2	4.38	0.2478
Xenón	Xe	131.30	0.06332	289.8	5.88	0.1186

*La unidad en kJ/kg · K es equivalente a kPa · m³/kg · K. La constante de gas se calcula de $R = R_u/M$, donde $R_u = 8.31447$ kJ/kmol · K y M es la masa molar.

Fuente: K. A. Kobe y R. E. Lynn, Jr., *Chemical Review* 52 (1953), pp. 117–236; y ASHRAE, *Handbook of Fundamentals* (Atlanta, GA: Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire, Inc., 1993), pp. 16.4 y 36.1.

TABLA A-2

Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes

a) A 300 K

Gas	Fórmula	Constante de gas, R kJ/kg · K	c_p kJ/kg · K	c_v kJ/kg · K	k
Aire	—	0.2870	1.005	0.718	1.400
Argón	Ar	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Butano	C ₄ H ₁₀	0.1433	1.7164	1.5734	1.091
Dióxido de carbono	CO ₂	0.1889	0.846	0.657	1.289
Etano	C ₂ H ₆	0.2765	1.7662	1.4897	1.186
Etileno	C ₂ H ₄	0.2964	1.5482	1.2518	1.237
Helio	He	2.0769	5.1926	3.1156	1.667
Hidrógeno	H ₂	4.1240	14.307	10.183	1.405
Metano	CH ₄	0.5182	2.2537	1.7354	1.299
Monóxido de carbono	CO	0.2968	1.040	0.744	1.400
Neón	Ne	0.4119	1.0299	0.6179	1.667
Nitrógeno	N ₂	0.2968	1.039	0.743	1.400
Octano	C ₈ H ₁₈	0.0729	1.7113	1.6385	1.044
Oxígeno	O ₂	0.2598	0.918	0.658	1.395
Propano	C ₃ H ₈	0.1885	1.6794	1.4909	1.126
Vapor	H ₂ O	0.4615	1.8723	1.4108	1.327

Nota: La unidad kJ/kg · K es equivalente a kJ/kg · °C.

Fuente: *Chemical and Process Thermodynamics* 3a. ed., por Kyle, B.G., © 2000. Adaptado con permiso de Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, Nueva Jersey.

TABLA A-3

Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes (conclusión)

b) Sólidos (los valores son para temperatura ambiente, excepto que se indique otra cosa)

Sustancia	Densidad, ρ kg/m ³	Calor específico, c_p kJ/kg · K	Sustancia	Densidad, ρ kg/m ³	Calor específico, c_p kJ/kg · K
Metales			No metales		
Acero dulce	7,830	0.500	Arena	1520	0.800
Aluminio			Arcilla	1000	0.920
200 K		0.797	Asfalto	2110	0.920
250 K		0.859	Caucho (blando)	1100	1.840
300 K	2,700	0.902	Caucho (duro)	1150	2.009
350 K		0.929	Concreto	2300	0.653
400 K		0.949	Diamante	2420	0.616
450 K		0.973	Grafito	2500	0.711
500 K		0.997	Granito	2700	1.017
Bronce (76% Cu, 2% Zn, 2% Al)	8,280	0.400	Hielo		
Cobre			200 K		1.56
−173°C		0.254	220 K		1.71
−100°C		0.342	240 K		1.86
−50°C		0.367	260 K		2.01
0°C		0.381	273 K	921	2.11
27°C	8,900	0.386	Ladrillo común	1922	0.79
100°C		0.393	Ladrillo refractario (500°C)	2300	0.960
200°C		0.403	Madera contrachapada (abeto Douglas)	545	1.21
Hierro	7,840	0.45	Maderas duras (maple, encino, etc.)	721	1.26
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)	8 310	0.400	Maderas suaves (abeto, pino, etc.)	513	1.38
Magnesio	1,730	1.000	Mármol	2600	0.880
Níquel	8,890	0.440	Piedra	1500	0.800
Plata	10,470	0.235	Piedra caliza	1650	0.909
Plomo	11,310	0.128	Vidrio para ventanas	2700	0.800
Tungsteno	19,400	0.130	Vidrio pirex	2230	0.840
			Yeso o tabla de yeso	800	1.0

c) Alimentos

Alimentos	Contenido de agua, % (masa)	Punto de congelación, °C	Calor específico, kJ/kg · K			Alimentos	Contenido de agua, % (masa)	Punto de congelación, °C	Calor específico, kJ/kg · K		
			Por encima del punto de congelación	Por debajo del punto de congelación	Calor latente de fusión, kJ/kg				Por encima del punto de congelación	Por debajo del punto de congelación	Calor latente de fusión, kJ/kg
Brócoli	90	−0.6	3.86	1.97	301	Helado	63	−5.6	2.95	1.63	210
Camarón	83	−2.2	3.62	1.89	277	Mantequilla	16	—	—	1.04	53
Carne de pollo	74	−2.8	3.32	1.77	247	Manzanas	84	−1.1	3.65	1.90	281
Carne de res	67	—	3.08	1.68	224	Naranjas	87	−0.8	3.75	1.94	291
Cerezas	80	−1.8	3.52	1.85	267	Papas	78	−0.6	3.45	1.82	261
Espinaca	93	−0.3	3.96	2.01	311	Pavo	64	—	2.98	1.65	214
Fresas	90	−0.8	3.86	1.97	301	Plátanos	75	−0.8	3.35	1.78	251
Huevo entero	74	−0.6	3.32	1.77	247	Queso suizo	39	−10.0	2.15	1.33	130
Leche entera	88	−0.6	3.79	1.95	294	Salmón	64	−2.2	2.98	1.65	214
Lechuga	95	−0.2	4.02	2.04	317	Sandía	93	−0.4	3.96	2.01	311
Maíz dulce	74	−0.6	3.32	1.77	247	Tomates (maduros)	94	−0.5	3.99	2.02	314

Fuente: Los valores han sido obtenidos de varios manuales y otras fuentes, o se han calculado. El contenido de agua y los datos de punto de congelación para alimentos provienen del ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, versión SI, Atlanta, Georgia, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993, Capítulo 30, Tabla 1. El punto de congelación es la temperatura a la que comienza la congelación para frutas y verduras, así como la temperatura promedio de congelación para otros alimentos.

TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

TABLA A-5

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., <i>P</i> kPa	Temp. sat., <i>T</i> _{sat} °C	Volumen específico, <i>m</i> ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Líqu. sat., <i>v</i> _f	Vapor sat., <i>v</i> _g	Líqu. sat., <i>u</i> _f	Evap., <i>u</i> _{fg}	Vapor sat., <i>u</i> _g	Líqu. sat., <i>h</i> _f	Evap., <i>h</i> _{fg}	Vapor sat., <i>h</i> _g	Líqu. sat., <i>s</i> _f	Evap., <i>s</i> _{fg}	Vapor sat., <i>s</i> _g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

TABLA A-6

Vapor de agua sobrecalentado

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$P = 0.01 \text{ MPa (45.81°C)*}$					$P = 0.05 \text{ MPa (81.32°C)}$				$P = 0.10 \text{ MPa (99.61°C)}$			
Sat. [†]	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229
$P = 0.20 \text{ MPa (120.21°C)}$					$P = 0.30 \text{ MPa (133.52°C)}$				$P = 0.40 \text{ MPa (143.61°C)}$			
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18672	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46859	4054.3	4641.7	9.3396
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828
$P = 0.50 \text{ MPa (151.83°C)}$					$P = 0.60 \text{ MPa (158.83°C)}$				$P = 0.80 \text{ MPa (170.41°C)}$			
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4395.5	8.8185
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6955	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625

*La temperatura entre paréntesis es la temperatura de saturación a la presión especificada.

† Propiedades del vapor saturado a la presión especificada.

TABLA A-17

Propiedades de gas ideal del aire

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	23.29
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531					