



UNIVERSIDAD DE SONORA

Unidad Regional Centro

División Ingeniería

Departamento Ingeniería Industrial

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Nombre de la Asignatura: Termodinámica

Clave:	Créditos:	Horas totales:	Horas Teoría:	Horas Práctica:	Horas Semana:
7982	7	64	3	1	4

Modalidad: Presencial

Eje de formación: Básico

Elaborado por: Gilberto García Navarrete

Antecedente: 6883 Química I

Consecuente: NA

Carácter: Obligatoria

Departamento de Servicio: Ingeniería Química

Propósito: Es una asignatura del eje básico con carácter de obligatoria que estudia los diferentes estados de equilibrio de la materia y el intercambio energético involucrado durante distintos procesos físicos y químicos que le permitirán al alumno resolver problemas que se le presenten en la vida profesional.

I. Contextualización

Introducción:

La Termodinámica contribuye al perfil del Ingeniero Industrial y de Sistemas con los elementos básicos para resolver e interpretar resultados sobre problemas de balances y de intercambio de energía entre sistemas mediante un procedimiento sistematizado.

Es una asignatura que integra las competencias de Química en cuanto a estructura de la materia y propiedades físicas de las sustancias. Las últimas tres unidades didácticas aportan competencias previas a materias relacionadas con el uso y conservación de la energía en dispositivos y sistemas de producción.

La asignatura se organiza en nueve unidades didácticas:

La unidad temática I, *Introducción*, permite al estudiante identificar la ubicación e importancia de la Termodinámica dentro de la Fisicoquímica. Se establecen las dimensiones fundamentales y derivadas del Sistema Internacional de Unidades y además se presenta el uso del factor de conversión gc tanto para el Sistema Internacional de Unidades como para el Sistema Inglés. Por último se le proporciona un breve repaso de las formas de expresar la concentración y se delimita una técnica para resolver problemas.

En la unidad temática II, *Gases y líquidos*, se distingue la importancia del estado gaseoso, se analizan los principales conceptos de presión y se describen brevemente los principios de medición de presión. Posteriormente se analizan los términos de temperatura y escalas de temperatura, cubriendo también una breve explicación de los principales medidores de temperatura. Finalmente se presenta el enunciado de la Ley Cero de la Termodinámica y la explicación de las Leyes básicas de los gases.

La unidad temática III, *Sistemas, propiedades y procesos termodinámicos*, analiza conceptos básicos de sistemas termodinámicos e identifica diferencias entre propiedades de un sistema. También se establecen las definiciones de estado termodinámico, ecuación de estado y función de estado. Finalmente se presenta la diferencia entre sistemas homogéneos y heterogéneos y se identifican los principales procesos termodinámicos.

En la unidad temática IV, *Propiedades de las sustancias puras*, se le brinda al estudiante el concepto de sustancia pura y se le introduce al análisis de los procesos de cambio de fase. Luego se describe el uso de varios diagramas de propiedades y el manejo de las Tablas de vapor saturado y vapor sobrecalentado para obtener propiedades del estado de un sistema.

La unidad temática V, *Ecuaciones de estados*, permite al estudiante distinguir, manejar, aplicar y comparar algunas ecuaciones de estado en la resolución de problemas de sistemas gaseosos.

En la unidad temática VI, *Formas de energía*, el estudiante comprende la importancia de la energía en la mayoría de los aspectos cotidianos, además distingue y analiza diferentes formas de energía.

La unidad temática VII, *Primera Ley de la Termodinámica*, aborda el procedimiento para elaborar los balances de energía en sistemas cerrados y abiertos de sustancias puras de acuerdo al principio de conservación de la energía.

La unidad temática VIII, *Segunda Ley de la Termodinámica*, establece el concepto de reversibilidad, y los principios de operación de una máquina térmica, un refrigerador y una bomba de calor. Además presenta varios enunciados de la Segunda Ley de la Termodinámica. También se plantea una introducción del Ciclo de Carnot y su aplicación a máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor.

En la unidad temática IX, *Aplicaciones*, se introduce al estudiante en la comprensión de los ciclos de potencia y de refrigeración para máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor, estableciendo los fundamentos y resolviendo problemas prácticos.

Perfil del(los) instructor(es):	Estudios: Licenciatura en Ingeniería con grado académico mínimo de maestría. Experiencia Docente. Al menos un año en educación superior enseñando la asignatura u otra afín. Profesional. Al menos dos años trabajando en el uso de la termodinámica o campos afines.
--	---

II. Competencias a lograr

Competencias genéricas a desarrollar: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad comunicativa <ul style="list-style-type: none"> ○ Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas o matemáticas. • Competencia digital <ul style="list-style-type: none"> ○ Utiliza en forma eficiente los recursos y herramientas digitales. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. <ul style="list-style-type: none"> ○ Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida

Competencias específicas:

- MATEMÁTICAS Y CIENCIAS
 - Basados en leyes y modelos identifica y analiza los efectos de la temperatura, presión y composición en el estado termodinámico de una sustancia.
 - Analiza y resuelve problemas teóricos y prácticos relacionados con el intercambio de energía y espontaneidad de diferentes procesos fisicoquímicos.
 - Capacidad para interpretar y evaluar datos derivados de observaciones y mediciones, relacionándolos con la teoría para explicar los fenómenos físicos y/o químicos.

Objetivo General:

Aplicar las Leyes de la Termodinámica a problemas físicos y químicos en los cambios de energía de sistemas cerrados y de flujo estable, considerando conceptos, fundamentos y propiedades de la materia.

Objetivos Específicos:

1. Revisar y explicar conceptos básicos de la Termodinámica.
2. Revisar y aplicar las leyes básicas de los gases.
3. Utilizar los diagramas y tablas para determinar propiedades termodinámicas de las sustancias puras.
4. Aplicar diferentes ecuaciones de estado en la resolución de problemas.
5. Identificar y aplicar la Primera Ley de la Termodinámica en la solución de problemas de sistemas cerrados y de flujo estable.
6. Describir, explicar e interpretar la Segunda Ley de la Termodinámica y aplicarla en la solución de problemas donde se involucran los cambios de algunos procesos.
7. Evaluar el desempeño de los ciclos de potencia de gas, de vapor y combinados.
8. Analizar los ciclos de refrigeración por compresión de vapor y de gas.
9. Comprender el funcionamiento de los sistemas de refrigeración por absorción.

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica 1 – Introducción.

Unidad Didáctica 2 – Gases y líquidos.

Unidad Didáctica 3 – Sistemas, propiedades y procesos termodinámicos.

Unidad Didáctica 4 – Propiedades de las sustancias puras.

Unidad Didáctica 5 – Ecuaciones de Estado.

Unidad Didáctica 6 – Formas de energía.

Unidad Didáctica 7 – Primera Ley de la Termodinámica.

Unidad Didáctica 8 – Segunda Ley de la Termodinámica.

Unidad Didáctica 9 – Aplicaciones.

III. Didáctica del programa

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica 1 – Introducción.

En esta unidad se introduce al estudiante en la ubicación de la Termodinámica dentro de la Fisicoquímica, se establecen las dimensiones fundamentales y derivadas del Sistema Internacional de Unidades y además se presenta el uso del factor de conversión gc tanto para el Sistema Internacional de Unidades como para el Sistema Inglés. Por último se le proporciona un breve repaso de las formas de expresar la concentración y se delimita una técnica para resolver problemas.

- 1.1 Definición de Fisicoquímica.
- 1.2 Ubicación de la Termodinámica dentro de la Fisicoquímica.
- 1.3 Definición de Termodinámica.
- 1.4 Conceptos de dimensión y unidad.
- 1.5 Dimensiones fundamentales y derivadas.
- 1.6 Dimensiones fundamentales en el Sistema de Ingeniería y en el Sistema Inglés.
- 1.7 Uso del factor de conversión gc .
- 1.8 Formas de expresar la concentración.
- 1.9 Metodología de aprendizaje de una ciencia.

Unidad Didáctica 2 – Gases y líquidos.

El estudiante distingue la importancia del estado gaseoso, analiza los principales conceptos de presión y describe brevemente los principios de medición de presión. Posteriormente se analizan los términos de temperatura y escalas de temperatura, cubriendo también una breve explicación de los principales medidores de temperatura. Finalmente se presenta el enunciado de la Ley Cero de la Termodinámica y la explicación de las Leyes básicas de los gases.

- 2.1 Estados de la materia.
- 2.2 Definición de presión.
- 2.3 Diferentes tipos de presiones.
- 2.4 Principales medidores de presión.
- 2.5 Definición de temperatura.
- 2.6 Escalas de temperatura.
- 2.7 Principales medidores de temperatura.
- 2.8 Ley Cero de la Termodinámica.
- 2.9 Leyes básicas de los gases.
 - 2.9.1 Ley de Boyle.
 - 2.9.2 Ley de Charles.
 - 2.9.3 Ley de Gay-Lussac.
 - 2.9.4 Ley del Gas Ideal.
 - 2.9.4.1 Suposiciones del comportamiento ideal.
 - 2.9.4.2 Constante Universal de los Gases.
 - 2.9.5 Ley Combinada de los Gases.
 - 2.9.5 Ley de Dalton.
 - 2.9.6 Ley de Amagat.

- 2.9.7 Ley de Difusión de Graham.
- 2.10 Diferencia entre un gas ideal y un gas real.

Unidad Didáctica 3 – Sistemas, propiedades y procesos termodinámicos.

El estudiante analiza conceptos básicos de sistemas termodinámicos e identifica diferencias entre propiedades de un sistema. Se establecen las definiciones de estado termodinámico, ecuación de estado y función de estado. Finalmente se presenta la diferencia entre sistemas homogéneos y heterogéneos y se identifican los principales procesos termodinámicos.

- 3.1 Definiciones.
- 3.2 Propiedades intensivas y extensivas.
- 3.3 Estado termodinámico.
- 3.4 Ecuación de estado.
- 3.5 Función de estado.
- 3.6 Sistema homogéneo y heterogéneo.
- 3.7 Proceso termodinámico.
- 3.8 Trayectoria.
- 3.9 Tipos de proceso.
- 3.10 Equilibrio termodinámico.

Unidad Didáctica 4 – Propiedades de las sustancias puras.

Al estudiante se le brinda el concepto de sustancia pura y se le introduce al análisis de los procesos de cambio de fase. Luego se describe el uso de varios diagramas de propiedades y el manejo de las Tablas de vapor saturado y vapor sobrecalentado para obtener propiedades del estado de un sistema.

- 4.1 Definición de sustancia pura.
- 4.2 Proceso de cambio de fase de una sustancia pura.
- 4.3 Equilibrio líquido-vapor.
- 4.4 Diagrama de fase T-v.
- 4.5 Diagrama de fase P-v.
- 4.6 Diagrama de fase P-T.
- 4.7 Manejo de tablas de propiedades.

Unidad Didáctica 5 – Ecuaciones de estado.

El estudiante distingue, maneja, aplica y compara algunas ecuaciones de estado en la resolución de problemas de sistemas gaseosos.

- 5.1 Ecuación del Gas Ideal.
- 5.2 Factor de compresibilidad Z.
- 5.3 Principio de los Estados Correspondientes.
- 5.4 Ecuación de van der Waals.
- 5.5 Ecuación de Beattie-Bridgeman.
- 5.6 Ecuación de Benedict-Webb-Rubin.
- 5.7 Ecuación de Kamerling-Ones.

5.8 Ecuación de Berthelot.

5.9 Ecuación de Dieterici.

Unidad Didáctica 6 – Formas de energía.

El estudiante comprende la importancia de la energía en la mayoría de los aspectos cotidianos, además distingue y analiza diferentes formas de energía.

6.1 Tipos de energía.

6.2 Energía potencial.

6.3 Energía cinética.

6.4 Trabajo.

6.4.1 Trabajo jalar-empujar.

6.4.2 Trabajo pV

6.4.3 Trabajo elástico.

6.4.4 Trabajo eléctrico.

6.5 Calor.

6.5.1 Calor sensible.

6.5.2 Calor latente.

6.6 Energía química.

6.7 Energía nuclear.

6.8 Energía interna.

6.9 Entalpía.

6.10 Cálculos de ΔU y ΔH .

Unidad Didáctica 7 – Primera Ley de la Termodinámica.

El estudiante describe, explica, interpreta y aplica la Primera Ley de la Termodinámica para diferentes procesos en sistemas cerrados y dispositivos de flujo en estado estable.

7.1 Ecuación del balance general de energía.

7.2 La primera Ley de la Termodinámica para un sistema cerrado.

7.3 Gas ideal y la Primera Ley de la Termodinámica.

7.3.1 Proceso reversible isotérmico.

7.3.2 Proceso reversible adiabático.

7.3.3 Proceso reversible politrópico.

7.4 La Primera Ley para sistemas de flujo en estado estable.

7.4.1 Toberas y difusores.

7.4.2 Turbinas y compresores.

7.4.3 Válvulas de estrangulamiento.

7.4.3 Cámaras de mezclado.

7.4.4 Intercambiadores de calor.

7.4.5 Flujo en tuberías y ductos.

Unidad Didáctica 8 – Segunda Ley de la Termodinámica.

En esta unidad primeramente se presentan las limitaciones de la Primera Ley de la Termodinámica y

los conceptos de proceso espontáneo y de entropía. También se explica la medición de los cambios entrópicos. . Posteriormente se establecen varios enunciados de la Segunda Ley de la Termodinámica. Se examinan las características de una máquina térmica, refrigeradores y bombas de calor. Finalmente se explica el Ciclo de Carnot y se aplica a los dispositivos anteriores.

- 8.1 Limitaciones de la Primera Ley de la Termodinámica.
- 8.2 Proceso espontáneo vs proceso no espontáneo.
- 8.3 Concepto de entropía.
- 8.4 Medición del cambio de entropía.
- 8.5 Cambio entrópico en los sistemas aislados.
- 8.6 Enunciado de la Segunda Ley de la Termodinámica.
- 8.7 Máquinas térmicas.
 - 8.7.1 Definiciones.
 - 8.7.2 Características.
 - 8.7.3 Componentes.
 - 8.7.4 Eficiencia.
 - 8.7.5 Enunciado de Kelvin-Planck.
- 8.8 Refrigeradores.
 - 8.8.1 Componentes.
 - 8.8.2 Coeficiente de funcionamiento y rendimiento energético nominal.
- 8.9 Bombas de calor.
- 8.10 Enunciado de Clausius.
- 8.11 Ciclo de Carnot.
 - 8.11.1 Etapas.
 - 8.11.2 Eficiencia.
 - 8.11.3 Teorema de Carnot.
 - 8.11.4 Máquina térmica de Carnot.
 - 8.11.5 Ciclo de Carnot inverso.
 - 8.11.6 Refrigerador y bomba de Carnot.

Unidad Didáctica 9 – Aplicaciones.

En esta unidad el estudiante analiza varios ciclos de potencia de gas bajo algunas suposiciones de simplificación, así como el ciclo de potencia de vapor considerando algunas modificaciones para incrementar su eficiencia. Por último el estudiante analiza el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, de gas y el sistema de refrigeración por absorción.

- 9.1 Ciclos de potencia de gas.
 - 9.1.1 Ciclo Otto.
 - 9.1.2 Ciclo Diesel.
 - 9.1.3 Ciclos Stirling y Ericsson.
 - 9.1.4 Ciclo Brayton.
- 9.2 Ciclos de potencia de vapor y combinados.
 - 9.2.1 Ciclo Rankine.
 - 9.2.1.1 Como incrementar la eficiencia en el Ciclo Rankine.

- 9.2.1.2 Ciclo Rankine ideal con recalentamiento.
- 9.2.1.3 Ciclo Rankine ideal regenerativo.
- 9.2.2 Ciclos combinados de potencia de gas y de vapor.
- 9.3 Ciclos de refrigeración.
- 9.3.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
- 9.3.2 Ciclos de refrigeración de gas.
- 9.3.3 Sistemas de refrigeración por absorción.

Criterios de desempeño

1. Aplica conocimientos previos y mejora el desempeño mediante retroalimentación
2. Realiza actividades en su cuaderno de trabajo.
3. Resuelve e interpreta ejercicios teóricos y prácticos.
4. Aprobar más del 50% de los exámenes parciales
5. Asistencia del 75% o más a clases (Reglamento escolar: <http://www.unison.edu.mx/institucional/marconormativo/reglamentosescolares/Reglamento-Escolar-2015.pdf>)
6. Realiza una exposición oral sobre temas de aplicación.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos

La lista de actividades de aprendizaje sugiere hacer significativo y efectivo el aprendizaje, pueden comenzar el diseño en clase y hacerse como actividad extra clase, sin embargo deberán presentarse los resultados para su análisis y discusión grupal.

1. Exposición del maestro. Proporcionar al estudiante conceptos, leyes, procedimientos y diagramas que permitan la resolución de problemas teóricos y prácticos.
2. Discusión del procedimiento para resolver problemas de forma adecuada.
3. Analizar e interpretar los resultados.
4. Asesorías extra clase
5. Apoyo en el planteamiento, diseño, solución y análisis del trabajo final

Experiencias de aprendizaje.

El estudiante desarrolla las competencias integrando los conocimientos previos de probabilidad y estadística, aplicando las técnicas y modelos presentados y analizados en la asignatura, de tal forma que establezca el problema a resolver con el diseño y análisis conveniente a una situación real. Identifica, variables a controlar y registrar los elementos que le permitan diseñar los problemas de manera autónoma.

1. Lectura previa de material.
2. Solución de problemas utilizando el procedimiento sistemático que considera la selección de las leyes a utilizar, la recopilación de información adicional y de suposiciones requeridas.
3. Análisis e interpretación de la solución de problemas teóricos y prácticos.
4. Elaboración y exposición de trabajo final.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Cañón
2. Pintarrón
3. Conexión a internet
4. Software Excel y Matlab.

Bibliografía Básica

Cengel, Y. A. y Boles, M. A. (2009). *Termodinámica*. (6ª. ed.) México. McGraw-Hill.

Bibliografía Complementaria

Levenspiel, O. (1997). *Fundamentos de Termodinámica*. (1ª. ed.) México. Prentice-Hall.

Rajput, R. K. (2010). *Ingeniería Termodinámica*. (3ª. ed.) México. Cengage Learning.

IV Evaluación Formativa de las Competencias

#	Tipo (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C, H, A	Tareas 1	Elaboración de reporte.	Trabajo escrito individual.	2.5%
2	C, H, A	Tareas 2	Elaboración de reporte.	Trabajo escrito por equipo.	2.5%
	C, H, A	Trabajo de investigación 1	Distingue los medidores de presión y temperatura.	Trabajo escrito individual.	5%
	C, H, A	Examen 1	Distingue, elige, aplica las leyes básicas de los gases en la resolución de problemas.	Prueba escrita: ítems de desarrollo	10%
4	C, H, A	Tareas 3	Distingue y aplica conceptos termodinámicos y manejo de diagramas y tablas de propiedades en la resolución de problemas.	Trabajo escrito individual.	2.5%
5	C, H, A	Tareas 4	Distingue y aplica ecuaciones de estado en la resolución de problemas.	Trabajo escrito individual.	2.5%
6	C, H, A	Tareas 5	Distingue y aplica fórmulas para calcular diferentes formas de energía y establecer conversiones.	Trabajo escrito individual.	2.5%
7	C, H, A	Tareas 6	Aplica la Primera Ley de la Termodinámica a sistemas cerrados y de flujo estable en varios procesos y dispositivos.	Trabajo escrito individual.	2.5%

	C, H, A	Examen 2	Distingue conceptos termodinámicos y aplica la Primera Ley de la Termodinámica en la resolución de problemas.	Prueba escrita: ítems de desarrollo	20%
8	C, H,A	Tareas 7	Aplica la Segunda Ley de la Termodinámica.	Trabajo escrito individual.	2.5%
	C, H,A	Examen 3	Distingue conceptos termodinámicos y aplica la Segunda Ley de la Termodinámica en la resolución de problemas.	Prueba escrita: ítems de desarrollo	20%
9	C, H, A	Exposición 1	Distingue, elige y desarrolla varios puntos de un tema en particular.	Exposición por equipo de un tema de aplicación.	5%
	C, H,A	Tareas 8	Solución de problemas de generación de potencia y de refrigeración.	Trabajo escrito por equipo	2.5
	C, H, A	Proyecto final	Elaboración de un reporte del análisis y solución de un problema real, donde se incluya revisión bibliográfica, metodología empleada, presentación de resultados, conclusiones y bibliografía en forma estructurada.	Entrega del reporte final.	10%
	A	Asistencia	Presencia.	Participación.	10%
			TOTAL		100%

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes