



"2024 – Año de la defensa de la vida, la libertad y la propiedad"

*Ministerio de Capital Humana
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba*

CÓRDOBA, 01 de marzo de 2024

VISTO, la solicitud del Director del Departamento de Ingeniería Química, de aprobación de Planificación de la asignatura curricular "TERMODINÁMICA", de la Carrera Ingeniería Química, Plan 2023, Ordenanza N° 1875; y

CONSIDERANDO

Que las Planificaciones deben ser aprobadas por el Consejo Directivo para ponerlas a disposición de los docentes y estudiantes.

Que, evaluado el tema por la Comisión de Enseñanza, esta aconseja su aprobación.

Por ello y atento a las atribuciones conferidas por el Estatuto Universitario en vigencia

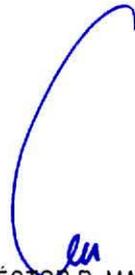
**EL CONSEJO DIRECTIVO
DE LA FACULTAD REGIONAL CORDOBA
en su Primera Reunión Ordinaria del día 01/03/2024
RESUELVE**

ARTICULO 1°: APROBAR la Planificación de la asignatura "TERMODINÁMICA" que corre agregada en el Anexo I de la presente Resolución y que consta de dieciocho (18) fojas. -

ARTICULO 2°: Regístrese, Comuníquese, Cumplido, Archívese. -

RESOLUCIÓN N°: 49/24

Intervino
G.A.D


Ing. HÉCTOR R. MACAÑO
Decano


Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretario Académico

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Termodinámica

Planificación a partir del Ciclo Lectivo 2023

1. Datos administrativos de la asignatura

Nivel en la carrera	3	Duración	Cuatrimestral
Plan	2023		
Bloque curricular:	Tecnologías Básicas		
Carga horaria presencial semanal (hs. cátedra):	8	Carga Horaria total (hs. reloj):	96
Carga horaria no presencial semanal (hs. reloj) (si correspondiese)	-	% horas no presenciales (hs. reloj) (si correspondiese)	-

2. Presentación, Fundamentación

En gran medida, la actividad profesional del Ing. Químico se sustenta en las transformaciones existentes entre el trabajo y el calor. Uno de estos aspectos es técnico, como los equipos mecánicos que mueven fluidos, los equipos de generación y transferencia de calor, los ciclos termodinámicos de refrigeración o generación de energía. Pero otro aspecto fundamental, es su estrecha vinculación con la química, iniciada por Gibbs, que podemos resumir en la termodinámica de los equilibrios, y que gobierna los equipos de transferencia de masa a través de equilibrios de fases o los reactores químicos.

Como ciencia, la termodinámica es muy amplia. Es por ello que el diseño curricular de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional lo divide en dos asignaturas: Termodinámica y Físicoquímica. Como el diseño permite la modalidad anual o cuatrimestral, en la Facultad Regional Córdoba se optó por el régimen cuatrimestral, para permitir una fuerte articulación con estas dos asignaturas del mismo nivel. Para optimizar los tiempos, la distribución de contenidos se realiza entre el análisis termodinámico de sustancias puras en Termodinámica, y mezclas en Físicoquímica.

Con esta orientación, la asignatura Termodinámica, desde la química, estima propiedades termofísicas, evalúa propiedades termodinámicas y de equilibrio de fases de sustancias puras. Y desde el punto de vista técnico, analiza ciclos termodinámicos en calor, trabajo y exergía.

Aunque siempre se ha considerado que un Ingeniero Químico trabaja con fluidos, se da particular importancia al modelado termodinámico de la fase sólida, porque constituye la base del análisis de las propiedades de los materiales.

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretaría Académica

En esta asignatura, se procura orientar al estudiante hacia una formación que le permita tener herramientas para resolver problemas abiertos de ingeniería en forma razonada, en vez de memorizar ecuaciones de aplicación limitada o restringida. La formación de un ingeniero tecnológico, no debe ser del tipo técnico, de aplicación de recetas, sino de fomentar un espíritu crítico, que le permita aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones nuevas, cambiantes en forma vertiginosa. En esta materia se propone la formación en la búsqueda de datos en tablas, la utilización de diagramas termodinámicos mediante su creación, la utilización de bibliografía real, en inglés, con el concepto de utilización del modelado lo más exactamente posible, comparando los resultados con suposiciones simplificadoras.

Dentro de este concepto, la materia se orienta además a formar un profesional comprometido con el correcto cálculo numérico dada la implicancia económica y social que esto tiene.

En conclusión, coincidimos con las expresiones reproducidas en numerosos libros de Termodinámica, acerca de notas autobiográficas de A. Einstein:

“A theory is the more impressive the greater the simplicity of its premises, the more different are the kinds of things it relates, and the more extended is its range of applicability. Therefore, the deep impression which classical thermodynamics made upon me. It is the only physical theory of universal content which I am convinced, that within the framework of applicability of its basic concepts, will never be overthrown.”

“Una teoría es tanto más impresionante cuanto mayor es la simplicidad de sus premisas, más diferente es la clase de temas que relaciona, y más extenso es el rango de su aplicabilidad. De aquí la profunda impresión que me produjo la termodinámica clásica. Es la única teoría física de contenido universal de la cual estoy convencido, que dentro del rango de aplicabilidad de sus conceptos básicos, no será nunca derrocada.”

Albert Einstein, Autobiographical Notes, page 33 in The Library of Living Philosophers, Vol. VII. Albert Einstein. Philosopher-Scientist, edited by P. A. Schilpp, Evanston, Illinois, 1949.

3. Relación de la asignatura con las competencias de egreso de la carrera

En la tabla siguiente se establece la relación de la asignatura con las competencias de egreso: Específicas, Genéricas Tecnológicas y Genéricas Sociales, Políticas y Actitudinales de la carrera. Se incluyen las competencias de egreso a las que tributa, aportes reales y significativos de la asignatura, y en qué nivel (no aporta, bajo, medio, alto).

Competencias	Nivel
Competencias genéricas tecnológicas (CG):	
CG.1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	Medio
CG.2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.	No aporta

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretaría de Ingeniería

CG.3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.	No aporta
CG.4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	Medio
CG.5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	No aporta
Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales (CG)	
CG.6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	Bajo
CG.7. Comunicarse con efectividad.	Medio
CG.8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	No aporta
CG.9. Aprender en forma continua y autónoma.	Medio
CG.10. Actuar con espíritu emprendedor.	No aporta
Competencias Específicas de la carrera	
CE.1. Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.	Medio
CE.2. Diseñar, calcular y proyectar productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para valorar y optimizar, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social.	No aporta
CE.3. Planificar y supervisar la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas utilizando de manera efectiva los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; a través del desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios, sistemas de medición y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes, atendiendo los requerimientos profesionales prácticos.	No aporta
CE.4. Verificar el funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	No aporta
CE.5. Proyectar y dirigir acciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones tendientes a la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios referido a la higiene y seguridad en el trabajo y al control y minimización	No aporta

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretario Académico

del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional seleccionando y utilizando técnicas y herramientas contempladas en las prácticas recomendadas y en las normativas vigentes nacionales e internacionales.	
CE.6. Optimizar procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulaciones, aplicando el modelo más adecuado, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social y ambiental.	No aporta
CE.7. Peritar y/o arbitrar procesos, sistemas, instalaciones, elementos complementarios, construcción, operación y/o mantenimiento involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas seleccionando y utilizando técnicas y herramientas contempladas en las prácticas recomendadas y en las Normativas vigentes Nacionales e Internacionales.	No aporta
CE.8. Asesorar y/o capacitar a organizaciones, empresas, organismos públicos o privados respecto de procesos, productos, instalaciones, construcción, operación, mantenimiento, involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	No aporta
CE.9. Diseñar, asesorar y/o implementar sistemas de gestión en organismos, empresas, organismos públicos o privados respecto de procesos, instalaciones, construcción, operación, involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	No aporta
CE.10. Realizar y/o presentar ante autoridades de aplicación estudios de impacto ambiental correspondientes a procesos e instalaciones, involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	No aporta
CE.11. Realizar análisis de riesgo, asesorar y/o implementar diseño seguro para organismos, empresas, organismos públicos o privados respecto de procesos, instalaciones, construcción, operación, mantenimiento involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	No aporta

4. Contenidos Mínimos

- Trabajo, calor y energía.
- Leyes de la termodinámica.

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura

Ing. ROBERTO L. MUÑOZ
Secretario Académico

- Entropía y exergía.
- Procesos reversibles e irreversibles.
- Gases y sustancias puras, ecuaciones de estado. Equilibrio de fases.
- Estimación de propiedades termofísicas.
- Conversión entre trabajo y calor. Análisis de ciclos termodinámicos.

5. Objetivos establecidos en el DC

- Reconocer las leyes de la termodinámica para el análisis y cálculo de las relaciones entre trabajo, calor y energía.
- Estimar propiedades termofísicas de sustancias puras para su aplicación en la evaluación de propiedades termodinámicas.
- Evaluar las propiedades termodinámicas de sustancias puras para su utilización en el cálculo ingenieril.
- Analizar ciclos termodinámicos para la interpretación de la conversión entre trabajo, calor y energía.
- Analizar el equilibrio de fases para su aplicación en ciclos termodinámicos.

6. Resultados de aprendizaje

Los siguientes resultados de aprendizaje se promueven en el desarrollo de la asignatura

Identificador de RA	Redacción
RA1	Reconocer las leyes de la termodinámica para el análisis y cálculo de las relaciones entre trabajo, calor y energía, considerando sus consecuencias teóricas y matemáticas.
RA2	Estimar propiedades termofísicas de sustancias puras para su aplicación en la evaluación de propiedades termodinámicas, considerando la situación donde no se encuentran datos publicados, la estructura de las moléculas y empleando el método más apropiado.
RA3	Determinar experimentalmente propiedades termofísicas de sustancias puras, para su comparación con valores estimados o publicados, teniendo en cuenta las potencialidades de las condiciones del ensayo y las medidas de higiene y seguridad.
RA4	Evaluar las propiedades termodinámicas de sustancias puras para su utilización en el cálculo ingenieril considerando su dependencia de dos variables termodinámicas cualesquiera.
RA5	Analizar ciclos termodinámicos para la interpretación de la evolución del trabajo, calor, energía y diferencias de exergía considerando comportamiento real de los gases.
RA6	Analizar el equilibrio de fases para su aplicación en el cálculo de diagramas termodinámicos teniendo en cuenta las ecuaciones de presión de vapor, la ecuación de Clausius o la fugacidad.

RA7	Seleccionar la ecuación de estado apropiada para el modelado del comportamiento de los sistemas materiales considerando el grado de error con respecto al valor experimental.
RA8	Realizar búsqueda bibliográfica en diversas fuentes de información para asumir que se trabaja en un campo en permanente evolución, donde las herramientas, técnicas y recursos propios de la profesión están sujetas al cambio, teniendo en cuenta la actualidad y relevancia del material.
RA9	Comunicar las leyes de la termodinámica, las consecuencias matemáticas de las mismas, sus aplicaciones en ciclos termodinámicos, teniendo en cuenta las limitaciones reales para evaluar propiedades termodinámicas de sustancias puras y los equilibrios de fases; a través de argumentaciones orales.

7. Relación de los RA y las competencias

En la tabla siguiente se indica con X la tributación de cada Resultado de Aprendizaje con las competencias de egreso: específicas, genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales de la carrera.

RA	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	CE11	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9	CG10
RA1	X																				
RA2	X																				
RA3	X														X		X				
RA4	X																				
RA5	X																				
RA6	X																				
RA7	X																				
RA8																					X
RA9																		X			

Ing. ROBERTO M. MULLER
Secretaría Académica

8. Asignaturas correlativas previas

Para cursar y rendir debe tener cursadas:

- Asignatura/s:
 - Química Inorgánica
 - Análisis Matemático II
 - Física II

Para cursar y rendir debe tener aprobada:

- Asignatura/s:
 - Análisis Matemático I
 - Química

9. Asignaturas correlativas posteriores

Indicar las asignaturas correlativas posteriores:

- Asignatura/s:
 - Operaciones Unitarias I
 - Tecnología de la Energía Térmica
 - Ingeniería de las Reacciones Químicas
 - Operaciones Unitarias II

10. Programa analítico

Este programa analítico contempla los contenidos mínimos, previstos en el DC vigente, y aquellos que se consideran necesarios para desarrollar los resultados de aprendizaje propuestos.

Unidad N°: 1

Título: *CONCEPTOS BÁSICOS*

Contenidos: Identificación de sistemas abiertos y cerrados, propiedades extensivas e intensivas. Definiciones de fuerza, presión, volumen. Postulación de la ley cero de la Termodinámica. Deducción de la existencia de ecuaciones de estado (EoS) y temperatura.

Carga horaria por Unidad: 2 hs

Unidad N°: 2

Título: *RELACIONES PVT*

Contenidos: Relación entre la presión, el volumen y la temperatura de gases, líquidos y sólidos puros. Descripción de diagramas PVT en 3 dimensiones y sus proyecciones en 2 variables.

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretaría Académica

Definición de propiedades críticas, propiedades reducidas y factor acéntrico. Estimación de propiedades críticas y factor acéntrico.

Ecuaciones de estado para gases:

Descripción del comportamiento ideal de los gases. Definición del factor de compresibilidad.

Postulación del Principio de estados correspondientes (CSP). Definición de la Ecuación de virial.

Estimación del segundo coeficiente de virial.

Definición de ecuaciones de estado analíticas - ecuaciones cúbicas en volumen: Van der Waals, Redlich-Kwong (RK), Soave-Redlich-Kwong (SRK), Peng-Robinson (PR), etc. Estimación de los parámetros de las ecuaciones cúbicas. Interpretación de las tres raíces de las ecuaciones cúbicas.

Definición de las ecuaciones de estado no analíticas de alta precisión: Benedict – Webb - Rubin (BWR, MBWR), Wagner, fluidos de referencia. Aplicaciones.

Ecuaciones de estado para líquidos:

Estimación de la densidad del líquido saturado con la temperatura: Ecuación de Rackett, etc.

Estimación de la densidad del líquido con la presión y temperatura: métodos de Aalto, Huang-O'Connell, etc.

Ecuaciones de estado para sólidos:

Definiciones de los coeficientes de expansión isobárica (dilatación) y compresión isotérmica.

Desarrollo de las EoS para sólidos a partir de estos coeficientes.

Uso de tablas de datos y de parámetros.

Carga horaria por Unidad: 20 hs

Unidad N°: 3

Título: *PRIMER Y SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA*

Contenidos: Definiciones de trabajo y calor. Descripción de la experiencia de Joule. Definición de la Primera Ley de la Termodinámica para sistemas cerrados. Definición y características de la energía interna E , y la capacidad calorífica a volumen constante (C_v). Definición de la entalpía H y la capacidad calorífica a presión constante (C_p). Deducción de la relación entre C_p y C_v . Descripción del comportamiento del C_p de sólidos a bajas temperaturas: ecuación de Debye. Uso de tablas y estimaciones del C_p de líquidos y gases reales.

Distinguir entre transformaciones reversibles e irreversibles. Necesidad y naturaleza de un segundo principio. Definición de entropía de un sistema cerrado y del término de creación de entropía por irreversibilidad.

Deducción de la ecuación fundamental de la termodinámica.

Definición y cálculo de la energía disponible para realización de trabajo: exergía.

Carga horaria por Unidad: 3 hs

Unidad N°: 4

Título: *EVALUACIÓN DE PROPIEDADES TERMODINÁMICAS*

Contenidos: Definiciones de energía libre de Helmholtz y de Gibbs. Relaciones entre las propiedades termodinámicas para fase homogénea y sustancias puras. Deducción de las ecuaciones de Maxwell. Deducción de la ecuación de Gibbs – Helmholtz. Definición del 3er Principio de la Termodinámica y de estados de referencia. Evaluación de las funciones termodinámicas de estado en función de la fase en que se encuentre y de dos variables independientes cualesquiera. Definición y cálculo de fugacidad y coeficiente de fugacidad de sustancias puras.

Carga horaria por Unidad: 12 hs

Unidad N°: 5

Título: *EQUILIBRIO DE FASES DE SUSTANCIAS PURAS*

Contenidos: Desarrollo de las condiciones generales de los equilibrios de fases de sustancias puras. Deducción de la ecuación de Clausius. Cálculo e interpretación de diagramas de fases líquido - vapor, sólido – vapor, sólido – líquido, sólido – sólido; usando las ecuaciones de presión de vapor, la ecuación de Clausius o la fugacidad. Cálculo y elaboración de diagramas termodinámicos. Uso de tablas y estimaciones de la presión de vapor.

Carga horaria por Unidad: 18 hs

Unidad N°: 6

Título: *CICLOS TERMODINÁMICOS DE SISTEMAS CERRADOS*

Contenidos: Determinación del trabajo y el calor evolucionado en las transformaciones isotérmicas, isocóricas, isobáricas, isoentrópicas, adiabáticas en sistemas cerrados. Análisis de los ciclos motores cerrados. El ciclo de Carnot. Evaluación de la eficiencia térmica del ciclo. Ciclos Otto, Diesel, dual. Cálculo de los trabajos con eficiencia isoentrópica. Cálculo de cambios de exergía para sistemas cerrados.

Carga horaria por Unidad: 12 hs

Unidad N°: 7

Título: *CICLOS TERMODINÁMICOS DE SISTEMAS EN FLUJO*

Contenidos: Desarrollo de la 1ra Ley de la Termodinámica para sistemas en flujo. Determinación de la potencia y el flujo de calor evolucionado en las transformaciones isotérmicas, isocóricas, isobáricas, isoentrópicas, adiabáticas e isoentálpicas en sistemas en flujo.

El trabajo de compresión en sistemas de flujo. Cálculo de la presión intermedia en compresión en etapas.

Análisis de ciclos de potencia: Ciclo de Brayton, ciclo de vapor (Rankine), ciclos combinados.

Análisis de ciclos de refrigeración. Ciclo de Carnot invertido. Ciclo frigorífico de compresor a régimen húmedo y a régimen seco. Ciclo frigorífico con compresores a múltiples etapas.

Sobrecalentamiento del vapor y subenfriamiento del líquido. Cálculo de cambios de exergía para sistemas de flujo.

Carga horaria por Unidad: 18 hs

Carga horaria por tipo de formación práctica de toda la asignatura

Tipo de formación práctica	Horas reloj
Formación experimental	20
Análisis y resolución de problemas de ingeniería y estudios de casos	0
Formulación, análisis y desarrollo de proyectos.	0

Bibliografía Obligatoria:

- Moran J., Shapiro N.M. (2004). *Fundamentos de Termodinámica Técnica* (2da Edición). Reverté
- Reid, R. Prausnitz, J., Poling, B. (1987). *The properties of gases and liquids*. (4th. Edition). McGraw-Hill
- Prausnitz, J., Lichtenthaler, R., Gomes de Acevedo, C. (2000). *Termodinámica molecular de los equilibrios de fase*. Pearson
- Walas, S., (1985). *Phase equilibria in chemical engineering*. Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. (1999). *Yaws' Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*. McGraw-Hill

Bibliografía optativa y otros materiales a utilizar en la asignatura:

- Gmehling, J., Kolbe, B., Kleiber, M., Rarey, J. (2012) *Chemical Thermodynamics for Process Simulation*. Wiley
- Tosun, I. (2013). *The Thermodynamics of Phase and Reaction Equilibria*. Elsevier
- Moran, M., Shapiro, H., Boettner, D., Bailey, M., (2018). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. (9th edit). Wiley
- Washburn, E. (2003). *International Critical Tables of numerical data, physics, chemistry and technology*. Knovel
- Poling, B. Prausnitz, J., O'Connell, J. (2004). *The properties of gases and liquids*. (5th Edition). McGraw-Hill
- Guggenheim, M.A. (1967) *Thermodynamics: an advanced treatment for chemists and physicists*. Elsevier
- Luscombe, J. (2018). *Thermodynamics*. CRC
- Guggenheim, E., (1967). *Thermodynamics. An Advanced Treatment for Chemists and Physicists*. North-Holland.
- Lewis, G. N., Randall, M., (1923). *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*. McGraw-Hill.
- Koretsky, M.D. (2013). *Engineering and Chemical Thermodynamics*. (2nd edition). Wiley.

11. Metodología de enseñanza

- **Lección Magistral Participativa.** Consiste en la explicación de los principios físicos en que se basa la termodinámica, sus consecuencias matemáticas, un breve esquema a mano alzada de los ciclos termodinámicos y los principales equipos que se utilizan en los mismos. Se puede completar la explicación con videos y está acompañada de una breve evaluación de los contenidos en la clase siguiente, mediante el uso de la UV.
- **Resolución de ejercicios.** Consiste en el cálculo de diferentes propiedades, ya sea físicas o termodinámicas, de sustancias o de sistemas mediante la utilización de modelos matemáticos y una herramienta de cálculo, como puede ser MathCad. Los modelos matemáticos a utilizar por el estudiante serán explorados junto con el docente, indicando este los datos necesarios, la forma de resolverlos, las limitaciones propias de cada modelo y la interpretación de los resultados obtenidos. Para ello el estudiante dispondrá del material bibliográfico necesario, provisto por la cátedra, incluido en el momento de la evaluación.
- **Resolución de Problemas.** Consiste en la aplicación de los conceptos adquiridos en la resolución de ejercicios para la resolución de casos concretos de comportamiento de sustancias o de sistemas. Se pretende que el estudiante, de forma autónoma descubra e interprete las características del problema y cuales son las consecuencias de su variación. Para la ejecución de la posible resolución al problema se utilizará el software matemático MathCad disponiendo también de diferentes recursos como libros de texto, apuntes, guías de ejercicios, etc. El docente enseñará a los estudiantes los procedimientos heurísticos de resolución de problemas, sin que estos se conviertan en meros ejercicios rutinarios o mecánicos, y también a verificar la validez de los procedimientos utilizados y la coherencia en los resultados.
- **Formación Experimental en Laboratorios de Acceso Local.** Se prevé la realización experimental de:
 - o Determinación de variación de volúmenes molares de sustancias puras con la temperatura.
 - o Determinación de capacidad calorífica a presión constante y entalpía de cambio de fase de sustancias puras en un equipo de análisis térmico diferencial.

12. Recomendaciones para el estudio

Siendo una rama de las ciencias madura, no resulta sorprendente la enorme bibliografía disponible, a pesar que se basa en sólo cuatro premisas: las Leyes de la Termodinámica. Esta abundancia de visiones y enfoques implica un esfuerzo por parte del estudiante en buscar bibliografía acorde a la propuesta de la cátedra. La orientación propuesta es dual: una base teórica rigurosa que no descarta los desarrollos originales de comienzos del siglo XX, que siguen siendo los más claros, una termodinámica química, con los últimos avances en modelado de propiedades termodinámicas, y una termodinámica técnica con un lenguaje acorde a las operaciones unitarias.

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

Ing. ROBERTO M. MUÑOZ
Secretaría Académica

Un ejemplo de esta amplitud, es la elección del signo del trabajo, que se ha coordinado con las diversas cátedras de la carrera que utilizan trabajo.

El concepto de aprendizaje significativo se basa en la incorporación de nuevos contenidos a la estructura de conocimientos preexistentes en el estudiante. Entre los contenidos críticos previos, podemos incluir los elaborados por las siguientes asignaturas correlativas:

- Química General: las bases de modelado de comportamiento de sistemas materiales, comportamiento de los gases, equilibrio químico.
- Física II: introducción a la termodinámica, 1er y 2do principios.
- Análisis Matemático II: derivadas de funciones de varias variables, integrales curvilíneas, ecuaciones diferenciales.
- Fundamentos de Informática: Métodos numéricos de resolución de sistemas de ecuaciones no lineales, sistemas de ecuaciones diferenciales, ajustes de curvas, utilización de MathCad.

Además, es fuerte la articulación con las siguientes asignaturas del mismo nivel:

- Fisicoquímica
- Balances de masa y energía
- Fenómenos de transporte: Ecuación de Bernoulli, transferencia de calor.

La articulación con niveles superiores es la siguiente:

- Ingeniería de las Reacciones químicas: diseño de reactores no isotérmicos
- Tecnología de la Energía Térmica: diseño de intercambiadores de calor
- Operaciones Unitarias II: operaciones de transferencia de masa (absorción, destilación, secado)
- Diseño, simulación, optimización y seguridad de procesos

La articulación entre la utilización de herramientas computacionales y uso de MathCad, que comienza en Fundamentos de Informática (1er cuatrimestre del 2do año), se profundiza en Termodinámica, para constituir la base de las materias siguientes del mismo año (Fisicoquímica y Balances de masa y energía), y Operaciones Unitarias I y II, Tecnología de la Energía Térmica e Ingeniería de las Reacciones Químicas (4to año), todas ellas evaluando parciales y exámenes en computadora, lo que resulta un núcleo de continuidad que permite la mejora y la profundización de los contenidos de todas estas asignaturas.

13. Metodología de evaluación

El modelo de enseñanza basado en competencias implica la aplicación de metodologías e instrumentos de evaluación que permiten conocer, a docentes y estudiantes, el nivel de desarrollo de las competencias que aborda la asignatura.

- Presentaciones Orales:

A partir de una selección al azar de temas, el estudiante deberá exponer en pizarrón durante un período de tiempo acotado:

- Definiciones
- Desarrollos matemáticos
- Utilidad y consecuencias de lo desarrollado

- Presentaciones Escritas:

- Cuestionario conceptual cerrado a través de la UV.
- Resolución de problemas y ejercicios utilizando MathCad, mediante rúbrica. Se evaluará la correcta formulación del modelo matemático que describe al proceso, el resultado numérico correcto, la interpretación gráfica de la variación de los parámetros.
- Informe grupal de resultados experimentales mediante rúbrica.
- Búsqueda bibliográfica y análisis de un diagrama de fases de sustancia pura mediante rúbrica.
- Análisis de máquinas térmicas perpetuas de 1ra y 2da especie mediante rúbrica.

A continuación, se detallan todos los Resultados de Aprendizajes con sus contenidos a desarrollar para alcanzarlos, la mediación pedagógica, metodologías y estrategias de evaluación, tiempo en horas reloj.

Resultados de Aprendizaje	Contenidos según programa	Mediación Pedagógica	Metodología y Estrategias de Evaluación	Tiempos en hora reloj
RA 1	Unidad 1 y 3	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 2	Unidad 2 y 3	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 3	Unidad 2 y 3	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 4	Unidad 4	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 5	Unidad 6 y 7	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 6	Unidad 5	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar

Ing. ROBERTO M. L. DE
 Secretario Académico

Carrera: Ingeniería Química

Asignatura: Escriba el nombre de la asignatura.

		Resolución de problemas		en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 7	Unidad 2	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 8	Unidad 5	Lección magistral participativa Resolución de ejercicios Resolución de problemas	Presentaciones escritas	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..
RA 9	Unidades 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	Lección magistral participativa	Presentación oral	Horas presenciales y horas extra áulicas. Desagregar en horas de teoría, práctica, laboratorio, etc..

14. Condiciones de aprobación

Condiciones de regularidad

- Se proponen cinco (5) evaluaciones de resoluciones de problemas (cada evaluación se califica de 1 a 10) a lo largo del cursado. De los 50 puntos totales, los estudiantes deberán obtener una suma total de notas ≥ 16 .
- Una (1) evaluación integral de resolución de problemas con nota ≥ 4 (cuatro) al final del cursado. Esta evaluación integral tendrá una posibilidad de recuperación.
- Se proponen tres (3) cuestionarios conceptuales y dos (2) presentaciones escritas en la UV a lo largo del cursado. De los 50 puntos totales, los estudiantes deberán obtener una suma total de notas sea ≥ 16 .
- Informe grupal de resultados experimentales con nota ≥ 6 . En caso de no alcanzar esta nota se devolverá para su corrección en una sola oportunidad.

Condiciones de promoción

- Se proponen cinco (5) evaluaciones de resoluciones de problemas (cada evaluación se califica de 1 a 10) a lo largo del cursado. De los 50 puntos totales, los estudiantes deberán obtener una suma total de notas ≥ 20 .
- Una (1) evaluación integral de resolución de problemas con nota ≥ 6 (seis). Esta evaluación integral tendrá una posibilidad de recuperación. La nota de la recuperación reemplaza la nota de la evaluación integral de problemas, siempre que sea de mayor valor.
- Se proponen tres (3) cuestionarios conceptuales y dos (2) presentaciones escritas en la UV a lo largo del cursado. De los 50 puntos totales, los estudiantes deberán obtener una suma total de notas ≥ 20 .
- Informe grupal de resultados experimentales con nota ≥ 6 . En caso de no alcanzar esta nota se devolverá para su corrección en una sola oportunidad.

La condición de promoción dura en las mismas condiciones que la regularidad.

Condiciones de aprobación directa

- Alcanzar las condiciones de promoción de la asignatura.
- Llevar a cabo y aprobar con nota ≥ 6 una presentación oral. La misma se realiza al finalizar el cursado de la asignatura. El estudiante que no apruebe esta instancia de evaluación, tendrá una instancia de recuperación.
- La nota final es el promedio de la evaluación integral, el informe grupal y la presentación oral.

15. Modalidad de examen

- En caso de estar regular en la asignatura, el examen consiste en una evaluación integral de resolución de problemas, y una presentación oral. Ambas evaluaciones se aprueban con nota ≥ 6 . La nota final es el promedio de estas dos evaluaciones.

- En caso de estar promocionado, el examen consiste en la presentación oral, que se aprueba con nota ≥ 6 . La nota final es el promedio de la nota de la evaluación integral, el informe grupal y la presentación oral.

16. Recursos necesarios

Laboratorio de Ing. Química

Gabinete de informática