

Asignatura: **Termodinámica Química**

Código: 10-09057

RTF

10

Semestre: Sexto

Carga Horaria

104

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

32

Departamento: Química Industrial y Aplicada

Correlativas:

- Análisis Matemático 2
- Física 2
- Química

Contenido Sintético:

- Conceptos básicos y primera ley de la termodinámica
- Propiedades volumétricas de fluidos puros
- Segunda ley de la termodinámica. Ciclo de potencia y refrigeración
- Propiedades termodinámicas de los fluidos
- Termodinámica de soluciones
- Equilibrio líquido-vapor (ELV) y equilibrio líquido-líquido (ELL)
- Principios del modelado y cálculo de equilibrio de fases
- Psicrometría

Competencias Genéricas:

CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.

CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

CG 9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.

Aprobado por HCD:

RES: Fecha:

Competencias Específicas:

CE1.5: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y conducción de contaminantes atmosféricos urbanos, rurales e industriales, así como su dispersión final en el medio.

CE4.1: Dirigir y certificar proyectos de sistemas de generación de energía a partir de las energías renovables: eólica, hidroeléctrica, solar térmica y fotovoltaica, biomasa, geotérmica, otras.

CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.

CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.

# Presentación

Termodinámica Química es una actividad curricular que pertenece al tercer año (sexto semestre) de Ingeniería Ambiental. A través del cursado de la asignatura el estudiante comprenderá y asimilará contenidos de naturaleza predominantemente básica, particularmente asociados a los intercambios energéticos que acompañan a los procesos físicos y químicos, las propiedades volumétricas de los fluidos y el cambio sobre las mismas producidas por cambios impuestos por el entorno, el principio de funcionamiento de las máquinas térmicas y los procesos de producción de energía tradicionales, las propiedades de soluciones y los principios del equilibrio entre fases.

Los contenidos vistos se vincularán estrechamente con aquellos vistos en la materia Química y Física de los Procesos Ambientales.

Particularmente, las unidades relativas al Equilibrio de Fases y Termodinámica de Soluciones, representan la diferencia más importante respecto a los programas usuales de Termodinámica para otras Ingenierías, debido a que abordan los distintos tipos de equilibrio de fases: líquido-vapor, líquido-líquido, etc. ya que en estos se basan las operaciones o procesos de separación, fundamentales para las industrias petroquímicas y químicas en general, como así también para comprender los procesos de contaminación y/o remediación ambiental.

## Contenidos

### **Unidad 1. Conceptos básicos y primera ley de la termodinámica.**

Consideraciones generales. Energía, trabajo, calor y temperatura. Unidades. Experimentos de Joule. Energía interna. La primera ley de la termodinámica. Estado termodinámico y funciones de estado. Equilibrio termodinámico. Procesos reversibles e irreversibles. Funciones de estado. Entalpía. Capacidad calorífica: su dependencia con la temperatura. Calores latentes. Experimento de Joule-Thomson. Aplicación de la primera ley a sistemas abiertos.

### **Unidad 2. Propiedades volumétricas de fluidos puros.**

Diagramas PVT de sustancias puras. Diagramas PT y PV. Ecuaciones de estado viriales. El gas ideal como límite. Cálculo de procesos para gases ideales: procesos isotérmico, isobárico, isocórico, adiabático y politrópico. Ecuaciones de estado cúbicas: generalidades, relación entre parámetros y constantes críticas, estados correspondientes y factor acéntrico, raíces de vapor y líquido. Diagrama de Andrews y parámetros de las ecuaciones de estado. Correlaciones generalizadas para gases. Correlaciones generalizadas para líquidos

### **Unidad 3. Segunda ley de la termodinámica.**

Planteamientos de la segunda ley. Máquinas térmicas. Escalas de temperatura termodinámica. Entropía. Cambios de entropía de un gas ideal. Cálculos de la variación de entropía en distintos procesos. Balance de entropía en sistemas abiertos. Cálculo del trabajo ideal. Trabajo perdido. La tercera ley de la termodinámica. Entropía desde el punto de vista microscópico. Algunos ciclos de potencia y refrigeración.

#### **Unidad 4. Propiedades termodinámicas de los fluidos.**

Energías de Gibbs y de Helmholtz. Relaciones entre propiedades termodinámicas. Evaluación de propiedades en fases homogéneas. Propiedades residuales. Las propiedades residuales a partir de ecuaciones de estado. Sistemas de dos fases. Ecuación de Clausius-Clapeyron. Diagramas termodinámicos. Tablas de propiedades termodinámicas. Correlaciones generalizadas de Lee-Kesler.

#### **Unidad 5. Equilibrios líquido-vapor (ELV) y líquido-líquido (ELL).**

Naturaleza del equilibrio de fases. Regla de las fases y Teorema de Duhem. Comportamiento cualitativo del ELV (tipo I). Diagramas Pxy, Txy y envolventes de fases. Puntos críticos. Azeotropía. Equilibrio líquido-líquido. Comportamiento de fases de tipo II. Ley de Raoult y su empleo para el cálculo de puntos de burbuja y rocío. Cálculo de vaporización instantánea. Ley de Henry. Ley de Raoult modificada.

#### **Unidad 6. Termodinámica de soluciones.**

El potencial químico y el equilibrio de fases. Propiedades molares parciales. Mezclas de gases ideales. Fugacidad y coeficientes de fugacidad de especies puras y en solución. Propiedades residuales en mezclas. Correlaciones generalizadas para el coeficiente de fugacidad. Solución ideal. Propiedades de exceso. Coeficientes de actividad. Propiedades de fase líquida a partir de los datos de equilibrio vapor/líquido. Propiedades de mezclado.

#### **Unidad 7. Principios del modelado y cálculo de equilibrio de fases.**

Formulación gamma-phi del EVL. Formulación gamma-gamma del ELL. Formulación phi-phi. Planteo de ecuaciones para el cálculo de equilibrios LV, LL, LLV. Fugacidad de fases fluidas a partir de ecuaciones de estado. Distintos tipos de ecuaciones de estado. Reglas de mezclado y reglas de combinación.

#### **Unidad 8. Psicrometría**

Definición de psicrometría y principal aplicación. Aire seco y atmosférico. Propiedades de una mezcla aire-vapor. Temperatura de bulbo seco y húmedo. Temperatura de saturación adiabática. Carta Psicométrica. Operaciones Aire-Agua.

## **Metodología de enseñanza**

La carga horaria de la materia se distribuye entre tres tipos de clases:

Teóricas: el desarrollo teórico de los conceptos de la materia será realizado en dos modalidades: se proveerán videos a través del aula virtual de la materia y en una clase semanal se realizará un resumen y discusión de los mismos, a través de preguntas orientadoras, clases invertidas, debate y/o estudio de casos.

#### Resolución de problemas:

Con la asistencia y orientación de un Profesor, los estudiantes abordan situaciones problemáticas, diseñando estrategias para su resolución y aplicando criterios para interpretar los resultados por él obtenidos, todo lo cual contribuye a una mejor comprensión de los conceptos y a desarrollar procedimientos. Además, se analizan e interpretan diagramas y ecuaciones abordadas en clases teóricas. La actividad será presencial.

### Laboratorio

Con los trabajos experimentales de laboratorio, guiado por el Profesor Asistente a cargo, el estudiante desarrolla habilidades específicas para el manejo de instrumental, armado de dispositivos e implementación de técnicas, a la vez que relaciona los conocimientos teóricos con el marco experimental.

## Evaluación

La evaluación de la materia durante el cursado está integrada por dos (2) exámenes parciales con una (1) instancia de recuperación y un coloquio final integrador, además de la aprobación de los laboratorios.

Las evaluaciones parciales estarán integradas por contenidos teóricos y situaciones problemáticas. La calificación es integral y debe alcanzarse un mínimo de 60% para la aprobación.

Las evaluaciones parciales (2 más una instancia de recuperatorio) tienen carácter teórico-práctico, donde se evalúan desarrollos teóricos (con respuestas a Múltiple Opción, Respuesta Corta, Respuesta Extendida, Verdadero o Falso con justificación breve, etc.), tanto como resolución de ejercicios en proporciones iguales, del tipo a los desarrollados durante el cursado. Para consignar los resultados en las evaluaciones parciales se empleará porcentaje (%) en escala de 0 a 100, exigiéndose para la aprobación de cada examen un valor no inferior al 60%. Se consideran los siguientes aspectos:

En cuanto a los aspectos teóricos de los parciales se evaluará:

- Claridad conceptual: las respuestas a cada pregunta deben formularse de manera comprensible y sin suscitar dudas o ambigüedades.
- Pertinencia a la respuesta: responder de manera completa de acuerdo a lo que se solicita en cada una de las consignas.
- Capacidad de ejemplificación, en aquellos casos en que la consigna lo permita.

En cuanto a los aspectos prácticos de los parciales:

- Aplicación de procedimientos de resolución adecuados al problema planteado.
- Habilidad para elaborar conclusiones en forma sintética, criteriosa y creativa

Las actividades realizadas en el **laboratorio** se evaluarán mediante la presentación de informes y evaluaciones cortas escritas al inicio de cada práctico. Los **informes de laboratorio** desarrollados en grupo de 3-4 estudiantes serán evaluados mediante la presentación de un informe escrito con presentación e interpretación de resultados, gráficos, conclusiones, observaciones generales etc. Asimismo, el docente a cargo evaluará el desempeño en las actividades del laboratorio y la participación activa en el desarrollo del mismo. Las evaluaciones escritas constarán de 1 o preguntas breves relacionadas a conceptos involucrados en el trabajo práctico de la clase anterior. La valoración de estas actividades contribuye en un 10% de la nota final.

**El coloquio integrador**, al cual acceden aquellos estudiantes en condición de promocionar la materia, consiste en una evaluación oral integral de todos los contenidos de la materia. En el mismo se hace hincapié en aquella parte de la materia donde el estudiante mostró un desempeño menos satisfactorio (basado en las notas de los exámenes parciales), a los fines de corroborar que los mismos hayan sido fortalecidos. El desempeño en esta instancia de evaluación es considerado al momento de efectuar la calificación final del estudiante respecto a la asignatura. Para esta instancia se podrá solicitar al estudiante la resolución de una situación problemática más compleja que las resueltas en las clases prácticas y evaluaciones parciales, relacionadas a casos reales de aplicación. Para ello se les brindará con anterioridad el problema y se los guiará en la resolución. Durante la evaluación oral, se deberán explicar los fundamentos y conceptos utilizados para el abordaje del problema y la resolución del mismo. Los profesores podrán hacer preguntas relacionadas a la temática expuesta y/o otros temas de la asignatura para comprobar la adquisición de los mismos.

La nota final de aprobación de la materia se establecerá de acuerdo a criterio integral combinando para ellos las calificaciones obtenidas en los puntos anteriores.

## Condiciones de aprobación

### 1. Condiciones de Regularidad:

Para permanecer en la condición de alumno regular (una vez terminado el cursado) se requiere tener aprobado uno de los dos exámenes parciales con el 60% como mínimo. El 60% de la asistencia en clases teóricas, el 80% en la asistencia de clases prácticas y haber aprobado los trabajos de laboratorio.

La **aprobación de los laboratorios** en su conjunto implicará:

- a- Haber participado del 80 % de las fechas establecidas para los prácticos.
- b- Haber presentado y aprobado el 100 % de los informes de laboratorio.
- c- Tener la carpeta de trabajos prácticos completa y ordenada.
- d- Haber aprobado el 60 % de las evaluaciones escritas que se toman de manera previa a los prácticos.

El estudiante tiene la posibilidad de recuperar el examen parcial desaprobado; en caso de no aprobar en esta instancia el estudiante mantiene su condición de alumno regular.

El alumno regular debe rendir la TOTALIDAD de la materia en forma escrita, más el Examen Oral.

La regularidad tendrá una validez de 2 años, a partir de la fecha de finalización del semestre de cursado, de acuerdo con el Régimen de Alumnos. Cuando un alumno no haya aprobado ninguno de los 2 exámenes parciales queda en condición de libre.

Es un requisito indispensable para poder presentarse a examen haber aprobado los laboratorios, según lo antes dispuesto y la presentación de la libreta de trabajos prácticos firmada por el Profesor Asistente.

### 2. Condiciones de Aprobación:

La promoción sin examen final exige aprobar los dos exámenes parciales con el 60% como mínimo más un coloquio oral. El 60% de la asistencia en clases teóricas y el 80% en la asistencia de clases prácticas y aprobar los trabajos de laboratorio como ya se indicó.

En caso de que el alumno hubiera desaprobado ambos exámenes parciales en primera instancia, tiene la posibilidad de recuperar uno a elección, con el fin de alcanzar la regularidad.

El alumno que después de cursada la materia aprobó los dos parciales (con o sin recuperatorio) deberá presentarse y aprobar el coloquio final en la fecha indicada para completar la promoción de la materia. Si no lo hace, perderá la promoción de la asignatura.

## Actividades prácticas y de laboratorio

Mediante la realización de los trabajos experimentales de laboratorio, guiado por el Profesor Asistente a cargo, el alumno desarrolla habilidades específicas para el manejo de instrumental, armado de dispositivos e implementación de técnicas, a la vez que relaciona los conocimientos teóricos con el marco experimental.

Los trabajos prácticos a desarrollar son:

- 1- Aplicación de las mediciones de temperatura y de presión: leyes de los gases ideales.
- 2- Equivalencia calor-trabajo.
- 3- Determinación experimental de capacidades caloríficas.
- 4- Determinación del  $C_p$  y  $C_v$  del aire a partir del coeficiente adiabático.
- 5- Determinación de propiedades molares parciales.

## Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Competencia genérica	El estudiante...
CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Analiza situaciones donde se produzcan intercambios de energía entre el sistema y el entorno.</li> <li>● Selecciona las ecuaciones para el cálculo de trabajo, calor, propiedades volumétricas de los fluidos, composiciones y coeficientes de partición.</li> <li>● Analiza diferentes escenarios de equilibrio entre fases (líquido-líquido; sólido-líquido, etc) para un compuesto puro o entre dos o más sustancias.</li> </ul>
CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evalúa las diferentes alternativas de cálculo de intercambios de energía, propiedades volumétricas y equilibrio entre fases.</li> <li>● Analiza la información disponible y selecciona la herramienta más adecuada.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Interpreta los resultados que se obtienen de la aplicación de las diferentes metodologías de cálculo.</li> </ul>
CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comunica los resultados de manera ordenada, en un lenguaje técnico adecuado y usando la notación que corresponde.</li> <li>● Fundamenta con claridad el resultado en forma verbal o escrita.</li> </ul>
CG 9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Utiliza las diferentes herramientas brindadas por la asignatura (videos con contenido teórico, bibliografía, software y aplicaciones, prácticas de laboratorio) para relacionar los contenidos y resolver situaciones problemáticas.</li> </ul>

<b>Competencias específicas</b>	<b>El estudiante...</b>
CE1.5: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y conducción de contaminantes atmosféricos urbanos, rurales e industriales, así como su dispersión final en el medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Analiza los diferentes escenarios de equilibrio entre fases (líquido-líquido; sólido-líquido, líquido-vapor, sólido-vapor, etc) entre el contaminante y el ambiente (aire, recursos hídricos, suelo).</li> <li>● Realiza cálculos de concentraciones y coeficientes de reparto del contaminante en diversos medios (aire, recursos hídricos, suelo).</li> </ul>
CE4.1: Dirigir y certificar proyectos de sistemas de generación de energía a partir de las energías renovables: eólica, hidroeléctrica, solar térmica y fotovoltaica, biomasa, geotérmica, otras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identifica los principios físicos y químicos que rigen las distintas alternativas tecnológicas para la generación de energía</li> <li>● Identifica los equipos componentes de ciclos de potencia básicos.</li> <li>● Realiza cálculos de trabajo, potencia, calor intercambiado, eficiencias termodinámicas de los equipos y eficiencias térmicas del ciclo de potencia.</li> <li>● Analiza ejemplos sencillos de acoplamiento de energía solar y geotérmica en ciclos de potencia.</li> </ul>
CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Analiza los diferentes escenarios de equilibrio entre fases (líquido-líquido; sólido-líquido, líquido-vapor,</li> </ul>

	sólido-vapor, etc) entre el contaminante y el ambiente (aire, recursos hídricos, suelo).
CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realiza cálculos de concentraciones y coeficientes de reparto del contaminante en diversos medios (aire, recursos hídricos, suelo).</li> </ul>

## Bibliografía

- Smith, Van Ness y Abbot. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. 8va edición en castellano. Mc Graw-Hill. 2020.
- Elliott, J.R. y Lira, C.T.. Introductory Chemical Engineering Thermodynamics. 2nd Edition. Pearson, 2017.
- Poling, BE.; Prausnitz JM; y O'Connell, JP. The properties of gases and liquids. McGraw-Hill, 2001.
- Deiters y Kraska. High-Pressure Fluid Phase Equilibria. Phenomenology and Computation. Elsevier, 2012.