



# Planificaciones

7645 - Termodinámica de los Procesos

Docente responsable: IRIGOYEN BEATRIZ DEL LUJAN

## OBJETIVOS

En Termodinámica de los Procesos se abordan los conceptos introductorios a la Termodinámica, desde el enfoque de la Ingeniería Química. Se busca que los estudiantes adquieran los conocimientos básicos indispensables para el estudio de las asignaturas posteriores, que versan sobre temas relacionados con la evaluación de propiedades físicas, el diseño de procesos y los fenómenos de transferencia de cantidad de movimiento, energía y materia. Los alumnos de este curso podrán aplicar los temas estudiados para la resolución de problemas prácticos sencillos; tales como el cálculo de presiones de vapor y condiciones de operación, en un proceso de separación que involucre conceptos de equilibrio de fases, o el estudio de procesos con reacción química en equilibrio.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

### PROGRAMA SINTÉTICO

#### 1. Introducción.

La Termodinámica en Ingeniería Química. Conceptos básicos.

#### 2. Conservación de Masa y Energía.

Energía Interna. Entalpía. Balances de masa y energía en sistemas cerrados y abiertos.

#### 3. Entropía.

Reversibilidad. Entropía. Balance de entropía para sistemas cerrados y abiertos. Segundo Principio de la Termodinámica. Teorema de Carnot. Temperatura absoluta.

#### 4. Propiedades Volumétricas de los Fluidos Puros.

Comportamiento P-v-T. Ecuaciones de estado. Correlaciones generalizadas.

#### 5. Relaciones entre Magnitudes Termodinámicas.

Propiedades termodinámicas de las sustancias reales.  
Relaciones termodinámicas. Propiedades residuales. Diagramas.

#### 6. Teoría de la Termodinámica de Soluciones.

Propiedades molares parciales. Ecuación de Gibbs-Dühem. Concepto de fugacidad. Propiedades de exceso. Coeficiente de actividad.

#### 7. Aplicaciones de la Termodinámica de Soluciones.

Equilibrio líquido-vapor para mezclas ideales.  
Modelos de Raoult y de Henry. Constantes de equilibrio.

#### 8. Aplicaciones de la Termodinámica de Soluciones.

Equilibrio líquido-vapor. Cálculo de puntos de burbuja y de rocío en soluciones no-ideales. Operación flash. Diagramas binarios.

#### 9. Equilibrio Químico.

Reacciones químicas en equilibrio. Constante de equilibrio. Efecto de la temperatura. Conversión de equilibrio.

### PROGRAMA ANALÍTICO

#### 1.- Introducción.

La Termodinámica en Ingeniería Química. Conceptos básicos. Sistema de unidades. Propiedades extensivas e intensivas. Presión, temperatura. Funciones de estado. Calor y trabajo.

#### 2. Conservación de Masa y Energía.

Energía interna. Balance de energía para sistemas cerrados. Entalpía. Capacidad calorífica. Balances de masa y energía para sistemas abiertos. Aplicaciones a sistemas en estado estacionario.

#### 3. Entropía.

Reversibilidad. Entropía. Balance de entropía para sistemas cerrados y abiertos. Aplicaciones a sistemas en estado estacionario. Procesos isoentrópicos y politrópicos. Cálculos para el gas ideal. Segundo Principio de la

Termodinámica. Teorema de Carnot. Rendimiento adiabático de equipos: compresor, turbina y bomba.

#### 4. Propiedades Volumétricas de los Fluidos Puros.

Comportamiento P-v-T. Ecuaciones de estado: Virial y cúbicas. Factor acéntrico. Correlaciones generalizadas.

#### 5. Propiedades Termodinámicas de las Sustancias Reales.

Relaciones termodinámicas. Propiedades residuales. Cálculo de propiedades residuales con ecuaciones de estado y correlaciones generalizadas. Diagramas termodinámicos.

#### 6. Teoría de la Termodinámica de Soluciones.

Propiedades molares parciales. Ecuación de Gibbs-Dühem. Fugacidad y coeficiente de fugacidad. Soluciones ideales. Ley de Lewis-Randall. Soluciones reales. Propiedades de exceso. Coeficientes de actividad. Cambio de propiedades de mezclado.

#### 7. Aplicaciones de la Termodinámica de Soluciones.

Equilibrio líquido-vapor: modelos simples. Leyes de Raoult y Henry. Constantes de equilibrio.

#### 8. Aplicaciones de la Termodinámica de Soluciones.

Equilibrio líquido-vapor: formulaciones  $\gamma$ - $\phi$  y  $\phi$ - $\phi$ . Cálculo de puntos de burbuja y de rocío en soluciones no-ideales. Operación flash. Diagramas binarios: azeótropos, hetero-azeótropos, eutécticos.

#### 9.- Equilibrio Químico.

Aplicación del criterio de equilibrio a reacciones químicas. Energía de Gibbs de formación. Constante de equilibrio de una reacción química. Efecto de la temperatura en la constante de equilibrio. Aplicaciones al cálculo de conversiones de equilibrio para reacciones simples.

## BIBLIOGRAFÍA

- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness. 7a Ed. Mc Graw-Hill.
- "Chemical and Engineering Thermodynamics". Stanley Sandler. J. Wiley & Sons.
- Introductory Chemical Engineering Thermodynamics. J.R. Elliot & C.T. Lira. 15th Ed., Prentice Hall, 2009.
- "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards. Mc Graw-Hill, 2001.
- "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", M.J. Moran and H.N. Shapiro. J. Wiley & Sons.
- "Manual del Ingeniero Químico", Robert H. Perry and Cecil H. Chilton. Mc Graw-Hill.

## RÉGIMEN DE CURSADA

### Metodología de enseñanza

La metodología a emplear en el dictado de esta asignatura consiste en un enfoque teórico-práctico.

Durante las clases teóricas se presentarán y discutirán los conceptos correspondientes a los distintos temas involucrados, ejemplificando las aplicaciones más interesantes en el contexto de procesos químicos. Para ello se emplearán técnicas audiovisuales.

Durante las clases prácticas se realizarán problemas de aplicación sobre los temas presentados en las clases teóricas. Se formularán problemas de plantas químicas para aplicar las leyes de la termodinámica, emplear propiedades fisicoquímicas, analizar la factibilidad de un proceso determinado, calcular rendimientos y compararlos con los máximos teóricos, y realizar cálculos en intercambiadores de calor y unidades de separación de fases (flash, columnas de destilación). Para esto, los alumnos dispondrán de una guía de problemas. Además se realizará un trabajo práctico de cálculo de propiedades termodinámicas aplicado a un caso real.

### Modalidad de Evaluación Parcial

El examen parcial incluirá los temas vistos en la asignatura en el período correspondiente de acuerdo al calendario académico vigente.

Para cursar la materia, el alumno deberá aprobar el examen parcial como asimismo realizar y aprobar el trabajo práctico. Además, habrá dos (2) oportunidades para la recuperación del examen parcial.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	La Termodinámica en Ingeniería Química. Conceptos Básicos.	Unidades. Presión, temperatura.				- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<2> 16/03 al 21/03	Conservación de Masa y Energía. Balances de energía para sistemas cerrados.	Balance de energía para sistemas cerrados.				- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<3> 23/03 al 28/03	Conservación de Masa y Energía. Balances de masa y energía para sistemas abiertos.	Balances de masa y energía para sistemas abiertos.				- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<4> 30/03 al 04/04	Entropía. Balance de entropía. Segundo Principio de la Termodinámica. Teorema de Carnot.	Balance de entropía. Segundo Principio de la Termodinámica. Teorema de Carnot.				- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<5> 06/04 al 11/04	Propiedades Volumétricas	Comportamiento P-v-T de				- "Introducción a la

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	de los Fluidos Puros. Comportamiento P-v-T. Ecuaciones de estado. Correlaciones generalizadas.	los fluidos puros. Cálculos con ecuaciones de estado: Virial y cúbicas. Factor acéntrico. Factor de compresibilidad. Cálculos empleando correlaciones generalizadas.				Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<6> 13/04 al 18/04	Propiedades Volumétricas de los Fluidos Puros. Comportamiento P-v-T. Ecuaciones de estado. Correlaciones generalizadas.	Comportamiento P-v-T de los fluidos puros. Cálculos con ecuaciones de estado: Virial y cúbicas. Factor acéntrico. Factor de compresibilidad. Cálculos empleando correlaciones generalizadas.				- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 7ª. Ed. Mc Graw-Hill.  - "Termodinámica", Kenneth Wark and D. E. Richards; 6ª. Ed., Mc Graw-Hill, 2001.
<7> 20/04 al 25/04	Propiedades Termodinámicas de las Sustancias Reales. Relaciones termodinámicas. Propiedades residuales. Diagramas termodinámicos.	Relaciones fundamentales. Cálculos empleando propiedades residuales con ecuaciones de estado y con correlaciones generalizadas.	Trabajo Práctico: Cálculo de propiedades termodinámicas para casos reales.			"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<8> 27/04 al 02/05	Propiedades molares parciales. Ecuación de Gibbs-Dühem. Fugacidad y coeficiente de fugacidad.	Cálculo de propiedades molares parciales. Cálculos de coeficiente de fugacidad y de fugacidad.	Continuación del Trabajo Práctico: Cálculo de presión de vapor con ecuaciones de estado.			- "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<9> 04/05 al 09/05	Soluciones ideales. Ley de Lewis-Randall. Soluciones reales. Coeficientes	Cálculos en soluciones. Cálculos de propiedades de exceso. Cálculos de coeficientes				"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	de actividad. Propiedades de exceso. Cambio de propiedades de mezclado.	de actividad a partir de la energía libre de Gibbs de exceso. Soluciones ideales. Ley de Lewis-Randall.				Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<10> 11/05 al 16/05	Equilibrio Líquido-Vapor en mezclas simples: modelos simples. Leyes de Raoult y de Henry. Constantes de equilibrio.	Cálculos de equilibrio líquido-vapor en mezclas simples: modelos de Raoult y de Henry. Constantes de equilibrio. Nomogramas de de Priester.				"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<11> 18/05 al 23/05	Equilibrio líquido-vapor. Enfoque uniforme y enfoque dual.	Cálculos de equilibrio líquido-vapor: puntos de burbuja y de rocío con Raoult modificado.	Continuación del Trabajo Práctico: Cálculos en un proceso que involucre el procesamiento de una mezcla real en diferentes equipos.			"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<12> 25/05 al 30/05	Equilibrio líquido-vapor usando modelos del coeficiente de actividad. Operación flash.	Equilibrio líquido-vapor: cálculos en soluciones no-ideales. Operación flash.				"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<13> 01/06 al 06/06	Otros equilibrios de fase. Diagramas binarios.	Equilibrio líquido-vapor en sistemas reales. Azeótropos.				"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<14> 08/06 al 13/06	Otros equilibrios de fase. Diagramas binarios.	Consultas del Trabajo Práctico.		Consultas del trabajo práctico.		"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill, 2006.
<15> 15/06 al 20/06	Equilibrio Químico.	Equilibrio Químico.				"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", J.M. Smith J.M. y H.C. Van Ness; 6ª. Ed. Mc Graw-Hill,

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
						2006.
<16> 22/06 al 27/06	Discusión general de los temas vistos en clase.				Evaluación del trabajo práctico.	

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	10	12/05	18:00	Magna
2º	13	04/06	18:00	Magna
3º	16	23/06	18:00	Magna
4º				

Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial

La Evaluación Parcial de la Primera Parte (Parte I) incluirá Balances de Masa y Energía, Balance de Entropía, Propiedades de Sustancias Reales. La Evaluación Parcial de la Segunda Parte (Parte II) incluirá Fugacidad, Propiedades de Exceso y Mezclado, y Equilibrio Líquido-Vapor.