



Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Area: Procesos Químicos

(Programa del año 2016)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Termodinámica	Ing. Química	Ord.C .D.02 4/12	2016	2° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
IRIARTE, MARIA ELENA	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
SABER, MARIANA INES	Responsable de Práctico	A.1ra Exc	40 Hs
DIAZ, NOELIA AYELEN	Auxiliar de Práctico	A.2da Simp	10 Hs
FALIVENE JAMIER, CLAUDIO GUSTA	Auxiliar de Práctico	A.1ra Simp	10 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
9 Hs	3 Hs	5 Hs	1 Hs	9 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
08/08/2016	18/11/2016	15	135

### IV - Fundamentación

La ciencia de la termodinámica nace en el siglo XIX para describir el funcionamiento y las limitaciones de las máquinas de vapor. Sin embargo, los principios observados se generalizaron en postulados conocidos como la primera y segunda leyes de la termodinámica. La ausencia de experiencia contraria a lo establecido por ellas las fundamenta, ya que ambas leyes no tienen demostración matemática. Un proceso de deducción matemática produce, desde estas leyes, un conjunto de ecuaciones con aplicación en todas las ramas de la ciencia y la ingeniería. Particularmente, la Ingeniería Química se ve confrontada al cálculo de los requerimientos de calor y trabajo de procesos físicos y químicos, así como la determinación de las condiciones de equilibrio para reacciones químicas y para la transferencia de especies entre fases.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Los objetivos de esta materia apuntan a que el alumno:

1. Comprenda y utilice adecuadamente;
  - a. Las tres leyes de la Termodinámica.
  - b. Las funciones de estado y de la trayectoria.
  - c. Las relaciones P-V-T para fluidos puros y mezclas homogéneas.

d. Los conceptos fundamentales del equilibrio físico y químico.

2. Advierta la utilidad de la Termodinámica dentro de la Ingeniería Química.

3. Desarrolle una actitud crítica frente a los problemas planteados y aprenda a aplicar el método científico.

4. Adquiera habilidad en el empleo del lenguaje técnico utilizado en la materia.

5. Adquiera destreza en el manejo de manuales y demás elementos auxiliares.

6. Interprete y utilice correctamente gráficos, tablas, diagramas, etc., de uso corriente en la asignatura.

7. Incremente su espíritu de colaboración, tanto con el equipo docente como con sus compañeros, en el desarrollo de todas las actividades de la cátedra.

## VI - Contenidos

### TEMA 1: Termodinámica.

Conceptos fundamentales y definición de términos. Cantidades primarias: masa, tiempo, longitud y fuerza. Cantidades secundarias: volumen, presión, trabajo, energía, calor.

Sistema Internacional y Sistema Inglés de unidades de aplicación en ingeniería.

TEMA 2: Calor y trabajo.

Trabajo mecánico de expansión y compresión. Trabajo máximo y mínimo. Transformaciones reversibles e irreversibles.

Energía y la primera ley de la termodinámica. Propiedades de la energía interna. Cambios de energía en relación con cambios en las propiedades del sistema. Cambios de estado a volumen constante. Medición de  $(dU/dV)_T$ : Experimento de Joule.

Cambios de estado a presión constante. La función entalpía. Medición de  $(dH/dp)_T$ : Experiencia de Joule-Thompson.

TEMA 3: Procesos de flujo en estado estacionario.

Equilibrio. Regla de las fases. El gas ideal. Proceso isotérmico, isométrico, isobárico, adiabático y politrópico. Relación de capacidades caloríficas,  $C_p$  y  $C_v$ .

TEMA 4: Relaciones P-V-T para fluidos puros.

Diagramas P-T y P-V. Ecuaciones de estado para gases. Ecuación de Van der Waals, Redlich-Kwong, Peng-Robinson y virial. El principio de los estados correspondientes. Factor de compresibilidad: datos experimentales. Diagrama del factor de compresibilidad generalizado. Correlaciones generalizadas para gases. Correlación de Pitzer. Factor acéntrico. Tablas de Lee-Kesler. Correlaciones generalizadas para líquidos.

TEMA 5: Efectos térmicos.

Capacidad calorífica de gases como función de la temperatura. Calor específico de líquidos y sólidos. Efectos térmicos que acompañan los cambios de fase. Ecuaciones de estimación. Calor estándar de reacción. Calores de formación y combustión. Efecto de la temperatura sobre el calor de reacción. Efectos térmicos de reacciones industriales.

TEMA 6: Segunda ley de la termodinámica.

Introducción a la segunda ley de la termodinámica.

El ciclo de Carnot. Ciclos reversibles. Eficiencia de las máquinas térmicas. Escala termodinámica de temperatura. Definición operativa de entropía. Desigualdad de Clausius. Propiedades de la entropía y tercera ley de la termodinámica. Condiciones de estabilidad térmica y mecánica de un sistema. Cambio de entropía en transformaciones isotérmicas. Entropía como función de V y T. Entropía como función de P y T. Cambio de entropía para el gas ideal. Tercera ley de la termodinámica. Entropías absolutas. Cambio de entropía en reacciones químicas.

TEMA 7: Propiedades termodinámica de los fluidos.

Relaciones entre propiedades termodinámica. Termodinámica de sistemas de una fase. Sistemas de dos fases. Diagramas y tablas termodinámicas. Correlaciones generalizadas.

TEMA 8.- Introducción al equilibrio entre fases.

Sistemas de composición variable. Comportamiento ideal. El potencial químico como criterio de equilibrio de fases. Mezclas de gases ideales. Solución ideal. Ley de Raoult. Comportamiento no ideal. Fugacidad y coeficiente de fugacidad. Propiedades de exceso. Coeficiente de actividad. Aplicaciones al equilibrio entre fases. Termodinámica de soluciones de sistemas biológicos.

TEMA 9: Equilibrio de las reacciones químicas.

Naturaleza del equilibrio. Criterios de equilibrio. La coordenada de reacción. El cambio de energía equilibrio libre y la constante de equilibrio. Efecto de la temperatura sobre la constante de equilibrio. Cálculo de la constante de equilibrio.

Relación K-composición. Grado de avance en el equilibrio para una y múltiples reacciones.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

El programa de trabajos prácticos se desarrollará en dos partes:

- a. Resolución de problemas correspondientes a los temas del programa analítico.
- b. Trabajos Prácticos de Laboratorio:

En el mismo se desarrollarán los siguientes temas:

- b.1. Calibración de termocuplas y uso de sistemas de medida de propiedades termodinámicas.
- b.2. Calorimetría. Determinación del calor de reacción.
- b.3. Determinación de calores de combustión.
- b.4. Mezclas de vapor-agua-aire. Uso de la carta psicrométrica.

## VIII - Regimen de Aprobación

### RÉGIMEN DE ALUMNOS REGULARES

#### A. PRÁCTICOS DE PROBLEMAS

- a.1. Los trabajos prácticos de problemas se aprobarán mediante la resolución de los problemas programados para cada clase, si el alumno no resuelve los problemas programados, se considerará al alumno ausente.
- a.2. Para poder aspirar a la regularidad el alumno deberá contar con el 80 % de asistencia a clases teórico- prácticas de aula.

#### B. PRÁCTICOS DE LABORATORIO

Para poder aspirar a la regularidad el alumno deberá contar con el 100 % de asistencia a clases de laboratorio, además la presentación y aprobación de los informes correspondientes a cada práctico de laboratorio.

#### c. PARCIALES:

Para regularizar la asignatura es necesario que los alumnos aprueben dos evaluaciones parciales, de carácter práctico, o sus correspondientes recuperaciones, con un mínimo de 7 (siete) puntos, los parciales tendrán dos instancias de recuperación según lo establece la Ord. C.S. 32/14.

Fechas tentativas de evaluaciones parciales:

Primer Parcial: 06/10/2016

Segundo Parcial: 10/11/2016

### RÉGIMEN DE EXAMEN PARA ALUMNOS REGULARES

Se requiere la aprobación de un examen oral individual sobre la totalidad de los contenidos del curso.

### RÉGIMEN DE EXAMEN PARA ALUMNOS LIBRES

1. Los alumnos deberán aprobar un examen escrito, el que constara de problemas del tipo de los desarrollados en clase, debiendo resolver el 70% de los mismos.
2. Si aprueba el examen de problemas, deberá proceder a la realización de un trabajo práctico de laboratorio, el que se elegirá mediante sorteo, dentro de los trabajos prácticos que se realizaron durante el cursado. Una vez realizado el trabajo práctico deberá elevar el informe al tribunal de la mesa examinadora para que analice los resultados obtenidos, de ser estos satisfactorios, pasará a la evaluación sobre teoría.
3. Evaluación sobre los temas desarrollados en teoría, se lo evaluará de la misma forma que los alumnos regulares.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Smith J.M., Van Ness H.C. "Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química", 4ta, 5ta, 6ta y 7ma Ed., Mc Graw Hill Books, 1991, 2003-2012.
- [2] Castellan, G., "Fisicoquímica", 2da. Ed., Addison West Iberoamericana.
- [3] Moore J.W., "Physical Chemistry", 4ta. Ed., Prentice Hall, 1972.
- [4] Dodge B., "Chemical Engineering Thermodynamics", Mc- Graw Hill, 1959.
- [5] Hougen C.A., Watson J.M., Ragatz P.A., "Principios de los procesos Químicas, Parte 1, Termodinámica",

Ed.Reverté,1947.

[6] Glasstone S., "Termodinámica para Químicos", Ed. Aguilar,1965.

[7] Abbot M.M., Van Ness H.C., "Schaum's Outline of Termodinámica with Applications". Mc Graw Hill, 1975.

[8] Edmister W., "Applied Hydrocarbons Thermodynamics", Gulf Professional Publishing, 1994.

## **X - Bibliografía Complementaria**

[1] Griffiths P.J., Thomas J.D., 'Calculation in Advanced Physical Chemistry', Edward Arnold Ltd., 1962.

[2] Bares-Cerny-Freed-Pick, "Collection of Problems in Physical Chemistry", Pergamon Press, 1962.

[3] Showmaker-Garland, "Experimentos en Física y Química", Unión Tipográfica, Ed. Hispano Americana

[4] J.Richard Elliott/Carl T.Lira, "Introductory Chemical Engineering Thermodynamics".Prentice Hall PTR, 1999.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Lograr que el alumno comprenda los conceptos básicos de la teoría termodinámica y su aplicación al estudio de las sustancias puras, mezclas homogéneas y equilibrio químico, a la vez que adquiera destrezas en el manejo de fuentes de datos de propiedades termodinámicas y en su predicción y correlación.

## **XII - Resumen del Programa**

Trabajo. Calor. Energía. Temperatura. La primera ley de la termodinámica. Propiedades volumétricas de las sustancias puras. Efectos térmicos. Sistemas cerrados y abiertos, con y sin reacción química. La segunda ley de la termodinámica. Termodinámica de mezclas homogéneas. Introducción al equilibrio físico. Equilibrio químico.

## **XIII - Imprevistos**

## **XIV - Otros**