

Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE  
INGENIERIA

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: unsaing@unsa.edu.ar

SALTA, 20 JUL. 2016

№ 00245

Expediente Nº 14.326/06

VISTO la Nota Nº 0951/16 mediante la cual la Dra. María Alejandra BERTUZZI, Responsable de Cátedra en la asignatura "Termodinámica II" de la carrera de Ingeniería Química, eleva a consideración el nuevo Programa para la materia, y

CONSIDERANDO:

Que la docente informa que la nueva propuesta incorpora los trabajos de laboratorio y los objetivos de la materia, además de contener algunos reajustes y mejoras con respecto al programa actualmente vigente, todo ello con miras a la futura acreditación de la carrera.

Que la Escuela de Ingeniería Química, previo informe de la Comisión de Adscripciones y Reglamentos, aconseja la aprobación del nuevo programa, por ajustarse a los contenidos mínimos del Plan de Estudios, cuyo texto actualizado y ordenado se aprobara por Resolución CS Nº 599/15.

Que el Artículo 113 del Estatuto de la Universidad, al enumerar los deberes y atribuciones del Consejo Directivo, en su Inciso 8. incluye el de "*aprobar los programas analíticos y la reglamentación sobre régimen de regularidad y promoción propuesta por los módulos académicos*".

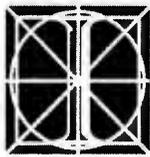
Por ello y de acuerdo con lo aconsejado por la Comisión de Asuntos Académicos mediante Despacho Nº 138/2016,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

(en su VIII Sesión Ordinaria, celebrada el 29 de junio de 2016)

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- Aprobar, con vigencia al Período Lectivo 2016, el Programa de la



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5.150 - 4.400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
e-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

Expediente N° 14. 326/06

Asignatura "Termodinámica II" de la carrera de Ingeniería Química que, como Anexo, forma parte integrante de la presente Resolución.

ARTÍCULO 2º.- Hacer saber, comunicar a Secretaría Académica de la Facultad; a la Dra. María Alejandra BERTUZZI, en su carácter de Responsable de Cátedra; a la Escuela de Ingeniería Química; a la Dirección de Alumnos, al Departamento Docencia y girar los obrados a la Dirección General Administrativa Académica para su toma de razón y demás efectos.

RESOLUCIÓN FI N° 0 0 2 4 5 -CD-2016

**DRA. ANALIA IRMA ROMERO**  
SECRETARIA ACADEMICA  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

**ING. PEDRO JOSE VALENTIN ROMAGNOLI**  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

## PROGRAMA ANALÍTICO TERMODINÁMICA II

Asignatura: TERMODINAMICA II

Carrera: Ingeniería Química

Plan de estudios: 1999 Modificado (Res. CS Nº 599/15)

Profesor responsable: Dra. María Alejandra Bertuzzi

### LA MATERIA EN EL PLAN DE ESTUDIOS

La asignatura Termodinámica II se encuentra ubicada en el segundo cuatrimestre del segundo año de la carrera de Ingeniería Química y pertenece al área Básica específica. Es de carácter cuatrimestral, posee una carga horaria semanal de 8 horas y 120 horas totales en el cuatrimestre. De acuerdo al Régimen de correlatividades, para cursar Termodinámica II el alumno debe aprobar previamente las materias Termodinámica I y Análisis Matemático II.

Los contenidos mínimos de la materia fijados por el Plan de estudio vigente (Res CS Nº 599/15) se detallan a continuación:

**Contenidos mínimos:** Análisis Termodinámico de Procesos. Uso eficiente de la energía. Introducción a los Sistemas Continuos. Identificación de Flujos y Fuerzas Impulsoras. Leyes empíricas que relacionan Flujos y Fuerzas Impulsoras. Consistencia Termodinámica. Aplicación al Flujo de Fluidos.

### OBJETIVOS

La materia Termodinámica II tiene por objeto brindar al alumno los fundamentos termodinámicos de las ecuaciones de balance de propiedades extensivas para sistemas homogéneos, heterogéneos y continuos, y deducir a partir de consideraciones del segundo principio de la termodinámica las propiedades más importantes de las leyes cinéticas físicas y químicas. Se deducen además, las ecuaciones generales de transporte, estableciendo continuidad con los cursos posteriores donde se retoman estas ecuaciones generales para aplicarlas a problemas particulares. Se dan los fundamentos básicos para el Análisis termodinámico de procesos utilizando la Exergía, herramienta que además posibilita concientizar e incentivar al alumno en el uso eficiente, sustentable y responsable de la energía y de los recursos naturales.

Son objetivos particulares de esta materia:

a.- Capacitar al alumno en el planteo y resolución de problemas de balances de materia, energía, exergía y entropía en sistemas homogéneos y heterogéneos, agregando a los balances anteriores el de cantidad de movimiento en sistemas continuos.

- b.- Guiar al alumno en la conceptualización y definición adecuada de un fenómeno y favorecer el desarrollo del pensamiento crítico para el correcto planteo y simplificación de las ecuaciones que lo gobiernan.
- c.- Orientar al alumno en la aplicación de la metodología matemática correcta para la resolución de las ecuaciones simplificadas y el posterior análisis de la solución obtenida.
- d.- Capacitar al alumno en el uso de las herramientas termodinámicas y conocimientos básicos para encarar el Análisis Termodinámico de Procesos utilizando la Exergía.
- e.- Concientizar al alumno respecto del uso racional de los recursos (materiales y energéticos) y del cuidado del medio ambiente, orientándolos el uso de herramientas termodinámicas que permiten su evaluación y monitoreo.

## PROGRAMA

### TEMA I

**CONCEPTOS FUNDAMENTALES:** Funciones y relaciones termodinámicas para estados de no-equilibrio. Flujo y producción de entropía. Equilibrio y Estado Estacionario. Función disipación. Relaciones fenomenológicas. Flujos y Fuerzas Impulsoras. Coeficientes fenomenológicos. Relaciones de reciprocidad de Onsager. Transformación de flujos y fuerzas impulsoras. Consistencia termodinámica.

### TEMA II

**SISTEMAS HOMOGENEOS:** Definición. Balances de materia, energía, entropía. Flujo y generación de entropía. Determinación de flujos y fuerzas impulsoras. Relación entre velocidad de reacción, afinidad y producción de entropía. Acoplamiento de reacciones. Rango de validez de las leyes cinéticas lineales. Equilibrio en sistemas homogéneos con reacción química. Cálculo de la constante de equilibrio a partir de propiedades termodinámicas.

### TEMA III

**SISTEMAS HETEROGENEOS:** Definición. Balances de materia, energía y entropía. Generación de entropía. Flujos y fuerzas impulsoras. Condiciones de equilibrio. Relaciones fenomenológicas. Relaciones de reciprocidad de Onsager. Fenómenos acoplados. Ejemplos: Efectos Electrocinéticos, Procesos isotérmicos en Membranas, Osmosis, Osmosis Inversa, Procesos no isotérmicos en Membranas, Termoósmosis, Efectos Termomecánicos. Efectos termoeléctricos. Descripción fenomenológica de los procesos.

### TEMA IV

**ANÁLISIS TERMODINÁMICO DE PROCESOS:** Disponibilidad termodinámica y Exergía. Balance de exergía en sistemas cerrados y abiertos. Nivel exergético de una corriente. Exergía termomecánica o física. Exergía química. Exergía de mezcla. Exergía en sistemas con Reacción Química. Uso eficiente de la Energía. Análisis Termodinámico de algunos procesos simples.

*Paul*

*JAS*

**TEMA V**

**SISTEMAS CONTINUOS: Balances de Materia y Cantidad de Movimiento.** Definición. Teoría del Continuo. Distintos tipos de flujo: compresible e incompresible, laminar y turbulento, estacionario y no estacionario, convectivo y difusivo. Ecuación general de balance. Balance de materia. Ecuación de continuidad. Balance de Cantidad de Movimiento. Ecuación fundamental de la fluidostática. Manómetros. Barómetros. Flotación. Vector Esfuerzo. Tensor Esfuerzo. Ecuación de Movimiento. Ecuación de Navier Stokes. Ejemplos de aplicación: Flujo de una película descendente y flujo en un tubo circular, ecuación de Hagen-Poiseuille.

**TEMA VI**

**SISTEMAS CONTINUOS: Balances de Energía y Entropía.** Balance de energía total y cinética. Ecuación de Bernoulli. Balance de energía interna y entalpía. Ecuación de la Temperatura. Balance de entropía. Flujo y producción de entropía. Flujos y Fuerzas Impulsoras. Leyes fenomenológicas. Cálculo de coeficientes de transporte: viscosidad, conductividad térmica y difusividad de fluidos puros y de mezclas.

**LABORATORIOS**

En la asignatura se realizan los siguientes trabajos experimentales con el objeto de que el alumno afiance los conocimientos impartidos y desarrolle las competencias genéricas y específicas pertinentes:

- 1.- Trabajo de Laboratorio Nº 1: Procesos isotérmicos en membranas y Efectos termoeléctricos (Peltier y Seebeck).
- 2.- Trabajo de Laboratorio Nº 2: Determinación de coeficientes de transferencia y del número de Reynolds.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1.- "Thermodynamics of Irreversible Processes". R. Haase, Ed. Addison-Wesley, 1968.
- 2.- "Chemical Thermodynamics". I. Prigogine y R. Defay, Editorial Longmans, 1967.
- 3.- "Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes". I. Prigogine, Ed. John Wiley, 1966.
- 4.- "Nonequilibrium Thermodynamics", Donald D. Fitts, Ed. McGraw Hill, 1962.
- 5.- "Termodinámica de los Procesos Irreversibles". S.R. de Groot, Ed. Alhambra, 1968.
- 6.- "Principios de los Procesos Químicos". Hougen, Watson y Ragatz, Tomo I y II, Ed. Reverté, 1964.
- 7.- "Fenómenos de Transporte". Bird, Stewart y Lighfoot, Ed. Reverté, 1964.
- 8.- "Introduction to Fluid Mechanics". Stephen Whitaker, Ed. Prentice Hall, 1968.
- 9.- "Ingeniería Termodinámica. Fundamentos y Aplicaciones". Francis F. Huang, Ed. CECSA, 2003.
- 10.- "Thermodynamics and its Applications". M. Modell y R.C. Reid, Ed. Prentice Hall, 1974.
- 11.- "Termodinámica". H.B. Callen, Ed. AC, Madrid, 1981.

*[Handwritten signatures and initials]*

Expte. Nº 14.326/06

- 12.- "Chemical and Process Thermodynamics". B.G. Kyle, Ed. Prentice Hall, 1984.
- 13.- "Termodinámica de Procesos Industriales". E. Rotstein y R. Fornari, Ed. Edigem, 1984.
- 14.- "Chemical Engineering Thermodynamics". T.E. Daubert, Ed. McGraw Hill, 1985.
- 15.- "Termodinámica: Análisis Exergético". José Luis Gómez Ribelles, Manuel Monleón Pradas y Amparo Ribes Greus, Ed. Reverté, 1990.
- 16.- "Thermodynamics, Foundations and Applications". E.P. Gyftopoulos y G.P. Beretta, Ed. Macmillan, 1991.
- 17.- "Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Materia". C.O. Bennett, J.E. Myers, Ed. Reverté, 1979.
- 18.- "Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer". J.R. Welty, C.E. Wicks, R.E. Wilson, Ed. Wiley, 1984.
- 19.- "The Efficiency of Industrial Processes: Exergy Analysis and Optimization". V.M. Brodyansky, M.V. Sorin, L. Le Goff, P.A. Pilavachi, Ed. Elsevier, 1994.
- 20.- "Advanced Engineering Thermodynamics". Adrian Bejan, Ed. John Wiley & Sons, 1997.
- 21.- "Termodinámica". Yanus A. Cengel, Michael A. Boles, Ed. Mc Graw Hill, 2004.
- 22.- "EXERGY Energy, Environment and Sustainable Development". I. Dincer and M.A. Rosen. Elsevier, 2007.
- 23.- "Chemical Energy and Exergy: An Introduction to Chemical Thermodynamics for Engineers" Norio Sato. Elsevier Science, 2004.



*Mane*  
Mane

*Maria A. Bertuzzi*  
Maria A Bertuzzi

*Analia Irma Romero*

**DRA. ANALIA IRMA ROMERO**  
SECRETARIA ACADEMICA  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa

*Pedro Jose Valentin Romagnoli*

**ING. PEDRO JOSE VALENTIN ROMAGNOLI**  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA - UNSa