



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

T.E. 4255420 - FAX (54-0387) 4255351

REPUBLICA ARGENTINA

E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

Salta, 6 de Diciembre de 2.002

545/02

Expte. N° 14.111/99

VISTO:

La presentación efectuada por el Ing. Lorgio Mercado Fuentes a cargo de la asignatura **Operaciones Unitarias II** mediante la cual eleva el programa analítico, su bibliografía y reglamento interno para el régimen de promoción de dicha asignatura; teniendo en cuenta que los mismos corresponden al Plan de Estudio 1.999 y se ajustan a los contenidos sintéticos programados en la currícula; atento que la documentación tiene la anuencia de la Escuela de Ingeniería Química y de la Comisión de Asuntos Académicos y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
(en su sesión ordinaria del 13 de Marzo de 2.002)

RESUELVE

ARTICULO 1°.- Aprobar y poner en vigencia a partir del período lectivo 2.002 el programa analítico, la bibliografía y el reglamento interno de cátedra de su régimen de promoción para la asignatura (Código Q-20) **OPERACIONES UNITARIAS II**, del Plan de Estudio 1.999 de la carrera de Ingeniería Química propuesto por el Ing. Lorgio MERCADO FUENTES Profesor a cargo de la cátedra.

ARTICULO 2°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría Académica, al Ing. Lorgio MERCADO FUENTES y siga por la Dirección Administrativa Académica a los Departamentos Docencia y Alumnos para su toma de razón y demás efectos.  
mv.



Ing. HECTOR RAUL CASADO  
SECRETARIO  
FACULTAD DE INGENIERIA



Ing. JORGE FELIX ALMAZAN  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA

-2-

**Materia: OPERACIONES UNITARIAS II**

**Código: Q-20.**

**Profesor : Ing. Lorgio MERCADO FUENTES**

**Carrera : Ingeniería Química**

**Plan I.999**

**Area: Profesional Especifica.**

**Año 2.002**

**Res. N° 545-02**

**Contenido mínimo:** Ecuaciones de dimensionamiento de equipos de operaciones y procesos. Clasificación. Equipos de transferencia de calor. Equipos de transferencia de materia.

**Objetivos:** El objetivo del presente curso es permitir que el estudiante conozca la metodología general para el dimensionamiento de los equipos de las industrias de proceso, conociendo con mayor detalle algunos casos de uso más frecuente y lograr el conocimiento y la capacidad de razonamiento para su aplicación a situaciones no tratadas o nuevas.

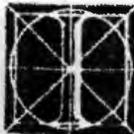
La organización del curso se basa en el planteo de la metodología de dimensionamiento de las magnitudes características espaciales o temporales, de los equipos utilizados para procesar sistemas materiales, basándose en el conocimiento de la cinética de los fenómenos que en ellos ocurren y en las ecuaciones de cambio convenientemente elaboradas.

La metodología general es desarrollada para cada clase de equipo (continuos de cambio continuo, continuos de cambio discreto y discontinuos de cambio continuo) para luego ser aplicada a los equipos más utilizados de cada clase.

Para estos casos se podrá llegar hasta los detalles constructivos y de ingeniería general o simplemente hasta el dimensionamiento, indicando las referencias bibliográficas correspondientes.

Se analizarán las variables de operación y su sensibilidad a los cambios, el empleo de programas como mathcad permite de una manera simple y rápida analizar este tipo de problemática.

El curso cubre tanto a los equipos en los cuales ocurren problemas de transporte como físicos en general.



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

T.E. 4255420 - FAX (54-0387) 4255351

REPUBLICA ARGENTINA

E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

-3-

## **PROGRAMA ANALITICO OPERACIONES UNITARIAS II**

### **Tema I**

Introducción al empleo de Mathcad

El espacio de trabajo, regiones, definición de variables, cálculo de resultados, introducción de texto, cálculos iterativos. Gráficos. Inserción de matemática. Construcción de expresiones. Edición de expresiones. Estilos matemáticos. Definición y evaluación de variables. Definición y evaluación de funciones. Unidades y dimensiones. Matrices. Derivadas. Integrales.

Descripción Técnica de equipos de Operaciones

Equipos para transferencia de calor.

Intercambiadores de calor. Diferentes formas de clasificación.

Intercambiadores de tubo concéntrico. Características mecánicas. Usos. Intercambiadores de carcasa y tubos. Características mecánicas-normas TEMA. Aplicaciones recomendadas según el tipo de carcasa. Intercambiadores de flujo cruzado. Intercambiadores de marcos y platos. Aeroenfriadores.

Equipos empleados para la concentración térmica de soluciones.

Clasificación. Evaporadores de tubos horizontales. Evaporadores de tubos verticales cortos y largos. Evaporadores de circulación forzada. Características mecánicas. Usos recomendados.

Métodos de alimentación en evaporadores de efecto múltiple. Ventajas y desventajas.

Equipos basados en separaciones de equilibrio.

Clasificación. Características generales de: Destilación flash. Condensación parcial. Columnas de absorción gas-líquido. Torres de destilación. Equipos para extracción líquido-líquido y sólido-líquido.

Reactores Químicos

Aspectos generales, constructivos y clasificación: El reactor químico núcleo del proceso. ¿Qué problemas se presentan en la elección de un reactor químico?. Fundamentos de la operación. Reactores. Diferentes formas de clasificación (Homogéneos y Heterogéneos), reactores catalíticos, reactores continuos y discontinuos, etc. Características de los equipos más difundidos (TAD, TAC y tubulares).

### **Tema II**

Dimensionamiento de equipos

Problema general de dimensionamiento de equipos. Definición de equipos de operación y proceso. Clasificación de los equipos: equipos continuos de cambio continuo, equipos continuos de cambio discreto de acción finita y de acción infinita o equilibrio, equipos



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA  
T.E. 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: [unsaing@unsa.edu.ar](mailto:unsaing@unsa.edu.ar)

-4-

discontinuos de cambio continuo. Aplicación de las ecuaciones de cambio en la deducción de las ecuaciones de dimensionamiento de equipos.

### **Tema III**

Dimensionamiento de equipos para transferencia de calor.

Diferencia de temperatura. Ecuación de dimensionamiento y de diseño. El coeficiente global de transferencia de calor. Factor de ensuciamiento. Variables de diseño. Perdidas de carga en tuberías y tuberías de anulo. Diseño de intercambiadores de tubos concéntricos. Intercambiadores multitubulares tipo 1:1, ventajas y desventajas. El empleo de bafles transversales y longitudinales. Arreglo de los tubos. Pérdida de carga en las carcasas.

Diseño de intercambiadores multitubulares por aplicación del método de Kern.

Procedimiento de verificación de la operatividad de intercambiadores de calor, datos necesarios, interpretación de los resultados, conversión de los datos de prueba a las condiciones de diseño. Algunas fuentes de errores analíticos. Algunas razones que generan rendimiento inadecuado. Hoja de especificaciones.

### **Tema IV**

Transferencia de materia

Absorción de gases. Torres rellenas. Características generales. Materiales de relleno. Condiciones operativas en lechos rellenos: pérdida de carga, punto de carga y punto de inundación. Solventes de absorción: criterios de selección. Curvas de equilibrio. Líneas de operación. Cálculo del diámetro de la torre. Aplicación de las ecuaciones de dimensionamiento para el cálculo de la altura de la torre. Métodos : de los coeficientes peliculares, de los coeficientes globales, de altura de las unidades de transferencia, métodos aproximados.

### **Tema V**

Diseño y dimensionamiento de evaporadores

Diseño y dimensionamiento de equipos para la concentración térmica de soluciones.

Clasificación según el modelo matemático que lo describe.

Parámetros que describen la operación de un evaporador (capacidad, economía y consumo de vapor). Transmisión de calor en los evaporadores. Caída de temperatura. Elevación del punto de ebullición. Cantidad de calor a transmitir. Coeficientes de transmisión de calor.

Diseño de un evaporador de simple efecto, calor de dilución despreciable. Elevación del punto de ebullición en múltiple efecto. Dimensionamiento de un sistema de evaporación de múltiple efecto aplicación del método corto de Badger. Vacío optimo. Aprovechamiento del vapor desprendido (Recompresión mecánica y térmica).

## **Tema VI**

Separación por transferencia de materia de interfase.

Equipo continuo de cambio discreto (Acción infinita o de equilibrio). Regla de las fases. Determinación de la constante de equilibrio en sistemas multicomponentes gas-líquido: ley de Raoult, ley de Henry, Volatilidad relativa, método MITK, método de la presión de convergencia. Determinación de las temperaturas de punto de burbuja y punto de rocío en mezclas multicomponentes: método Kb, aplicación del parámetro  $\psi$ . Vaporización de equilibrio o vaporización flash, isotérmica y adiabática para sistemas multicomponentes.

**Metodología:** La metodología de trabajo que será aplicada se indica en los siguientes puntos.

- Dictado de clases teóricas tipo magistral, con inserción de situaciones prácticas e interacción con los alumnos.
- Trabajos prácticos mediante análisis y discusión de los temas en forma grupal, realización individual y/o grupal de problemas. Desarrollo de problemas prácticos mediante el empleo de equipamiento de escala banco instalado en las plantas piloto.
- Preparación y exposición de monografías por parte de los alumnos en forma individual o grupal.
- Visitas a plantas de proceso para que el alumno tenga contacto con los equipos pudiendo obtener una visión de sus dimensiones y operación.

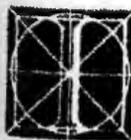
## **Recursos didácticos:**

- Empleo del pizarrón para los desarrollos teóricos y dibujos esquemáticos.
- Empleo de retroproyector de transparencias para mostrar equipos o tablas, etc.
- Uso de computadoras para la elaboración de los TP mediante el empleo de matchad y word para el dimensionamiento de equipos.

## • **BIBLIOGRAFIA**

A la bibliografía existente en la hemeroteca de la Facultad de Ingeniería que es dada como elemento de consulta para los diferentes temas desarrollados en el programa propuesto, se deben agregar los apuntes elaborados por la cátedra y que se encuentran a disposición del alumno en el Centro de Estudiantes.

- 1- Análisis y simulación de Procesos, Himmelblau-Bischoff, Reverté, 1976
- 2- Heat Transfer, Lindon C. Thomas, PTR Prentice Hall New Jersey 1990.
- 3- Procesos de transferencia de calor, Kern D., CECSA, 1974.



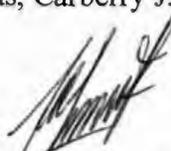
Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA  
T.E. 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

-6-

- 4- Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Frank P. Incropera-David P. DeWitt, John Wiley & Sons, 1990.
- 5- Applied Process Desing for Chemical and Petrochemical Plants, Ludwing D. A.- Vol I,II y III- Gulf, 1979.
- 6- Heat Exchanger Desing, Fraos Ozisik, Jhon Wiley & Sons.
- 7- Handbook of Heat Applications, Rohsenow W. M.
- 8- Transferencia de masa, Sherwood T. P.-Pigford R., McGrow Hill, 1975.
- 9- Desing Gas Absorption Towers, Zenz F. A., Manhattan College, Chemical Engineering Nov 13, 1972.
- 10-Fundamentos de Destilación de Mezclas Multicomponente, Holland Charles, D., Limusa, Mexico, 1992.
- 11-AIChE Equipment Testing Procedur - 1979
- 12-Absortion Fundamentals & Applications, Zarzycki R.-Chacuk A., Pergamon Press, 1993
- 13-Applied Hydrocarbon Thermodynamics Vol 1, Edmister W. C.-Lee B.,
- 14-Procesos de separación, King C. J., Reverté, 1981.
- 15-Fundamentos y modelos de procesos de separación, Holland C., Prentice Hall, 1981.
- 16-Fundamentos de Destilación de mezclas multicomponentes, Holland C., Limusa 1992
- 17-Operaciones de separacion por etapas de equilibrio en ingeniería química, Henley E. J.-Seader J.D., 1988.
- 18-Mass Transfer Process Calculations, Sawistowski H.-Smith W., John Wiley & Sons, 1963.
- 19-AIChE MI Modular Instructions-Stagewise and Mass Transfer Operations. Vol 3 Extraction and Leaching, Calo J. M.-Henley E. J.,1982.
- 20-Introduction to Industrial Drying, Key R. B., Pergamon International,1978.
- 21-Fundamentos del diseño de reactores, Cunningham R. E.-Lombardi J. L.,EUDEBA, 1972.
- 22-Ingenieria de las reacciones químicas, Levenspiel O., Reverté, 1974.
- 23-Chemical Reactor Analisis & Desing, Froment-Bischoff, John Wiley & Sons, 1979.
- 24-Chemical Reactor Desing for Process Plants, Vol I y II, Rase H. F. John Wiley & Sons , 1977.
- 25-Ingeniería de las reacciones químicas y catalíticas, Carberry J. J., Mc Grow Hill, 1980.



Ing.Lorgio MERCADO FUENTES

-7-

## REGLAMENTO INTERNO DE CATEDRA DE OPERACIONES UNITARIAS II

**Periodo:** 1<sup>er</sup> Cuatrimestre de 4<sup>o</sup> año.

La materia es de régimen cuatrimestral, con una duración de 16 semanas de clases.

### **Docentes**

Responsable de cátedra: Ing. Lorgio Mercado Fuentes.

Docentes: Ing. Antonio Bonomo.

Ing. Oscar Quiroga (por extensión de funciones).

**Carrera:** Ingeniería Química

**Carga horaria:** 7 hr. Semanales, distribuidas en 4 hr de teoría y 3 hr de trabajos prácticos.

### **Requerimientos mínimos para la promoción**

Para promocionar la materia el alumno debe realizar una serie de actividades, las que serán ponderadas para calcular la nota final (N), estas actividades son las que se detallan a continuación:

A) Parciales.

B) Cumplimiento de tareas. Dedicación.

C) Evaluación por temas. Coloquios.

#### • **Parciales.**

El número de evaluaciones parciales será de dos (2). Estos parciales incluirán preguntas de tipo teórico como práctico y desarrollo de problemas. El alumno debe obtener como mínimo 40 puntos, en una escala de 100, en cada uno de los parciales o en su correspondiente recuperación para continuar con el cursado normal de la asignatura. Los alumnos que en los parciales hayan obtenido más de 40 puntos pueden presentarse en las recuperaciones del parcial para mejorar su nota, la nota final del parcial en este caso será la de su recuperación.

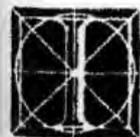
La nota (A) de los parciales resultará de un promedio de los dos (2) parciales que se toman y tendrá un factor de ponderación de 0,60 en el valor de (N).

#### • **Cumplimiento de tareas.- Dedicación.**

Este ítem está dividido en tres subítems:

B1-Presentación de informes de trabajos prácticos: 100%.

B2-Cumplimiento en forma y termino con los trabajos prácticos.



B3-Trabajo en clase: Nota conceptual referida a la dedicación y trabajo durante las clases de trabajos prácticos.

Los items anteriores, se clasificarán en una escala de 0 a 100 y la nota de cumplimiento de tareas (B) será un promedio de los mismos, está tendrá un factor de ponderación de 0,15 en el valor de (N).

El alumno debe registrar como mínimo el 80% de asistencia a los TP para continuar con el cursado normal de la materia y esta exigencia no se califica en la nota final (N).

• **Evaluación por temas. – Coloquios.**

Este item está dividido en dos subitems:

C1-Cuestionarios previos a las clases practicas, ya sea a través de coloquios o evaluación escrita.

C2-Se hará una evaluación teórico-práctica por cada tema desarrollado. Estas evaluaciones no tienen recuperación.

Los items anteriores se califican en una escala de 0 a 100 y la nota final de evaluación por temas y coloquios (C) será un promedio de las mismas, la que tendrá un factor de ponderación de 0,25 en el valor de (N).

**Nota de promoción (N)**

La nota final se registrá por la siguiente ecuación:

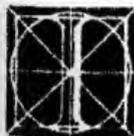
$$N=0,60x(A)+0,15x(B)+0,25x(C)$$

Aquellos alumnos que al finalizar el dictado de la materia tuvieran un promedio de 70 puntos o más de la nota (N), promocionan la materia. La nota de promoción es la que se indica en la siguiente tabla:

Escala 0-100	95 a 100	85 a 94	77 a 84	70 a 77
Nota final	10	9	8	7

Aquellos alumnos que al finalizar el cursado de la materia hayan obtenido una nota promedio (N) comprendida entre 40 y 69 puntos, no promocionan la materia y pasan a un **periodo de recuperación**, de los temas que a juicio de la cátedra no alcanzaron los objetivos, durante los meses de Julio y Agosto, mediante una serie de exigencias y pruebas de evaluación que propondrá la cátedra para promocionar la materia.

Aquellos alumnos que al finalizar el cursado de la materia hayan obtenido una nota promedio (N) menor de 40 puntos quedan en condición de libres.



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

T.E. 4255420 - FAX (54-0387) 4255351

REPUBLICA ARGENTINA

E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

-9-

### Periodo de recuperación

Para promocionar la materia en esta etapa de recuperación es necesario obtener en las pruebas de evaluación teórico-práctica un puntaje mínimo de 60 en una escala de 0 a 100.

Aquellos alumnos que tengan menos de 60 puntos en estas evaluaciones quedan libres. Los alumnos que superen esta etapa, tendrán una nota final que resultará del promedio entre la nota (N) del cuatrimestre y la nota de recuperación. La transformación de la escala de 0 a 100 de la nota final promediada es la que se indica en la tabla siguiente y permitirá obtener la calificación final.

Escala 0 a 100	50 a 58	59 a 67	68 a 74	75 a 85
Nota final	4	5	6	7

Ing. Lorgio MERCADO FUENTES