



# Planificaciones

7652 - Operaciones Unitarias de Transferencia de Materia

Docente responsable: SZWED CRISTINA LILIANA

## OBJETIVOS

El estudio de la asignatura permitirá conocer los procesos de transferencia de materia.

Proporcionará los fundamentos teóricos del transporte de masa y transporte de calor y masa simultáneos para que el

ingeniero químico pueda abordar científicamente las operaciones unitarias que los involucran.

Se estudiarán teorías y modelos que permitan la descripción y el cálculos de los fenómenos de transferencia

intra e interfaciales.

Se estudiará cómo diseñar el equipamiento industrial involucrado en las operaciones unitarias anteriormente citadas.

Se crearán situaciones problemáticas habituales en la industria para que el ingeniero químico pueda determinar sobre bases científicas las variaciones operativas y /o de diseño necesarias para permitir obtener los productos en cantidad y calidad deseados.

Se busca formar criterio técnico –económico en los futuros profesionales para la selección del método de separación y equipo adecuado para cada caso .

También se hace incapié en el análisis de las variables de operación que caracterizan a los diferentes sistemas, simulando situaciones reales de trabajo en plantas químicas.

Se utilizan, en el transcurso de la materia, métodos de cálculo tradicionales, analíticos y gráficos y métodos numéricos computacionales de última generación como herramienta de trabajo.

Todo esto se apoya con prácticas en planta piloto , en donde se corrobora la teoría con ejemplos prácticos.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

Tema 1

Introducción.

Operaciones unitarias de transferencia de masa. Fundamentos de las operaciones difusionales. Teoría de la doble

resistencia. Relaciones de operación. Contacto continuo, cocorriente y contracorriente. Condiciones límites de operación.

Contactado por etapas. Etapa ideal. Determinación del número de etapas ideales en los casos de cocorriente, contracorriente

y corrientes cruzadas. Eficiencia de etapa. Determinación del número real de etapas.

Tema 2

Método Mc Cabe - Thiele.

Hipótesis de trabajo, aplicaciones a destilación de mezclas binarias y absorción.

Tema 2.1

Absorción.

Generalidades. Relaciones de equilibrio. Selección del solvente. Equipos de absorción. Diseño de una columna de platos:

Selección del solvente, caudal de solvente. Sección de la columna. Número de platos: método gráfico y método de Kremser.

Eficiencia, eficiencia de Murphree, altura de la columna de platos. Desorción. Absorción no isotérmica. Método generalizado.

Verificación de una torre ya construida.

Tema 2.2

Destilación de sistemas binarios.

Equilibrio líquido - vapor. Diagramas a presión y temperatura constante. Leyes de Raoult y Henry Volatilidad relativa.

Desviaciones positivas y negativas de la idealidad Azeótropos. Líquidos parcialmente miscibles e inmiscibles. Destilación

flash o de equilibrio. Rectificación. Agotamiento o stripping. Cálculo del número de platos teóricos por el método de Mc Cabe

- Thiele. Ubicación del plato de alimentación. Reflujo mínimo y total. Condensadores. Reboilers. Líquido subenfriado. Vapor

sobrecalentado. Alimentaciones múltiples. Extracciones laterales. Pérdidas de calor. Eficiencia de Murphree.

Tema 3

Extracción líquido - líquido.

Relaciones de equilibrio. Selección del solvente. Extracción en una etapa ideal, corrientes cruzadas y

contracorriente  
multietapas con y sin reflujo. Utilización del método de Kremser, diagramas triangulares, diagrama de distribución y diagramas de Janecke. Caudal mínimo de solvente. Cálculo del número de etapas. Equipos utilizados más corrientemente.  
Equipos de etapas simples y múltiples.  
Tema 4  
Sistemas multicomponentes.  
Separación en etapas de mezclas de componentes múltiples. Modelo para una etapa en equilibrio.  
Generalización del modelo para N etapas. Procedimientos numéricos existentes. Estructura típica del problema de separación de etapas.  
Método de Thomas.  
Absorción. Diseño para soluciones diluidas.  
Destilación flash. Flash isotérmico. Punto de rocío y punto de burbuja. Flash adiabático.  
Destilación multietapas. Procedimiento de cálculo. Flasheo de F. Número mínimo de platos y reflujo total por Fenske. Reflujo mínimo por Underwood. Verificación de llaves por Shiras. Cálculo de número de platos por métodos cortos.  
Tema 5  
Destilación diferencial discontinua o destilación simple.  
Rectificación discontinua con reflujo constante. Rectificación discontinua con composición de destilado constante.  
Tema 6  
Contactado Continuo. Columnas de relleno.  
Difusión. Coeficientes de transferencia de materia. Diseño de torres de relleno. Altura del relleno. Número de unidades de transferencia. Determinación del número de unidades de transferencia: Método de integración directa, integración gráfica, integración numérica, gráfico de Baker, de Colburn. Sistemas concentrados. Altura de una unidad de transferencia. Altura equivalente de un plato teórico. Diámetro de la columna. Retención y peso de la torre.  
Tema 7  
Absorción adiabática en columna de relleno.  
Método simplificado. Método riguroso.  
Tema 8  
Diseño de platos.  
Condiciones operativas. Diseño. Determinación de la inundación. Verificación del tiempo de residencia en el conducto de bajada. Verificación del lagrimeo. Verificación del arrastre. Esquema de cálculo.  
Tema 9  
Humidificación y enfriamiento de agua.  
Conceptos básicos. Diagrama psicrométrico. Temperatura de saturación adiabática. Temperatura de bulbo húmedo.  
Acondicionamiento de aire. Humidificación adiabática. Torre spray. Enfriamiento de aire. Humidificación no adiabática.  
Deshumidificación. Enfriamiento de agua. Evolución del aire en la torre. Método de Mickley. Deshumidificación. Comportamiento de torres de enfriamiento con relleno. Equipos.  
Tema 10  
Secado.  
Definiciones. Secado discontinuo. Tiempo de secado. Circulación tangencial del aire. Correlaciones para "h". Circulación transversal del aire. Secado continuo. Secado a alta temperatura. Secaderos rotativos. Secado a bajas temperaturas.  
Equipos.  
Tema 11  
Cristalización.

## PROGRAMA ANALÍTICO

Tema 1 Introducción.  
Operaciones unitarias de transferencia de masa. Fundamentos de las operaciones difusionales. Teoría de la doble resistencia. Relaciones de operación. Contacto continuo, cocorriente y contracorriente. Condiciones límites de operación.

Contactado por etapas. Etapa ideal. Determinación del número de etapas ideales en los casos de cocorriente, contracorriente

y corrientes cruzadas. Eficiencia de etapa. Determinación del número real de etapas.

Tema 2 Método Mc Cabe - Thiele.

Hipótesis de trabajo, aplicaciones a destilación de mezclas binarias y absorción.

Tema 2.1

Absorción.

Generalidades. Relaciones de equilibrio. Selección del solvente. Equipos de absorción. Diseño de una columna de platos:

Selección del solvente, caudal de solvente. Sección de la columna. Número de platos: método gráfico y método de Kremser.

Eficiencia, eficiencia de Murphree, altura de la columna de platos. Desorción. Absorción no isotérmica. Método generalizado.

Verificación de una torre ya construida.

Tema 2.2

Destilación de sistemas binarios.

Equilibrio líquido - vapor. Diagramas a presión y temperatura constante. Leyes de Raoult y Henry Volatilidad relativa.

Desviaciones positivas y negativas de la idealidad Azeótropos. Líquidos parcialmente miscibles e inmiscibles.

Destilación

flash o de equilibrio. Rectificación. Agotamiento o stripping. Cálculo del número de platos teóricos por el método de Mc Cabe

- Thiele. Ubicación del plato de alimentación. Reflujo mínimo y total. Condensadores. Reboilers. Líquido subenfriado. Vapor

sobrecalentado. Alimentaciones múltiples. Extracciones laterales. Pérdidas de calor. Eficiencia de Murphree.

Tema 3

Extracción líquido - líquido.

Relaciones de equilibrio. Selección del solvente. Extracción en una etapa ideal, corrientes cruzadas y contracorriente

multietapas con y sin reflujo. Utilización del método de Kremser, diagramas triangulares, diagrama de distribución y

diagramas de Janecke. Caudal mínimo de solvente. Cálculo del número de etapas. Equipos utilizados más corrientemente.

Equipos de etapas simples y múltiples.

Tema 4

Sistemas multicomponentes.

Separación en etapas de mezclas de componentes múltiples. Modelo para una etapa en equilibrio.

Generalización del

modelo para N etapas. Procedimientos numéricos existentes. Estructura típica del problema de separación de etapas.

Método de Thomas.

Absorción. Diseño para soluciones diluidas.

Destilación flash. Flash isotérmico. Punto de rocío y punto de burbuja. Flash adiabático.

Destilación multietapas. Procedimiento de cálculo. Flasheo de F. Número mínimo de platos y reflujo total por Fenske. Reflujo

mínimo por Underwood. Verificación de llaves por Shiras. Cálculo de número de platos por métodos cortos.

Tema 5

Destilación diferencial discontinua o destilación simple.

Rectificación discontinua con reflujo constante. Rectificación discontinua con composición de destilado constante.

Tema 6

Contactado Continuo. Columnas de relleno.

Difusión. Coeficientes de transferencia de materia. Diseño de torres de relleno. Altura del relleno. Número de unidades de

transferencia. Determinación del número de unidades de transferencia: Método de integración directa, integración gráfica,

integración numérica, gráfico de Baker, de Colburn. Sistemas concentrados. Altura de una unidad de transferencia. Altura

equivalente de un plato teórico. Diámetro de la columna. Retención y peso de la torre.

Tema 7

Absorción adiabática en columna de relleno.

Método simplificado. Método riguroso.

Tema 8

Diseño de platos.

Condiciones operativas. Diseño. Determinación de la inundación. Verificación del tiempo de residencia en el conducto de

bajada . Verificación del lagrimeo. Verificación del arrastre. Esquema de cálculo.

Tema 9

Humidificación y enfriamiento de agua.

Conceptos básicos. Diagrama psicrométrico. Temperatura de saturación adiabática. Temperatura de bulbo húmedo.

Acondicionamiento de aire. Humidificación adiabática. Torre spray. Enfriamiento de aire. Humidificación no adiabática.

Deshumidificación. Enfriamiento de agua. Evolución del aire en la torre. Método de Mickley. Deshumidificación.

Comportamiento de torres de enfriamiento con relleno. Equipos.

Tema 10

Secado.

Definiciones. Secado discontinuo. Tiempo de secado. Circulación tangencial del aire. Correlaciones para "h".

Circulación

transversal del aire. Secado continuo. Secado a alta temperatura. Secaderos rotativos. Secado a bajas temperaturas.

Equipos.

Tema 11

Cristalización.

Definiciones. Nucleación. Crecimiento. Ley del  $??L$ . Masa de siembra. Masa de producto. Tipos de cristalizadores.

Cristalizadores por enfriamiento, por evaporación y adiabáticos al vacío. Equipos

## BIBLIOGRAFÍA

R.Treybal, Mass Transfer Operations\*, 3er. Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1980

E.J.Henley y J.D.Seader, Equilibrium-Stage Separations Operations in Chemical Engineering, John Wiley & Sons, New

York, 1981

Perry's Chemical Engineers' Handbook\*, 6ta. Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1984

W.L.McCabe and J.C.Smith, Unit Operations of Chemical Engineering\*, Mc Graw-Hill, New York, 1978.

A.S.Foust et al., Principles of Unit Operations\*, John Wiley & Sons, New York, 1960

B.D.Smith, Design of Equilibrium Stage Processes, Mc Graw-Hill, New York, 1963

T.Sherwood, R.L.Pigford, C.R.Wilke, Mass Transfer\*, Mc Graw-Hill, New York, 1975

J.M.Coulson, J.F.Richardson, Chemical Engineering\*, Pergamon Press, Oxford, 1978

P.A.Schweitzer, Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers, Mc Graw-Hill, New York, 1979

J.King, Separation Processes\*, 2da. Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1980

A.L.Lyndersén, Mass Transfer in Engineering Practice, John Wiley & Sons, New York, 1983

A.L.Hines and R.N.Maddox, Mass Transfer Fundamentals and Applications\*, Prentice Hall, 1984

G.Geankoplis, Transport Processes and Unit Operations\*, Allyn and Bacon, 1978.

T.Brian, Staged Cascades in Chemical Processing, Prentice Hall, New Jersey, 1972.

R.W.Rousseau, Handbook of Separation Process Technology, John Wiley & Sons, New York, 1987

R.Billet, Packed Towers in Processing and Environmental Technology, VCH, Weinheim, 1995

K.Sattler and H.J.Feindt, Thermal Separation Processes, VCH, Weinheim, 1995

## RÉGIMEN DE CURSADA

### Metodología de enseñanza

Se prefiere el método teórico práctico.

Los alumnos cuentan, desde el comienzo del cuatrimestre, de una guía de estudio y otra de problemas.

Durante la clase se plantean primero los conceptos teóricos de las operaciones junto con los métodos prácticos de diseño y/o selección de equipos. Se presenta además material fotográfico y físico para ayudar a la comprensión de los equipos.

Luego y durante la misma clase, se realizan problemas de aplicación sobre el mismo tema.

Por otro lado, se simulan en la computadora ejemplos con el simulador Hysis, que permite resolver operaciones con sistemas multicomponentes, efectuado un Trabajo práctico obligatorio grupal o individual que es desarrollado por el alumno durante la segunda mitad del cuatrimestre.

### Modalidad de Evaluación Parcial

Evaluación A

Consiste en ejercicios prácticos a resolver, contempla dos recuperaciones.

Quienes aprueben esta evaluación parcial en 1° o 2° fecha quedan habilitados para rendir una Evaluación Parcial B (también de ejercicios prácticos) que les permite (de aprobarla) rendir una Evaluación Integradora con temas sólo de desarrollo teórico.

Quienes no aprueben la Parte B o no la rindan darán Ev. Int. Completa Ejercicios +Teoría.

## 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	Presentación. Procesos separativos. Agente separador. Fuerza impulsora. Etapa ideal. Multietapas. Corrientes cruzadas, contracorriente. Balances. Equipos. Relaciones de operación. Nro. etapas teóricas. Etapas reales. Eficiencia	Serie 1, 2 Balances R op/Esquema de Evaluación / Balances / Coeficientes				TREYBAL/SEADER
<2> 16/03 al 21/03	Teorías de transferencia: modelo pelicular. Contradifusión y estanco. Diseño hidráulico de torres rellenas.	Serie 1, 2 Balances R op/Esquema de Evaluación / Balances / Coeficientes				TREYBAL/SEADER
<3> 23/03 al 28/03	Diseño hidráulico de torres de platos de platos. Datos comerciales. Dispositivos de mercado.	Serie 3 -Diseño torres				PERRY/TREYBAL/SEADER
<4> 30/03 al 04/04	Diseño hidráulico de torres de platos de platos. Datos comerciales. Dispositivos de mercado.	Serie 3 -Diseño torres				PERRY/TREYBAL/SEADER
<5> 06/04 al 11/04	Absorción isotérmica. Contactado continuo. HETP. NTOG. NTG. HTOG. HTG.	Serie 4-Absorción Desorción				TREYBAL/SEADER
<6> 13/04 al 18/04	Absorción no isotérmica.	Serie 4-Absorción Desorción				TREYBAL/SEADER
<7> 20/04 al 25/04	Destilación McCabe. Equilibrios. Torre sencilla. Límites de operación.	Serie 5 -Destilación				TREYBAL/SEADER
<8> 27/04 al 02/05	Destilación McCabe. Pérdidas de calor. Torres complejas. Eficiencia.	Serie 5 -Destilación				TREYBAL/SEADER

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<9> 04/05 al 09/05	Multicomponentes. Flash. Destilación. Métodos rigurosos.	Serie 6 -Multicomponentes			Explicación TP	TREYBAL/SEADER
<10> 11/05 al 16/05	Extracción ternarios.	Serie 7 -Extracción Líquido Líquido				TREYBAL/SEADER
<11> 18/05 al 23/05	Extracción Janecke. Equipos.	Serie 7 -Extracción Líquido Líquido				TREYBAL/SEADER
<12> 25/05 al 30/05	Humidificación. Equilibrio. Torres de enfriamiento. Spray.	Serie 8 -Humidificación y Diseño de torres de enfriamiento			Evaluación TP	FOUST/TREYBAL
<13> 01/06 al 06/06	Humidificación. Deshumidificación. Equipos.	Serie 8 -Humidificación y Diseño de torres de enfriamiento				FOUST/TREYBAL
<14> 08/06 al 13/06	Secado. Equilibrio. Secado discontinuo.	Serie 9 -Secado				FOUST/TREYBAL
<15> 15/06 al 20/06	Secado. Secado continuo. Equipos	Serie 9 -Secado				FOUST/TREYBAL
<16> 22/06 al 27/06	Cristalización	Serie 10 -Cristalización				W.L.McCabe / J.C.Smith

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	12	29/05	18:30	21
2º	14	12/06	18:30	21
3º	16	26/06	18:30	21
4º				
Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial				
Evaluación con dos recuperatorios: Problemas de resolución práctica hasta Unidad 7 inclusive y Coloquio integrador teórico práctico de todos los temas de la materia.				