Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

PROGRAMA ANALÍTICO

Departamento: Ingeniería Química

Carrera: Ingeniería Química

Nombre de la actividad curricular: Operaciones Unitarias II

Área: Ingeniería Química

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: IV

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Cuatrimestral

Carga Horaria total: H. Reloj: 120 H. Cátedra: 160

Carga horaria semanal: H. Reloj: 7 H. Cátedra: 10

FUNDAMENTACIÓN

"La Ingeniería Química es la profesión en la cual los conocimientos de matemática, química y otras ciencias naturales, adquiridos por el estudio, son aplicados con criterio para desarrollar vías económicas para el uso de materiales y energía en beneficio de la humanidad". (A.I.Ch.E.)

En este contexto, el desarrollo del proceso para un nuevo material o producto depende de la integración exitosa de las etapas de recepción y tratamiento de materias primas, y de la separación y refinación adecuada de los productos resultantes.

Esta asignatura, en particular, tiene como objetivo el diseño de los diversos equipos que se utilizan para concretar las operaciones unitarias, para lo cual se requiere un análisis de los procesos que ocurren en su interior, ya que los principios que gobiernan las transferencias de masa y energía nos dan la base, tanto para el cálculo de sus dimensiones como para una correcta operación de los mismos. Por otra parte, la profundización en el comportamiento (performance) de dichas unidades permite su selección racional, considerando minuciosamente los aspectos ecológicos y económicos que darán sustentabilidad a su utilización.

OBJETIVOS

Desarrollar la capacidad de reconocimiento de los principios físicos-químicos que rigen los procesos químicos industriales y el diseño de sus máquinas y equipos.

- Adquirir los conocimientos, práctica y habilidad que permitan combinar, ensamblar, modificar y/o adaptar los diferentes procesos y equipos para lograr el objetivo buscado.

- Conocer los diferentes medios de transferencia de materia y las ecuaciones básicas que los rigen y sobre los equipos, mecanismos y accesorios para realizar el transporte de materia en separaciones difusionales.
- Conocer y aplicar criterios para la elección del medio operacional o conjunto de operaciones más adecuadas para el logro de un objetivo determinado.
- Integrar conceptos y capacidades adquiridos en otras asignaturas que preceden o coexisten con Operaciones Unitarias II, para poder aplicarlos en el campo laboral, en el desarrollo de nuevas tecnologías, así como también, en la aplicación eficiente de las existentes, con el objetivo de llevar a cabo procesos industriales óptimos, no sólo desde el punto de vista técnico, sino también desde la óptica económica y de la conservación del medio ambiente.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Operaciones con transferencia de masa fluido-fluido, fluido-sólido, con y sin transferencia de calor.
- Equipos y sistemas.

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: FUNDAMENTOS DE LA DIFUSION.
Las Operaciones unitarias con transferencia de masa.
Separaciones difusionales. Teoría de la difusión. Ley de Fick. Difusión entre gases. Difusividad. Velocidad de difusión. Casos de contradifusión y difusión en película estanca. Difusión turbulenta. Coeficientes peliculares de transferencia. Medidas experimentales. Análisis dimensional. Correlaciones. Analogías con otras transferencias. Teoría de la película.
Unidad Temática 2: EQUIPOS DE TRANSFERENCIA.
Equipos de dispersión de gas, tipos de tanque y columna. Torres de platos de burbujeo. Fluidodinámica de platos. Tipos de platos. Inundación. Equipos de dispersión de líquidos, en gotas y en película. Equipos Spray, de pared mojada y rellenos. Tipos de relleno y características. Inundación. Gráficos de Leva, Eckert y Strigle. Gráficos para rellenos estructurados. Comparación entre los diferentes equipos.

Unidad Temática 3: ABSORCION DE GASES.
Equilibrio líquido-gas. Ley de Henry. Velocidad de transferencia. Teoría de la doble película. Coeficientes peliculares y globales. Casos de gases muy solubles y poco solubles. Balances de materia en equipos: cocorriente y contracorriente. Diagrama de operaciones.
Diseño de equipos de platos. Cálculo de número de etapas de equilibrio. Diseños de equipos de contacto continuo.
Métodos de las unidades de transferencia. Cálculo de la altura de relleno. Número de unidades de transferencia. Aproximaciones. Método de Baker. Altura de la unidad de transferencia.
Absorción no isotérmica. Método adiabático. Curva de equilibrio.

Unidad Temática 4: DESTILACION.

Equilibrio líquido-vapor. Soluciones ideales; Ley de Raoult. Desviaciones positivas y negativas. Azeótropos y Heteroazeótropos. Diagrama de distribución, temperatura-composición. Entálpicos. Volatilidad absoluta y relativa. Relaciones de equilibrio. Métodos de destilación continuos. Destilación Flash. Diseño. Rectificación. Cálculo del número de etapas.
Métodos de Mc Cabe-Thiele y de Ponchon-Savarit.

Unidad Temática 5: HUMIDIFICACION.
Presión de vapor de líquidos volátiles. Mezclas de vapor-gas. La mezcla aire-agua. Diagrama psicométrico. Unidades. Líneas de saturación adiabática y de bulbo húmedo. Perfiles de transferencia simultánea de calor y materia: saturación adiabática, deshumidificación y enfriamiento Diseño de equipos de humidificación: balance de materia y calor. Diagramas de operaciones. Unidades de transferencia: cálculo de la altura de torres de enfriamiento.

Unidad Temática 6: SECADOS DE SOLIDOS.
Equilibrio sólido-gas. Isotermas de absorción y desorción: Humedad del sólido y velocidad de secado. Curvas de secado. Períodos de secado. Predicción de la velocidad. Diseños de secaderos discontinuos.

Unidad Temática 7: LIXIVIACION Y EXTRACCION LIQUIDA.
Equilibrio sólido-líquido y líquido-líquido. Diagramas triangulares. Elección del solvente. Formas de operaciones: lecho fijo, batch y continuo. Operaciones en contracorriente. Equipos: torres de dispersión y mezcladores sedimentadores.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	**Carga horaria total en hs. reloj**	**Carga horaria total en hs. cátedra**
Teórica	52	75
Formación Práctica	68	85
Tipo de actividad	**Carga horaria total en hs. reloj**	**Carga horaria total en hs. cátedra**
Formación experimental	12	15
Resolución de problemas	48	60
Proyectos y diseño	8	10
Práctica supervisada	0	0

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS
a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

1. La modalidad de dictado para esta asignatura prevé la explicación inicial de los conceptos teóricos, antes de su aplicación a la resolución de problemas. Luego de completa-da esta resolución se realiza una discusión grupal de los resultados obtenidos, realizándose así una vivencia del concepto del proceso enseñanza-aprendizaje pues es en esta instancia que los docentes reciben la retroalimentación que permite: criticar, aconsejar, evaluar a los alumnos, autoevaluarse, cuestionarse y mejorar el proceso de enseñanza.

2. La comprensión de esta asignatura requiere de la resolución de las Series de Problemas específicas de cada Unidad Temática.

3. El otro punto en que se debe hacer hincapié para un mejor aprovechamiento y realización (en el sentido de hacerlo real) de los conceptos y metodologías que conforman esta materia, es la ejecución de Prácticas de Laboratorio.

4. Se realiza la introducción de las aplicaciones del Simulador de Procesos Químicos Hysys® para todos los alumnos. Se aplica inicialmente a resolver los balances mediante la aplicación del simulador. Posteriormente se pueden efectuar diseños (aún de detalle) de torres de destilación, absorbedores, etc., tanto de platos como rellenas. Adicionalmente se puede simular la performance y/o el diseño de un conjunto de unidades en línea. Finalmente, realizarse análisis de optimización.

Series de Problemas:
Se cuenta con ocho (8) Series impresas, correspondiendo:

- Unidad Temática 1: Serie I.
- Unidad Temática 3: Series II y III.
- Unidad Temática 4: Series IV y V.
- Unidad Temática 5: Serie VI.
- Unidad Temática 6: Serie VII.
- Unidad Temática 7: Serie VIII.

Al finalizar el cuatrimestre los alumnos, en forma individual, presentan una carpeta con la resolución de todos los problemas, incluyendo gráficos, cálculos auxiliares, etc. La presentación en su totalidad es evaluada.

Prácticas de Laboratorio:

Se realizan tres Prácticas en el cuatrimestre, de 5 horas cátedra cada una, a saber:

-Temas de las prácticas de Laboratorio:

T.P. Nº 1: Fluidodinámica en Torres Rellenas - Determinación del Factor de Empaque

T.P. Nº 2: Rectificación Discontinua de una Mezcla.

T.P. Nº 3: Secado en un Secador Rotatorio Continuo.

Posteriormente los alumnos presentan, en forma individual, un informe escrito con los datos obtenidos, la elaboración de los resultados y sus conclusiones, para cada práctica. Los informes son evaluados.

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Se cuenta con la licencia para la aplicación simultánea del Simulador de Procesos Químicos Hysys ® (Aspen-Honeywell) /Unisim. Los recursos de software y hardware disponibles son adecuados para un uso generalizado de los alumnos del fin del Cuarto Nivel. Se realiza con el mismo la resolución de un caso de destilación continua (rectificación) con dos clases de cinco horas (con un total de diez horas cátedra) y la asistencia posterior a los alumnos para completar el proceso de cálculo e impresión de resultados.
Organizados en pequeños grupos (3-4 estudiantes), los alumnos presentan un informe escrito con los datos obtenidos, la elaboración de los resultados y sus conclusiones. Los informes son evaluados.

A los elementos tradicionales, se agrega el uso en algunas clases del retroproyector con transparencias.
También se analizan durante las clases elementos propios de la actividad profesional, como exhibición de distintos tipos de relleno para torres empacadas, fotografías y catálogos de diverso equipamiento, etc.
Se cuenta con material didáctico preparado por la cátedra sobre el tema Secado de Sólidos (Unidad Temática 6).
Los alumnos reciben el primer día de clase material impreso sobre la organización de la cátedra, contenido analítico de la asignatura, sus correlativas para el cursado y la aprobación, cronograma a desarrollar, bibliografía a utilizarse, tablas de datos, fotografías de equipos y sus accesorios, etc.

EVALUACIÓN

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)
Además del intento de proceder a un proceso de evaluación permanente, como se explica en el punto 1 de Metodología de la enseñanza, se procede a:
- Tomar dos exámenes parciales teórico-prácticos escritos, que deben aprobarse para regularizar la materia. Está previsto un máximo de dos exámenes recuperatorios por cada uno, de acuerdo a la reglamentación de la UTN.
- Tomar exámenes escritos breves previos a la realización de cada uno de los trabajos prácticos de Laboratorio.
- Tomar un examen final, teórico-práctico, escrito y oral, para la aprobación de la asignatura.
- La calificación mínima de aprobación es 6 (seis).
- Tomar exámenes escritos breves previos a la realización de cada uno de los trabajos prácticos de Laboratorio.
- Tomar un examen final, teórico-práctico, escrito y oral, para la aprobación de la asignatura.

Requisitos de promoción

El alumno PROMOCIONA la asignatura cuando en cada una de las evaluaciones obtiene 8 (ocho) o más puntos. Para promocionar se permite un recuperatorio en total

Requisitos de regularidad
Aprobar las instancias de exámenes parciales, los trabajos prácticos de laboratorio y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente

Requisitos de aprobación
Aprobar el examen final

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

A continuación, se especifican las otras materias del mismo Nivel con las que la asignatura Operaciones Unitarias II se articula horizontalmente, los temas relacionados y los núcleos temáticos de O. U. II involucrados.

Ingeniería de las Reacciones Químicas:
Temas relacionados: Transferencia de masa con y sin reacción química.
Núcleos Temáticos: Transferencia de masa en interfases. Diseño de torres de absorción sin reacción

Integración IV:
Temas relacionados: Estimación de dimensiones de equipos y servicios para su costeo aproximado
Núcleos Temáticos: Diseño de torres de destilación, absorción, etc., continuas y discontinuas.

Tecnología de la Energía Térmica:
Temas relacionados: Transferencia de calor entre corrientes de fluidos y/o materiales sólidos
Núcleos Temáticos: Equipos de destilación continuos y discontinuos. Equipos de Secado.

Operaciones Unitarias I:
Temas relacionados: Pérdida de carga en Lechos Rellenos
Núcleo Temático: Equipos de Absorción y Destilación

A continuación, se especifican las otras materias del Tercer Nivel con las que la asignatura Operaciones Unitarias II se articula verticalmente, los temas relacionados y los núcleos temáticos involucrados.

Físico Química:
Temas relacionados: Equilibrio de Fases en sistemas gas-liquido, en sistemas líquido-vapor y en sistemas sólido-vapor
Núcleos Temáticos: Diseño de torres de absorción (isotérmicas y no isotérmicas), destilación, discontinuas y continuas. Secadores de sólidos.

Termodinámica:
Temas relacionados: Balances de energía (orientado desde el Primer Principio)
Núcleos Temáticos: Diseño de torres de destilación tipo flash y de rectificación. Secadores de sólidos.

Integración III:
Temas relacionados: Balances microscópicos de masa y energía. Psicometría.
Núcleos Temáticos: Todos los núcleos temáticos de la asignatura.

Fenómenos de Transporte:
Temas relacionados: Balances microscópicos de cantidad de movimiento, energía y masa, en estado estacionario y transitorio

Núcleos Temáticos: Diseño de torres, absorción, destilación, enfriamiento, deshumidificación, etc., con transferencia de masa y calor en interfases (películas). Secado de sólidos.
El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Unidad Temática	Duración en hs cátedra
1	10
2	5
3	40
4	45
5	25
6	20
7	15

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Chhabra, R. P., & Shankar, V. (Eds.). (2017). *Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 1A: fluid flow: fundamentals and applications*. Butterworth-Heinemann.
Chhabra, R. P., & Shankar, V.(Eds.). (2017). *Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 1B: heat and mass transfer: fundamentals and applications.* Butterworth-Heinemann.
Chhabra, R. P., Gurappa, B. (Eds.). (2019). *Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 2A: particulate systems and particle technology*. Butterworth-Heinemann.
Coker, A. K. (2007-2010-2014). *Ludwig's applied process design for chemical and petrochemical plants*. (Vols. 1-2-3). Gulf Publishing Company.
Coulson, J. M. y Richardson, J. F. (1988-1980-1982). *Ingeniería Química*. (Vols. 2-4-5). Reverté.
Cussler, E. (2009). *Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems*. Cambridge University Press.
Geankoplis, C. J. (2006). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación (incluye operaciones unitarias)*. Compañía Editorial Continental (CECSA)
Henley, E. J. y Seader, J. D. (2008). *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. Reverté.
Kister, H. Z. (1992). *Distillation design*. McGraw Hill.
McCabe, W. L., Smith, J. C. y Harriott, P. (2007). *Operaciones básicas de la ingeniería química.* McGraw-Hill Interamericana.
Ocon García, J. y Tojo Barreiro, G. (1980). *Problemas de la Ingeniería Química*. Aguilar.
Ravi, R., Vinu, R. & Gummadi, S. N. (Eds.). (2017). *Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 3A: chemical and biochemical reactors and reaction engineering*. Butterworth-Heinemann.
Ray, A. (Ed.). (2022). *Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 2B: separation processes*. Butterworth-Heinemann.
Sherwood, T. K., Pigford, R. L. y Wilke C. R. (1979). *Transferencia de Masa*. Géminis.
Sinnot, R. & Towler, G. (2019). Coulson and Richardson's chemical engineering series: chemical engineering design. Butterworth-Heinemann.
Treybal, R. E. (1968). *Extracción en Fase Líquida*. CRAT.
Treybal, R. E. (2000). *Operaciones de Transferencia de Masa.* McGraw-Hill Interamericana.
Treybal, R. E. (2018). *Liquid Extraction*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Coulson, J. M. y Richardson, J. F. (1999-2002-1994). *Chemical Engineering*. (Vols. 1-2-3). Butterworth Heinemann.
Coulson, J. M. y Richardson, J. F. (1982-1984). *Ingeniería Química*. (Vols. 2-3). Reverté.
Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. Prentice Hall.
Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. Compañía Editorial Continental (CECSA).
Henley E. J. y Seader J. D. (2008). *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. Reverté.
King, C. J. (2013). Separation processes. Dover Publications
King, C. J. (1980). Procesos de separación. Reverté.
Ludwig, E. E. (2001). *Applied process design for chemical and petrochemical plants.* (Vol. 1) Gulf Publishing Company.
Ludwig, E. E. (1995). *Applied process design for chemical and petrochemical plants.* (Vol. 1) Gulf Publishing Company.
Ludwig, E. E. (1993). *Applied process design for chemical and petrochemical plants*. (Vol. 2). Gulf Publishing Company
Ludwig, E. E. (1993). *Applied process design for chemical and petrochemical plants.* (Vol. 3). Gulf Publishing Company.
Martínez de la Cuesta, P. J. y Rus Martínez, E. (2004). *Operaciones de separación en ingeniería química*. Pearson Prentice Hall.
McCabe, W. L., Smith, J. C. y Harriott, P. (2002). *Operaciones básicas de la ingeniería química.* McGraw-Hill Interamericana.
Sinnott, R. K. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering*: *chemical engineering design.* (Vol. 6). Butterworth-Heinemann.
Treybal, R. E. (1963). *Liquid Extraction*. McGraw-Hill.
Treybal, R. E. (1980). *Operaciones de Transferencia de Masa.* McGraw-Hill Interamericana.
Sherwood, T. K., Pigford, R. L. y Wilke C. R. (1975). Mass Transfer. McGraw-Hill.
Walas, S. M. (2010). *Chemical Process Equipment.* Butterworth Heinemann.
Wankat, P. C. (2008). *Ingeniería de los procesos de separación*. Pearson Prentice Hall.