Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

PROGRAMA ANALÍTICO

Departamento: Ingeniería Química

Carrera: Ingeniería Química

Nombre de la actividad curricular: Diseño de Equipos

Área: Ingeniería Química

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: V

Tipo: Electiva

Modalidad: Cuatrimestral

Carga Horaria total: H. Reloj: 60 H. Cátedra: 80

Carga horaria semanal: H. Reloj: 4 H. Cátedra: 5

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.
Se introduce esta asignatura electiva en el Plan de Estudios de Ingeniería Química con el propósito de profundizar el estudio de algunas operaciones unitarias de relevancia industrial, que involucran transferencia de masa, con o sin simultánea transferencia de energía térmica, con el fin de comprender sus fundamentos fisicoquímicos para posibilitar el diseño del equipamiento correspondiente.
Esta asignatura tiene como objetivo el diseño de los diversos equipos que se utilizan para concretar dichas 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

- Conocer, comprender, especificar y/o calcular equipos y sistemas de transferencia de masa sin reacción química, incluyendo los que requieren transferencia de calor.
- Desarrollar la capacidad de reconocimiento de los principios físicos-químicos que rigen los procesos químicos industriales y el diseño de sus máquinas y equipos.
- 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.
- Identificar los equipos, mecanismos y accesorios para realizar el transporte de materia en separaciones difusionales.
- Desarrollar habilidades y criterios para la elección del medio operacional o conjunto de operaciones más adecuadas para el logro de un objetivo determinado.
- Abordar el estudio de algunas operaciones y procesos unitarios de relevancia industrial, que involucran transferencia de masa, con o sin simultánea transferencia de energía térmica, con el fin de comprender sus fundamentos fisicoquímicos para posibilitar el diseño del equipamiento correspondiente.

CONTENIDOS

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE EQUIPOS.
Introducción al diseño de equipos. Formulación de objetivos del diseño y sus alcances. Revisión de conceptos de: inversiones, costos operativos, fijos y variables.
Revisión de conceptos de diseño mecánico de recipientes sometidos a presión interior y exterior. Su relación con su costo.

Unidad Temática 2: LAS OPERACIONES EN ESTADO NO ESTACIONARIO.
Las operaciones en estado no estacionario. Sistemas fluido-sólido no reactivo. Aplicaciones de adsorbentes porosos. El caso de purificación de sustancias (secado de fluidos por sólidos, decoloración de soluciones líquidas, desodorización de gases, etc., por medio de sílica gel, alúmina, tamices moleculares, carbones activados), separación o modificación composicional (resinas de intercambio iónico). Revisión de conceptos de pérdida de carga en lechos rellenos fijos y fluidización. Ecuaciones de Burke-Plummer, Blake-Kozeny y Ergun. Velocidad mínima de fluidización. Potencia de circulación y costos. Influencia del tamaño y forma del material adsorbente. Determinación de tamaño por tamices. Porosidad del lecho fijo y su determinación.

Unidad Temática 3: EL FENÓMENO DE LA ADSORCIÓN EN SUPERFICIES SÓLIDAS.
El fenómeno de la adsorción en superficies sólidas. Adsorción física. Adsorción química. Aspectos termodinámicos de la adsorción. Influencia de la temperatura. Concepto de presión y presión relativa. Determinación experimental de isotermas de equilibrio. Acondicionamiento inicial del adsorbente. Aplicaciones derivadas de las Isotermas de Langmuir y de B.E.T. Caracterización del sólido adsorbente. Determinación del área superficial. Volumen de poros y densidad del sólido. Distribución de volumen poral. Método de la penetración con mercurio (Hg). Método de la sorción y desorción con nitrógeno (N2). Ecuación de Kelvin. Otros criterios: índice de yodo, azul de metileno. Propiedades mecánicas. Atrición.

Unidad Temática 4: ASPECTOS DINÁMICOS DE LA ADSORCIÓN EN LECHOS FIJOS.
Aspectos dinámicos de la adsorción en lechos fijos. La ecuación de cambio de transferencia de masa para el caso isotérmico. Modelo de flujo pistón y de flujo pistón disperso. Distintas etapas de control en la transferencia de masa. Cálculo de coeficientes de transferencia en lechos fijos. Curvas de respuesta o traspaso (break through curves). Soluciones de Anzelius y de Rosen. Modelo de Hall - Acrivos - Vermeulen. Zona de transferencia de masa (MTZ). Capacidad de lecho insaturado. Tiempo de salida y estequiométrico. Cambios de escala a partir de ensayos en escala piloto.

Unidad Temática 5: REGENERACIÓN DE UN LECHO FIJO ADSORBENTE.
Regeneración de un lecho fijo adsorbente. Ciclo térmico. Uso de isotermas de equilibrio para fijar la temperatura mínima de regeneración. Ciclo por vacío y presión. Ciclo por circulación de un fluido de purga. Ciclo de desorción por desplazamiento. Ciclo combinado. Aplicaciones a procesos continuos. Regeneración de un lecho en co y en contracorriente de su modo operativo. Políticas de autonomía, regeneración y automatización. Sus costos comparativos.

Unidad Temática 6: DISEÑO DE UNA UNIDAD ADSORBENTE SEMICONTINUA.
Diseño de una unidad adsorbente de secado semicontinuo de gases. Comparación entre silica gel, alúmina y tamices moleculares. Ciclo térmico. Distintas temperaturas de regeneración. Ciclo por circulación de un fluido de purga seco y/o húmedo. Ciclo combinado.
Diseño de una unidad adsorbente semicontinua con resinas de intercambio iónico. Resinas catiónicas fuertes y débiles. Regeneración con ciclo sódico o ácido. Resinas aniónicas fuertes y débiles. Regeneración con ciclo alcalino. Contralavado. Fluidización. Enjuague. Capacidad de la resina y costo de regenerante. Tiempos y caudales durante la regeneración y la operación.

Unidad Temática 7: PROCESOS DE SEPARACIÓN POR MEMBRANAS.
Procesos de separación por membranas. Clasificación según su estructura. Aplicaciones. Fuerzas impulsoras. Permeación de componentes disueltos en un líquido a través de membranas. Procesos de diálisis. Hemodiálisis. Permeabilidad y permeancia. Pervaporación. Revisión de conceptos de difusión molecular en gases (ecuaciones de Chapman - Enskog, Fuller - Schletter- Giddings) y en líquidos (ecuaciones de Wilke - Chang, Stokes - Einstein). Coeficientes peliculares de transferencia de masa. La filtración transversal.

Unidad Temática 8: PERMEACIÓN DE GASES A TRAVÉS DE MEMBRANAS.
Permeación de gases a través de membranas porosas. Difusividad Knudsen. Flujo de masa en un capilar. Difusividad efectiva en un medio poroso.
Permeación de gases a través de membranas densas. Resistencias a la transferencia de masa. Tipos de membranas: planas, en espiral (espaciadores), tubulares y fibras huecas. Modelo de mezclado completo, de flujo cruzado y en contracorriente. Balances de masa. Fracción de corte. Factor de separación. Relación de presiones. Efecto del modelo fluidodinámico.

Unidad Temática 9: PROCESOS DE ÓSMOSIS INVERSA EN MEMBRANAS.
Procesos de ósmosis inversa en membranas. Aplicaciones. Cálculo de la presión osmótica. Fuerzas impulsoras y cálculo de los flujos de soluto y de solvente. Efectos de las variables presión y temperatura. Constantes de permeabilidad. Modelo de mezclado completo. Tipos de equipos. Arreglos en cascada y en arbolito. Polarización por concentración.
Pervaporación. Aplicaciones.

Unidad Temática 10: PROCESOS DE MICRO, ULTRA Y NANOFILTRACIÓN.
Revisión de conceptos de filtración. Ecuación de Hagen-Poiseuille. Dimensiones de partículas y poros para micro, ultra y nanofiltración. Aplicaciones. Ultrafiltración: influencia de la viscosidad. Polarización por gel. Influencia de la concentración de la solución y de la fluidodinámica sobre el valor de flujo límite. Valores de presión habituales. Diafiltración.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en h reloj	Carga horaria total en h cátedra
Teórica	45	60
Formación Práctica	15	20
Tipo de actividad	**Carga horaria total en h reloj**	**Carga horaria total en h cátedra**
Formación experimental	0	0
Resolución de problemas	15	20
Proyectos y diseño	0	0
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 completada 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.

Series De Problemas:

- Se cuenta con once series de problemas impresas, correspondiendo el número de Serie (Serie I hasta Serie XI) a la temática a continuación indicada:

• SERIE I: Espesor y costo de recipientes.
• SERIE II: Tamices. Porosidad. Pérdida de carga.
• SERIE III: Isotermas de adsorción.
• SERIE IV: Curva de ruptura.
• SERIE V: Regeneración de un lecho adsorbente.
• SERIE VI: Diseño de adsorbedores.
• SERIE VII: Separación por membranas (Permeación de líquidos, diálisis)
• SERIE VIII: Separación por membranas (Permeación de gases)
• SERIE IX: Ósmosis inversa.
• SERIE X: Pervaporación.
• SERIE XI: Ultrafiltración.

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

A los elementos tradicionales, se agrega el uso en algunas clases del retroproyector con transparencias. La totalidad de las Unidades 7 a 10 se presenta según esta modalidad.

También se analizan durante las clases elementos propios de esta actividad profesional, como exhibición de distintos tipos de adsorbentes para torres empacadas, resinas de intercambio iónico (RR.II.), cartuchos de membranas en espiral, de fibra hueca, fotografías y catálogos de distintas RR II, diverso equipamiento, etc.
Los alumnos reciben el primer día de clase material impreso sobre la organización de la cátedra, contenido analítico de la asignatura, la totalidad de las Series de Problemas a resolverse, sus correlativas para el cursado y la aprobación, cronograma a desarrollar, bibliografía a utilizarse, tablas de datos, esquemas 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. Está previsto un máximo de dos exámenes recuperatorios por cada uno, de acuerdo a la reglamentación de la UTN.
- Tomar un examen final, teórico-práctico, escrito y oral, para la aprobación de la asignatura.

Requisitos de aprobación directa

Aprobar las instancias de exámenes parciales con calificación 8 (ocho) o superior en cada instancia y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente.
Está previsto 1 (un) examen recuperatorio total para alcanzar la calificación mínima de promoción. La nota obtenida en dicho recuperatorio reemplaza a la nota alcanzada en la instancia de evaluación parcial.

Requisitos de regularidad

Aprobar las instancias de exámenes parciales 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

La asignatura del mismo Nivel con las que la asignatura Diseño de Equipos (DdE) se articula horizontalmente, los temas relacionados y los núcleos temáticos de (DdE) involucrados son:

<u>Integración V</u>:

Temas relacionados: Estimación de dimensiones de equipos y servicios para su costeo aproximado

Núcleos temáticos: Diseño de torres de adsorción, equipos con membranas.

Las otras materias del Tercer y Cuarto Nivel con las que la asignatura Diseño de Equipos (DdE) se articula verticalmente, los temas relacionados y los núcleos temáticos de (DdE) involucrados son:

Fisicoquímica:
Temas relacionados: Equilibrio de fases en sistemas gas-sólido. Capilaridad y tensión superficial. Adsorción.
Núcleos temáticos: Diseño de torres de adsorción. Determinación de propiedades de sólidos porosos
Operaciones Unitarias II:
Temas relacionados: Transferencia de masa sin reacción química. Secado de sólidos Núcleos temáticos: Diseño de torres de adsorción. Diseño de equipos de separación por membranas. Secadores de gases.
Ingeniería de las Reacciones:
Temas relacionados: Transferencia de masa con y sin reacción química. Flujo pistón disperso. Catálisis
Núcleos temáticos: Diseño de torres de adsorción.
Fenómenos de Transporte:
Temas relacionados: Transferencia de masa y calor en interfases (películas) y en sólidos. Pérdida de carga en medios granulados y en capilares.
Núcleos temáticos: Diseño de torres de adsorción. Diseño de equipos de separación por membranas.
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 h cátedra
1	8
2	8
3	14
4	18
5	8
6	8
7	8
8	10
9	8
10	6

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- American Water Works Assoc. Odendaal. P. E., Wiesner, M. R., & Mallevialle, J. (Eds.). (1998). *Tratamiento del agua por procesos de membrana*. McGraw Hill.
- 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. (1979-1988). *Ingeniería química*. (Vols. 1-2). Reverté.
- Coulson, J. M. y Richardson, J. F. (1999-2002). *Chemical engineering*. (Vols. 1-2). Butterworth Heinemann.
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Compañía Editorial Continental S.A.
- Geankoplis, C. J. (2006). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación (incluye operaciones unitarias)*. Compañía Editorial Continental S. A.
- Ludwig, E. E. (2001). A*pplied process design for chemical and petrochemical plants*. (Vol. 1). Gulf Publishing Company.
- McCabe, W. L., Smith, J. C. y Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. McGraw Hill.
- Ruthven, D. M. (1984). *Principles of adsorption and adsorption processes.* John Wiley & Sons.
- Sherwood, T. K., Pigford, R. L. y Wilke C. R. (1979). *Transferencia de masa*. Géminis.
- Sinnot, R. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering design*. (Vol. 6). Butterworth-Heinemann.
- Sinnot, R., & Towler, G. (2019). *Coulson and Richardson's chemical engineering series: chemical engineering design*. Butterworth-Heinemann.
- Taylor, R., & Krishna, R. (1993). *Multicomponent mass transfer*. John Wiley & Sons.
- Treybal, R. E. (2000). *Operaciones de transferencia de masa*. McGraw-Hill Interamericana.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Geankoplis, C. J. (1972). *Mass transport phenomena*. Ohio State University Bookstore.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations*. Prentice Hall.
- Ludwig, E. E. (1995-1993-1993). *Applied process design for chemical and petrochemical plants*. (Vols. 1-2-3). Gulf Professional Publishing.