



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
Departamento: Ingeniería de Procesos
Area: Procesos Físicos

(Programa del año 2021)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Operaciones Unitarias 3	INGENIERÍA QUÍMICA	024/1 2-19/ 15	2021	1° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
MIRO, SILVIA MARCELA	Prof. Responsable	P.Adj Simp	10 Hs
AMBROGGIO, MAURICIO NAHUEL	Auxiliar de Práctico	JTP Exc	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	4 Hs	5 Hs	1 Hs	10 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
05/04/2021	08/07/2021	15	150

IV - Fundamentación

La Ingeniería Química tiene por objetivo concebir, calcular, proyectar, hacer construir y lograr que funcionen eficazmente los distintos equipos e instalaciones destinadas a preparar los reaccionantes, hacer que éstos reaccionen y separar los productos resultantes de las reacciones químicas. En la práctica, siempre estas tres etapas generales implican transferencia de materia entre fases. Una parte importante de las Operaciones Unitarias en Ingeniería Química son las denominadas operaciones de separación que están relacionadas por el hecho de que todas ellas implican transferencia de materia entre fases distintas. Éstas tienen por objetivo la separación de los componentes o grupos de componentes de una mezcla originalmente homogénea, haciendo posible el paso de alguno o algunos de ellos a una segunda fase con la que aquélla se pone en contacto. Esta segunda fase puede formarse a partir de la primera cambiando las condiciones de presión y temperatura o estar constituida por una nueva sustancia ajena a la mezcla o fase original.

En este curso nos centraremos en las separaciones que pueden analizarse como procesos en etapa de equilibrio.

En la industria química, en general, el porcentaje de capital invertido en instalaciones para el desarrollo de las operaciones de separación es muy elevado, llegando a alcanzar un 60 a 70 por ciento en la industria del petróleo. Por lo tanto, el estudio de la transferencia de materia y el de las operaciones unitarias que se basan en ella, afecta al equipo más costoso de la moderna industria química.

Al concluir el desarrollo del curso se espera que el alumno reconozca los equipos de transferencia de materia y de transferencia simultánea de energía y materia empleados en la industria de procesos, que sea capaz de seleccionarlos,

verificarlos, diseñarlos y optimizarlos, y que reconozca las variables involucradas en cada operación. Ello basándose en pautas de eficacia, seguridad y economía.

La asignatura Operaciones Unitarias 3 se ubica en el área temática Profesional Específica, en la cual se desarrollan los conocimientos fundamentales que identifican el perfil profesional del Ingeniero Químico.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Aplicar los principios de las Operaciones Unitarias para el diseño de equipos de transferencia de materia. Diseño de Operaciones Unitarias basadas en el equilibrio.

Analizar equipos de contacto continuo (columnas empacadas) Analizar equipos de contacto discreto (por etapas)

Analizar y dimensionar columnas para absorción de un solo componente en columnas empacadas o por etapas para sistemas isotérmicos y no isotérmicos

Analizar y dimensionar equipos para humidificación

Analizar y dimensionar columnas de destilación para sistemas binarios y multicomponentes, tipo flash, batch y continua

Analizar y dimensionar equipos para la extracción líquido-líquido de un solo componente

Analizar y dimensionar equipos para la extracción sólido-líquido de un solo componente Analizar y dimensionar equipos para el secado

VI - Contenidos

Las clases de teoría, las clases prácticas y las clases de consulta se desarrollarán de manera virtual y sincrónica, a través de la plataforma Meet. Se comunicará a los alumnos el link de ingreso antes de cada clase a través de un grupo de Whatsapp creado a los efectos de una comunicación rápida y fluida. El material de estudio se pondrá a disponibilidad de los alumnos en la plataforma Claroline.

Unidad 1.- Introducción a las Operaciones de Transferencia de Materia.

Operaciones Unitarias de Transferencia de Materia, campos de aplicación, importancia económica. Fundamentos de la transferencia de materia por etapas de equilibrio. Equilibrio entre fases. Operación, alimentación, agente de separación, productos. Arreglos de fases. Tipos de etapas: mezcla, contracorriente, cocorriente, flujos cruzados. Factor de separación (inherente y global). Factor y eficiencia de la separación. Revisión de Conceptos fundamentales: Balance de materia, Balance de energía y Equilibrio. Resolución de problemas.

Unidad 2.- Absorción.

Caracterización de la absorción. Planteo del problema. Solubilidad de gases en líquidos en el equilibrio. Soluciones líquidas ideales y no ideales. Elección del solvente. Factor de absorción. Absorción y desorción. Tipos de equipos de contacto gas-líquido y su selección. Torres de platos. Torres rellenas Tipos de relleno. Pérdida de carga de la torre. Cálculo del diámetro y altura de la columna. Cálculo de unidades de transferencia. Concepto de eficiencia. Número de etapas teóricas y reales. Soluciones diluidas. Absorción en régimen no isotérmico, esquema de cálculo riguroso, simplificaciones usuales. Resolución de problemas.

Unidad 3.- Humidificación.

Principios de la operación. Aplicaciones industriales. Psicrometría. Diagramas. Temperatura de bulbo húmedo. Relación de Lewis. Sistema aire-agua. Operaciones Adiabáticas. Transferencia simultánea de energía y materia. Enfriamiento de agua con aire. Evolución de la temperatura del gas en equipos de humidificación y dehumidificación. Equipos. Torres de enfriamiento. Resolución de problemas.

Unidad 4.- Destilación.

Introducción. Campo de aplicación. Equilibrio líquido-vapor: sistemas ideales y no ideales, binarios y multicomponentes. Destilación en una etapa. Destilación flash de sistemas binarios y multicomponentes. Selección de condiciones de operación. Equipos utilizados. Resolución de problemas
Destilación diferencial. Destilación discontinua en sistemas binarios, Ecuación de Rayleigh. Resolución de problemas.
Destilación continua en sistemas binarios. Descripción de los equipos usuales. Cálculo del número de etapas ideales: esquema general de cálculo. Cálculo del número de etapas teóricas: Método riguroso de Ponchon – Savarit y Método aproximado de McCabe – Thiele. Concepto de relación de reflujo mínima y de número mínimo de etapas. Ubicación de la bandeja de alimentación, reflujo óptimo. Variantes: condensador total, parcial, uso de vapor vivo, corrientes de alimentación y

extracciones laterales múltiples. Resolución de problemas.

Destilación continua en sistemas múltiples. Esquema de cálculo. Clave liviano y clave pesado. Métodos aproximados.

Unidad 5.- Extracción Líquido-Líquido.

Principios teóricos en los que se basa la operación. Campo de aplicación. Información de equilibrio. Diagramas ternarios. Diagrama de Janecke. Criterio en la selección del solvente. Operación en etapa única. Análisis usando diagramas triangulares y libre de solvente. Límites de operación. Operación en etapas múltiples: corriente cruzada, contracorriente sin y con reflujo. Resolución utilizando diagramas triangular y libre de solvente. Condiciones límites en cada caso. Contacto continuo. Equipos. Resolución de problemas.

Unidad 6.- Extracción Líquido-Sólido.

Principios de la operación. Equilibrio líquido-sólido. Casos específicos. Campo de aplicación. Elección del solvente. Métodos de operación y cálculo. Etapa única. Multietapas, corrientes cruzadas, contracorriente. Equipos. Resolución de problemas.

Unidad 7.- Secado

Principios de la operación. Curva de equilibrio. Ensayos de secado. Curva de secado. Velocidad y mecanismo de secado por lotes. Movimiento de la humedad dentro del sólido; mecanismos: difusión del líquido y movimiento capilar. Cálculo del tiempo de secado. Secado por circulación tangencial y transversal. Secado continuo. Secado a alta y baja temperatura. Resolución de problemas

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Los problemas que se plantean en los trabajos prácticos de aula, hacen hincapié en una comprensión básica de los conceptos que gobiernan la selección, comportamiento y cálculo de los procesos de separación basados en transferencia de materia y en transferencia simultánea de energía y materia.

Algunos problemas son del tipo de discusión cualitativa: sirven para ampliar la comprensión del estudiante de los conceptos básicos e incrementar la capacidad de interpretar y analizar nuevas situaciones con éxito.

La mayoría de problemas están basados en procesos reales específicos y en situaciones de procesado reales.

Los Trabajos Prácticos de la asignatura consistirán de la resolución de problemas, aplicando los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. Se usará software apropiado en los casos que se requiera.

Realización de los siguientes trabajos prácticos de laboratorio (sujeta a las posibilidades según la situación sanitaria por COVID-19):

Determinación de las características psicrométricas del aire

Extracción sólido-líquido batch en lazo abierto

Secado de un material y construcción de una curva de secado

NORMAS GENERALES DE TRABAJO LABORATORIO DE PROCESOS FÍSICOS

No permitir el acceso a personas ajenas al laboratorio.

No ingerir alimentos y/o bebidas en el lugar en el cual se realizan los trabajos experimentales. No tener encendidos teléfonos móviles.

Limpiar inmediatamente derrame de líquidos y sólidos sobre las mesadas o el piso. Dejar limpia el área de trabajo al terminar las actividades.

No operar un equipo desconocido sin supervisión.

Tomar las precauciones correspondientes al operar equipos. No usar ropa suelta.

Usar calzado cerrado.

Evitar el uso de lentes de contacto durante el desarrollo de las experiencias. Recogerse el cabello al entrar en el laboratorio.

Usar anteojos de seguridad para proteger la vista de posibles explosiones y salpicaduras.

Evitar mirar por la boca de tubos de ensayos, balones u otros recipientes al trabajar en el laboratorio. Devolver las herramientas a su lugar al terminar el trabajo.

La comisión es responsable de la ruptura o pérdida de equipo o herramientas. No apoyarse en tuberías o equipos.

Avisar al docente a cargo del trabajo práctico en caso de observar fugas. No dirigir mangueras de aire comprimido o vapor a los compañeros.

Toda persona que ingrese al Laboratorio de Procesos Físicos es responsable de su seguridad, la de su equipo de trabajo y de no generar riesgos para otras personas e instalaciones.

MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EVITAR ACCIDENTES EN EL LABORATORIO

Durante el desarrollo de la práctica el alumno que trabaje en el laboratorio debe usar guardapolvo, zapatos cerrados, pantalón largo, gafas y guantes de seguridad. No se deben usar pantalones cortos, sandalias y/o prendas sueltas, pulseras, relojes, anillos, ni elementos insertados en el cuerpo, etc. que puedan atascarse o enredarse en equipos rotatorios.

Al terminar cada experimento, el grupo de trabajo deberá dejar perfectamente limpio y seco el equipo, material utilizado y área de trabajo, independientemente del estado en que lo encontró al inicio de la práctica.

A fin de que los grupos posteriores no se retrasen en su trabajo experimental, si por alguna razón el material con el cual han trabajado se daña, rompe o extravía durante el desarrollo del trabajo práctico, los alumnos del grupo de trabajo deberán reponerlo en hasta 7 días después de esa fecha. De no ser así, el grupo deudor quedará sin derecho a presentar los siguientes informes y sin derecho a calificación final hasta que el material sea devuelto o repuesto.

Los materiales generales deben manejarse siempre cuidadosamente de acuerdo a su peso, forma, volumen y/o composición. Todo material con peso superior a 25 kg debe transportarse con una carretilla específica para su transporte.

Los recipientes de volumen mayor a 25 L deben transportarse con estructuras especiales y no deben ser de vidrio o frágiles, para evitar que se rompan en su manipulación. Cuando se almacenan piezas de gran longitud (tuberías), los extremos de éstas no deben sobresalir hacia los pasillos o lugares de paso.

Los materiales susceptibles de descomposición o degradación deben almacenarse en lugares destinados expresamente para ellos, resguardándolos del frío y calor extremos. Los recipientes que contengan líquidos volátiles o inflamables deben guardarse en recipientes bien cerrados, no deben quedar expuestos a los rayos solares y lejos de las mesadas de trabajo, en lugares especialmente destinados para ellos.

Los solventes inflamables deben mantenerse alejados de mecheros encendidos.

Al almacenar reactivos, debe tenerse en cuenta su compatibilidad, rotulándolos claramente con su contenido y grado de toxicidad.

Las sustancias inflamables o tóxicas se deben manejar extremando las medidas de seguridad, evitando en lo posible su utilización, reemplazándolas por otras que cumplan una función similar (por ejemplo: no usar benceno, a menos que sea estrictamente necesario. Si se debe usar benceno como solvente, podría reemplazarse por tolueno).

Ninguna sustancia debe inhalarse directamente, deben llevarse los vapores hacia la nariz por medio de un ligero movimiento de la mano.

Los DOCENTES y los ALUMNOS deben conocer las principales propiedades de las sustancias químicas que manipulan, de este modo pueden tomar las medidas de seguridad adecuadas (ver fichas de datos de seguridad de los químicos). Algunas de estas propiedades son:

Toxicidad

Vías de ingreso al organismo

Concentración máxima permitida en el ambiente Estado de agregación en el que se debe manipular Punto de inflamación

Temperatura de auto ignición Límite de inflamación

Solubilidad en agua (CUIDADO en caso de incendio!) Reactividad química

Estabilidad térmica

Punto de fusión (PF) y punto de ebullición (PE) Presión de vapor a temperatura ambiente Antídotos

Antes de utilizar o desechar una sustancia química, debe consultarse la bibliografía adecuada y tomar las medidas de seguridad correspondientes.

Los grifos de agua y gas deben permanecer siempre cerrados excepto cuando se están usando.

Los equipos deben utilizarse con las herramientas adecuadas y en buen estado, y únicamente se usarán para el fin para el cual fueron diseñados.

En los sectores en los cuales pueda ocurrir acumulación de una atmósfera inflamable o tóxica, **NO DEBE REALIZARSE** ningún trabajo de reparación sin antes haber tomado las medidas específicas de seguridad para estos casos.

Los residuos sólidos generados durante la realización del trabajo experimental deben colocarse en los contenedores identificados para este fin, de acuerdo con el tipo de desecho que se produce en el laboratorio, y alejados del área de trabajo.

Los residuos líquidos, de acuerdo con el tipo de sustancia, podrían recuperarse para su posterior utilización (ejemplo: solventes orgánicos). No deben volcarse solventes en la pileta, sino en recipientes provistos para tal fin. Para ambas clases de desechos, líquidos y sólidos, en algunos casos puede ser necesario realizar un tratamiento químico para su disposición adecuada.

Los gases tóxicos o molestos se deben absorber en agua o en una solución acuosa adecuada (por ejemplo: cloruro de hidrógeno se absorbe haciéndolo burbujear en una solución acuosa de hidróxido de sodio), trabajando bajo campana extractora de gases.

Los residuos insolubles como papeles de filtro, trozos de varilla de vidrio (acondicionadas con papel), cerillas apagadas, tapones de corcho etc., se deben arrojar al recipiente de residuos adecuado, nunca en piletas o desagües.

Durante el desarrollo del trabajo práctico, los alumnos deben colocar sus pertenencias alejadas del área de trabajo.

Leer detenidamente la(s) Ficha(s) de datos de seguridad correspondiente(s) al(los) reactivo(s) y/o solvente(s) a emplear en el trabajo práctico previamente a la realización del mismo.

Toda muestra que se guarde en la heladera, congelador, u otro espacio adaptado para almacenar muestras, debe estar rotulada con la siguiente información:

Nombre y apellido del(los) alumno(s) y comisión. Fecha y periodo en que se mantendrá almacenada. Tipo de muestra.

Nombres de la asignatura y trabajo práctico. Docente responsable del trabajo práctico.

PRECAUCIONES CONTRA INCENDIOS

NO USAR UN MECHERO para destilar, calentar o evaporar solventes inflamables de pe inferior a 100 °C, tales como etanol, metanol, acetona, hexano, etc.

EXTINCION DE INCENDIOS

Es importante

Conocer la ubicación de los matafuegos en el laboratorio y saber utilizarlos. Recurrir al personal docente con urgencia.

NUNCA SE DEBE TRABAJAR SOLO EN EL LABORATORIO

Cualquier pequeño accidente no tendrá consecuencias si hay alguien que pueda prestar ayuda, pero puede tener consecuencias serias si no hay nadie cerca.

VIII - Regimen de Aprobación

Régimen para Alumnos Regulares

Asistencia al 80% de las clases de Trabajos Prácticos, el porcentaje de asistencia será sobre las clases de Trabajos Prácticos que incluye cada parcial.

Registrar los problemas en una carpeta donde el alumno asentará la metodología y resultados de los problemas resueltos en las clases de trabajos prácticos. Presentar los problemas de las clases de trabajos prácticos que se requiera.

Aprobación de tres evaluaciones parciales, las que tendrán dos instancias de recuperación cada una.

Las evaluaciones parciales abordarán cuestiones conceptuales teóricas y prácticas (resolución de problemas) e incluirán los temas desarrollados hasta una semana antes de la fecha indicada.

Fechas tentativas de las evaluaciones parciales:

Primer parcial 13/05/2021

Primera recuperación del primer parcial 20/05/2021

Segundo parcial 03/06/2021

Primera recuperación del segundo parcial 10/06/2021

Tercer parcial 24/06/2021

Primera recuperación del tercer parcial 01/07/2021

Segundas recuperaciones de los tres parciales en la semana del 05 al 08/07/2021

Todas las evaluaciones parciales se realizaran de forma remota. Se enviaran al correo electrónico de los alumnos, declarados al principio del curso, el día y hora establecidos. La resolución sera enviada por los alumnos como respuesta al correo recibido, en formato PDF, dentro del plazo de tiempo de resolución informado.

La comunicación del resultado del parcial se realizara por Meet, de manera individual, otorgando al alumno una instancia de reflexión sobre la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

Realización de los trabajos prácticos de laboratorio y aprobación de los correspondientes informes. Cada informe tendrá una oportunidad de corrección.

Aprobación de la siguiente actividad: realizar una búsqueda bibliográfica sobre fabricantes de equipos (catálogos) utilizados en las operaciones unitarias estudiadas. Presentando un informe y realizando una breve exposición del mismo ante sus compañeros y docentes.

Aclaración: el alumno que falte a alguna de estas actividades debe presentar en las 24 horas posteriores el certificado de enfermedad autenticado por el personal médico de Bienestar Universitario.

Examen Final para Alumnos Regulares

Constará de una parte práctica (escrita), que consistirá en la resolución de un problema de los temas del Programa Analítico (que incluyen resolución de problemas), cuya aprobación será imprescindible para acceder a la evaluación oral. La misma consistirá en la exposición de las Unidades de Examen sorteadas (dos), correspondientes al Programa de Examen.

Régimen para Alumnos Libres

Realización de los trabajos prácticos de laboratorio y aprobación de los correspondientes informes. El alumno deberá prever realizarlos al menos quince días antes de la fecha del examen.

La evaluación escrita consistirá en la resolución de problemas de los temas del Programa Analítico, cuya aprobación será imprescindible para acceder a la evaluación oral. La evaluación oral consistirá en la exposición de las Unidades de Examen sorteadas (dos), correspondientes al Programa de Examen.

Los criterios de corrección que se fijan para las distintas actividades son los siguientes:

- Manejo de conceptos y formulación del planteo del problema o la actividad
- Manejo de unidades
- Manejo de información
- Cálculo numérico y/o analítico según corresponda
- Capacidad de producción escrita. Organización de la actividad y presentación general

Programa de Examen

Unidad de Examen 1.- Corresponde a las Unidades 2 y 1

Unidad de Examen 2.- Corresponde a las Unidades 3 y 1

Unidad de Examen 3.- Corresponde a las Unidades 4 y 1

Unidad de Examen 4.- Corresponde a las Unidades 5 y 1

Unidad de Examen 5.- Corresponde a las Unidades 6 y 1

Unidad de Examen 6.- Corresponde a las Unidades 7 y 1

IX - Bibliografía Básica

- [1] Treybal Robert, Operaciones de Transferencia de Masa, Mc Graw – Hill, 1980. Ejemplares disponibles ocho.
- [2] King C. J., Procesos de Separación, Editorial Reverté, 1980. Ejemplares disponibles dos.
- [3] Henley Ernest y Seader J.. Operaciones de Separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química (2e), Editorial REVERTE, 1998. Ejemplares disponibles ocho.
- [4] Wankat P, Ingeniería de procesos de Separación, Editorial Pearson Educación (edición segunda), 2008. Ejemplares disponibles tres.
- [5] Perry Robert Edición 5e, 6e, 7e ú 8e, Manual del Ingeniero Químico, Editorial Mc Graw – Hill. Ejemplares disponible doce.

X - Bibliografía Complementaria

- [1] Schweitzer P, Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers 3e, Editorial Mc Graw- Hill, 1996. Un ejemplar.
- [2] Kister Henry, Distillation Design Editorial Mc Graw Hill, 1992. Un ejemplar.
- [3] Holland Charles, Fundamentos de destilación de mezclas multicomponentes 3e, Editorial LIMUSA, 1988. Ejemplares disponibles dos.
- [4] Van Winkle M, Distillation, Editorial Mc Graw Hill, 1967. Un ejemplar.
- [5] Sherwood Thomas, Pigford Robert y Wilke Charles, Transferencia de masa, 1979. Ejemplares disponibles tres.
- [6] Foust A. y otros, Principios de Operaciones Unitarias, Editorial John Wiley, 1985. Ejemplares disponibles cuatro.
- [7] Costa Novella E y otros, Ingeniería Química - 5 Transferencia de materia. 1ra Parte, Editorial Alhambra, 1988. Un ejemplar.
- [8] Ruthven Douglas (Editor) - Kirk-Othmer Encyclopedia-, Encyclopedia of Separation, Editorial John Wiley and Sons, 1997. Un ejemplar
- [9] Marcilla Gomis A., Introducción a las Operaciones de Separación Contacto Continuo, Editorial Textos Universtarios, 1999. Ejemplar disponible en la asignatura
- [10] Marcilla Gomis A., Introducción a las Operaciones de Separación Cálculo por etapas de equilibrio, Editorial Textos Universitarios, 1998. Ejemplar disponible en la asignatura

[11] Martínez de la Cuesta P.J., Operaciones de Separación en Ingeniería Química. Métodos de Cálculo, Editorial Prentice Hall, 2004. Un ejemplar disponible.

[12] Smith J. y Van Ness H., Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química (5e ó 7e), Editorial Mc Graw Hill, 2007. Ejemplares disponibles siete

[13] Ludwig E., Applied process design for chemical and petrochemical plants, Editorial Houston Gulf Pub, 1984. Un ejemplar

XI - Resumen de Objetivos

Al concluir el desarrollo del curso se espera que el alumno reconozca los equipos de transferencia de materia y transferencia simultánea de energía y materia empleados en la industria de procesos, que sea capaz de seleccionarlos, verificarlos, diseñarlos y optimizarlos, y que reconozca las variables involucradas en cada operación. Ello basándose en pautas de eficacia, seguridad, economía y respeto del medio ambiente.

La asignatura Operaciones Unitarias III/3 se ubica en el área temática Profesional Específica, en la cual se desarrollan los conocimientos fundamentales que identifican el perfil profesional del Ingeniero Químico.

XII - Resumen del Programa

Unidad 1.- Introducción a las Operaciones de Transferencia de Materia

Unidad 2.- Absorción

Unidad 3.- Humidificación

Unidad 4.- Destilación

Unidad 5.- Extracción Líquido-Líquido

Unidad 6.- Extracción Líquido-Sólido

Unidad 7.- Secado

XIII - Imprevistos

XIV - Otros