



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 2025)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 11/03/2025 19:26:33)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Operaciones Unitarias 3	INGENIERÍA QUÍMICA	OCD N° 21/20 22	2025	1° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
MIRO, SILVIA MARCELA	Prof. Responsable	P.Adj Simp	10 Hs
BLANCO, JUAN CARLOS AGUSTIN	Responsable de Práctico	JTP Simp	10 Hs
ACHAD, MARIA GABRIELA	Auxiliar de Práctico	A.1ra Exc	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
0 Hs	3 Hs	5 Hs	1 Hs	9 Hs

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

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
13/03/2025	24/06/2025	15	135

IV - Fundamentación

Las operaciones de transferencia de materia tienen como objetivo la separación de uno o más componentes de una mezcla homogénea. Esta separación es posible cuando una mezcla homogénea se pone en contacto con una sustancia adecuada en otra fase o cuando una mezcla se somete a un cambio de fase por la modificación de la presión y/o temperatura del sistema. En la industria, en general, el porcentaje de capital invertido en instalaciones para el funcionamiento de las operaciones de separación es muy elevado, llegando a alcanzar desde un 60 a un 70% en la industria química.

Durante el cursado de la asignatura Operaciones Unitarias 3 se abordan temas referidos a las operaciones unitarias de transferencia de materia y transferencia simultánea de materia y energía entre fases. En este curso nos centraremos en las separaciones que pueden analizarse como procesos en etapas de equilibrio, mediante la aplicación de los fundamentos de la transferencia de materia y energía, utilizando los criterios adecuados y los métodos de cálculo a los fines del diseño y selección de equipos.

La asignatura aporta al perfil de egreso en los siguientes aspectos:

Identificar, formular y resolver problemas

Utilizar y adoptar de manera efectiva las técnicas, instrumentos y herramientas de aplicación.

Aplicar conocimientos de las ciencias básicas de la ingeniería y de las tecnologías básicas.
Planificar y realizar ensayos y/o experimentos y analizar e interpretar resultados.
Evaluar críticamente órdenes de magnitud y significación de resultados numéricos.
Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
Comunicarse con efectividad en forma escrita, oral y gráfica.
Manejar el idioma inglés con suficiencia para la comunicación técnica.
Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
Aprender en forma continua y autónoma.
Actuar con espíritu emprendedor y enfrentar la exigencia y responsabilidad propia del liderazgo.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Al finalizar el curso se espera que el alumno logre:
Aplicar los principios de las Operaciones Unitarias para el diseño de equipos de transferencia de materia y transferencia simultánea de materia y energía, bajo condiciones de equilibrio.
Seleccionar operaciones de separación para la separación de mezclas gaseosas, líquidas y sólidas, según la naturaleza del sistema.
Asociar las variables del proceso, el equilibrio del sistema y las condiciones de la operación de separación para el dimensionamiento del equipo, de acuerdo a las especificaciones de las materias primas y productos.
Dimensionar los equipos de separación y de sus accesorios a los fines del diseño o selección, aplicando los métodos de cálculo apropiados.
Analizar las dimensiones de los equipos para la evaluación de la influencia sobre los costos fijos y variables, de acuerdo a las condiciones límites de la operación de separación.

VI - Contenidos

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. Operación, alimentación, agente de separación, productos. Tipos de etapas: mezcla, contracorriente, co-corriente, flujos cruzados. Factor de separación (inherente y global). Factor y eficiencia de la separación.

Unidad 2: Absorción. Principios de la operación. Aplicaciones industriales. 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. Cálculo de unidades de transferencia. Pérdida de carga de la torre. Cálculo del diámetro de la columna y altura del relleno. Concepto de eficiencia. Número de etapas teóricas y reales. Soluciones diluidas.

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. Equipos. Torres de enfriamiento.

Unidad 4: Destilación. Principios de la operación. Aplicaciones industriales. Destilación flash: Selección de condiciones de operación, equipos utilizados. Destilación diferencial: Destilación discontinua en sistemas binarios, ecuación de Rayleigh. Destilación continua en sistemas binarios: Descripción de los equipos usuales, cálculo del número de etapas ideales mediante el método de Ponchon – Savarit y el método de McCabe – Thiele. Relación mínima de reflujo. Número mínimo de etapas. Ubicación de la bandeja de alimentación, reflujo óptimo. Variantes: condensador total, condensador parcial, uso de vapor vivo, corrientes de alimentación múltiples. Destilación Molecular. Fundamentos y aplicaciones. Equipo.

Unidad 5: Extracción Líquido Líquido: Principios teóricos en los que se basa la operación. Campo de aplicación.

Equilibrio entre fases. Selección del solvente. Operación en etapa única. Límites de operación. Operación en etapas múltiples: corriente cruzada, contracorriente sin y con reflujo. Equipos.

Unidad 6: Extracción Sólido Líquido: Principios de la operación. Aplicaciones industriales. Elección del solvente. Métodos de operación y cálculo. Etapa única. Multietapas, corrientes cruzadas, contracorriente. Equipos. Extracción sólido líquido asistida con ultrasonido.

Unidad 7: Secado: Principios de la operación. Aplicaciones industriales. 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 lotes. Secado continuo.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Durante el curso se desarrollan las siguientes actividades prácticas:

Trabajos prácticos de aula: Consisten en la resolución de problemas basados en procesos específicos. Para su resolución es necesaria una comprensión de los conceptos que gobiernan la selección, comportamiento y cálculo de las operaciones de transferencia de materia y de transferencia simultánea de energía y materia.

Para ello los estudiantes disponen de una guía de trabajos prácticos donde se presentan problemas para resolver y que, además, incluye discusiones cualitativas con el fin de ampliar la comprensión de los conceptos básicos e incrementar la capacidad de interpretar y analizar las situaciones con éxito.

Al inicio de cada clase práctica, el estudiante realiza un cuestionario para autoevaluar los conocimientos necesarios a fin de abordar los problemas propuestos.

En cada clase se asignan actividades a cada alumno para su presentación, a los fines de realizar una devolución por parte de los docentes. Esta retroalimentación tiene como objetivo reforzar y corregir los aspectos para alcanzar los resultados de aprendizaje.

Las guías de trabajos prácticos de aula se organizan de la siguiente manera:

TP 1: Absorción

TP 2: Humidificación

TP 3: Destilación en equilibrio

TP 4: Destilación discontinua

TP 5: Destilación binaria continua

TP 6: Extracción Líquido Líquido

TP 7: Extracción Sólido Líquido

TP 8: Secado

Esta actividad se evalúa de manera continua a través de cuestionarios con preguntas teóricas antes de comenzar la clase, con la presentación de los problemas resueltos que se requieran y mediante exámenes parciales, en que el alumno aborda la resolución de problemas que contemplan los temas desarrollados hasta la semana previa. La modalidad del parcial es a libro abierto y su evaluación se realiza aplicando los siguientes criterios:

Manejo de conceptos y formulación del planteo

Manejo de unidades

Manejo de información

Cálculo numérico y/o analítico

Capacidad para la producción escrita

Fechas tentativas

Primer Parcial: 24/4/2025 – Incluye los TP 1 y 2

Segundo Parcial: 22/5/2025 – Incluye los TP 3, 4 y 5

Tercer Parcial: 12/6/2025 – Incluye los TP 6, 7 y 8

Las clases de consulta se llevan a cabo bajo la modalidad presencial, y en algunos casos de modo virtual de manera sincrónica. Los horarios de consulta se encuentran en la planilla de horarios frente a alumnos en la puerta del Box 8 y son informados al inicio del curso.

Seminario: Se realiza mediante la exposición de los alumnos, de manera grupal, quienes proponen un tema relacionado a equipos, accesorios, materiales utilizados como agentes de extracción, fabricantes de equipos, etc, sirviéndose de los recursos disponibles (bibliografía, sitios web, catálogos, revistas, material audio-visual, etc.) La tarea debe ser presentada en formato digital e impreso en no más de 3 (tres) páginas y mediante una presentación oral ante sus compañeros y docentes. Se evalúa la organización de la presentación, el lenguaje utilizado y el tema elegido.

Trabajos prácticos de laboratorio: Al inicio del curso se realiza una visita al laboratorio de Transferencia de Masa para que los alumnos se interioricen con las normas de seguridad y el equipamiento. Los trabajos prácticos de laboratorio consisten de actividades para la aplicación de los fundamentos y los conceptos que gobiernan las operaciones de separación estudiadas. Las actividades a realizar se presentan en guías de trabajos prácticos de laboratorio. Estas actividades requieren haber realizado la guía de problemas correspondiente y una lectura minuciosa sobre la ejecución del práctico propuesto. Los estudiantes, en grupos de 3 integrantes, deben seguir los lineamientos indicados en estas guías y deben proponer un plan de trabajo, las funciones de cada uno en la tarea y el tratamiento de los datos para abordar a las conclusiones.

Se desarrollan los siguientes prácticos de laboratorio:

Determinación de propiedades psicrométricas del aire

Enfriamiento de agua en torre de enfriamiento (si se encuentre en funcionamiento la torre de enfriamiento de la Planta Piloto)

Extracción sólido líquido configuración batch en lazo abierto

Extracción sólido líquido asistida con ultrasonido

Secado de un material y construcción de una curva de secado

Luego de cada experiencia, el grupo debe presentar un informe que contemple los siguientes aspectos: breve introducción teórica, materiales y métodos empleados, resultados (numéricos, gráficos) análisis de resultados y las conclusiones.

Visitas a plantas industriales: Siempre y cuando la situación sanitaria y posibilidad económica lo permita, se realizan visitas a plantas que en su proceso productivo involucren las operaciones de separación tratadas en esta asignatura. Estas visitas apuntan a que el estudiante tome conocimiento y se forme un criterio sobre las características reales a escala industrial en cuanto a dimensiones, condiciones operativas del proceso, volumen procesado, normas que regulan la actividad, etc. Los alumnos preparan con antelación una serie de preguntas oportunas a la visita y presentan el informe correspondiente.

VIII - Regimen de Aprobación

Metodología de dictado del curso: El curso se desarrolla con el dictado de clases de teoría en la que el profesor expone el tema procurando la participación de los alumnos apelando a sus conocimientos previos. Las actividades prácticas se describen en el apartado VII

Condiciones para regularizar el curso: A los fines de regularizar el curso, el alumno debe cumplir con al menos el 80% de asistencia a las clases de práctica de aula, participación activa en el seminario, asistencia al 100% de las prácticas de laboratorio, asistencia a las visitas a plantas industriales realizadas. Se justificará la inasistencia si mediaran razones de salud. Además el alumno debe aprobar

- Tres evaluaciones parciales, con al menos 70 puntos cada una
- Los problemas resueltos solicitados
- Los informes de laboratorio y de las visitas a plantas industriales
- El seminario

Régimen de aprobación con examen final: La aprobación del curso se rige según el artículo 35 de la Ordenanza CS 13/03 - Régimen Académico.

El examen final consiste de una parte práctica escrita de resolución de un problema y de una parte teórica oral. La aprobación de la parte escrita es necesaria para acceder a la evaluación oral. La evaluación oral consiste de la exposición de dos Unidades de Examen sorteadas, correspondientes al Programa de Examen.

La aprobación del examen final se basa en una evaluación sumativa entre el examen final escrito, la exposición oral y el desempeño del estudiante durante la cursada.

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

Régimen de promoción sin examen final: El curso no contempla régimen de promoción

Régimen de aprobación para estudiantes libres: El curso no contempla régimen de aprobación para estudiantes libres

IX - Bibliografía Básica

- [1] Treybal R, Operaciones de Transferencia de Masa, McGraw-Hill, 1980. King C.J., Procesos de Separación, Editorial Reverté, 1980. Siete ejemplares disponibles en Biblioteca VM. Ejemplar digital en la asignatura
- [2] Henley E y Seader J. Operaciones de Separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química (2e), Editorial REVERTE, 1998. Ocho ejemplares disponibles en Biblioteca VM. Ejemplar digital en la asignatura
- [3] Wankat P, Ingeniería de procesos de separación, Editorial Pearson Educación (edición segunda), 2008. Tres ejemplares disponibles en Biblioteca VM. Ejemplar digital en la asignatura
- [4] McCabe W L, Smith JC, Harriott P. 2007. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Séptima edición, MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, México, D.F. Tres ejemplares disponibles en Biblioteca VM, tres. Ejemplar digital en la asignatura
- [5] Perry R. Edición 5e, 6e, 7e y 8e, Manual del Ingeniero Químico, Editorial McGraw-Hill. Doce ejemplares disponibles en Biblioteca VM. Ejemplar digital en el aula de cómputos
- [6] Celaya L S, Viturroa C I, Silva L R., Moreno S, 2016. Natural antioxidants isolated from Schinus areira leaves by ultrasound - assisted extraction. International Journal of Food Studies. Volume 5 pages 167-179. Disponible ejemplar digital en la asignatura.
- [7] Miró S, 2018. Tecnología de Destilación Molecular: Modelado Matemático y Aplicación a la Revalorización de Subproductos de la Industria de Producción de Bioalcohol. Tesis del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería FI-UNRC. Disponible ejemplar digital en la asignatura

X - Bibliografía Complementaria

- [1] SchweitzerP, Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers 3e, Editorial McGraw-Hill, 1996. Un Ejemplar disponible en Biblioteca VM.
- [2] Abulencia J. Pand TheodoreL. Open-Ended Problems A Future Chemical Engineering Education. 2015 by Scrivener Publishing LLC., Salem, Massachusetts. Disponible en formato digital en la asignatura.
- [3] Sherwood T, Pigford Robert y Wilke Charles, Transferencia de masa, 1979. Ejemplares disponibles en Biblioteca VM, tres.
- [4] Foust A. y otros, Principios de Operaciones Unitarias, Editorial John Wiley, 1985. Ejemplares disponibles en Biblioteca VM, cuatro. Disponible en formato digital en el drive de la asignatura.
- [5] Scenna NJ, 2010. Modelado, Simulación y Optimización de procesos Químicos. UTN Facultad Regional Rosario- CONICET: Ingar. Disponible en formato digital en la asignatura.
- [6] Geankoplis C J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias (incluye operaciones unitarias), cuarta edición. Compañía Editorial Continental. México 2006. Ejemplares disponibles en Biblioteca VM, cinco. Disponible en formato digital en el drive de la asignatura.
- [7] Costa Novella E y otros, Ingeniería Química-5 Transferencia de materia. 1raParte, Editorial Alhambra, 1988. Un Ejemplar disponible en Biblioteca
- [8] Marcilla Gomis A., Introducción a las Operaciones de Separación Contacto Continuo, Editorial Textos Universitarios, 1999. Ejemplar disponible en la asignatura. Ejemplar digital en la asignatura
- [9] Marcilla Gomis A., Introducción a las Operaciones de Separación Cálculo por etapas de equilibrio, Editorial Textos Universitarios, 1998. Ejemplar disponible en la asignatura. Ejemplar digital en la asignatura
- [10] Martínez de la Cuesta PJ., Operaciones de Separación en Ingeniería Química. Métodos de Cálculo, Editorial Prentice Hall, 2004. Ejemplar digital en la asignatura

XI - Resumen de Objetivos

Aplicar los principios de las Operaciones Unitarias para el diseño de equipos de transferencia de materia y transferencia simultánea de materia y energía
Seleccionar operaciones de separación para la separación de mezclas gaseosas, líquidas y sólidas
Asociar las variables del proceso, el equilibrio del sistema y las condiciones de la operación de separación para el dimensionamiento del equipo
Dimensionar los equipos de separación y de sus accesorios a los fines del diseño o selección
Analizar las dimensiones de los equipos para la evaluación de la influencia sobre los costos fijos y variables

XII - Resumen del Programa

Unidad1: 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 Sólido Líquido
Unidad 7: Secado

XIII - Imprevistos

En caso de la imposibilidad de asistencia presencial, por causas de público conocimiento y afectación masiva, se implementarán clases sincrónicas con presencialidad remota. Aplicable a clases de teoría, clases prácticas de aula y clases de consulta

XIV - Otros

Aprendizajes Previos
Plantear y resolver problemas
Aplicar cálculo diferencial e integral, herramientas de álgebra lineal y métodos numéricos
Utilizar software de cálculo
Reconocer y utilizar unidades apropiadas a las magnitudes involucradas
Conocer y buscar propiedades termodinámicas de líquidos y gases
Elaborar diagramas de equilibrio entre fases y de solubilidad
Plantear balances de materia y energía, en estado estacionario y no estacionario
Comprender y aplicar los conceptos básicos de transferencia de materia y energía
Seleccionar y calcular coeficientes de transferencia de materia y de energía
Elaborar de informes de laboratorio
Realizar búsqueda bibliográfica
Comunicarse con el lenguaje apropiado
Interpretar textos técnicos en inglés
Trabajar en equipo

Detalles de horas de la intensidad de la formación práctica

Las horas de práctica se pueden distribuir como sigue

Resolución de problemas: 60 h

Prácticas de laboratorio: 10 h Visitas a planta industrial: 5 h

Seminario, Autoevaluaciones y Evaluaciones: 10 h

Resolución Problemas de Ingeniería con utilización de software específico: 5 h

Aportes del curso al perfil de egreso:

Identificar, formular y resolver problemas (Nivel 3)

Concebir, diseñar, calcular, analizar y desarrollar proyectos (Nivel 2)

1.6. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene, seguridad, impacto ambiental y eficiencia energética (Nivel 2)

2.1. Utilizar y adoptar de manera efectiva las técnicas, instrumentos y herramientas de aplicación (Nivel 2)

2.2. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (Nivel 2)

- 2.3. Considerar y actuar de acuerdo con disposiciones legales y normas de calidad (Nivel 2)
- 2.4. Aplicar conocimientos de las ciencias básicas de la ingeniería y de las tecnologías básicas (Nivel 3)
- 2.5. Planificar y realizar ensayos y/o experimentos y analizar e interpretar resultados (Nivel 2)
- 2.6. Evaluar críticamente órdenes de magnitud y significación de resultados numéricos (Nivel 2)
- 3.1. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo multidisciplinarios (Nivel 2)
- 3.2. Comunicarse con efectividad en forma escrita, oral y gráfica (Nivel 2)
- 3.3. Manejar el idioma inglés con suficiencia para la comunicación técnica (Nivel 2)
- 3.4. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global (Nivel 2)
- 3.5. Aprender en forma continua y autónoma (Nivel 2)
- 3.6. Actuar con espíritu emprendedor y enfrentar la exigencia y responsabilidad propia del liderazgo (Nivel 2)

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA

	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	