



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 2026)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 31/07/2026 09:34:47)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Fenómenos de Transporte	INGENIERÍA QUÍMICA	OCD N° 21/20 22	2026	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
AUBERT, MONICA SILVIA	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
MICCOLO, MARIA EUGENIA	Prof. Responsable	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	4 Hs	1 Hs	9 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
03/08/2026	13/11/2026	15	135

IV - Fundamentación

Es absolutamente esencial comprender los fundamentos que gobiernan los fenómenos presentes en los procesos a los que los ingenieros se enfrentan a diario, debido a la necesidad apremiante de nuevas tecnologías eficientes y sostenibles. Los ingenieros químicos deben comprender cómo fluyen los fluidos, cómo se transporta la energía y cómo se difunden las especies químicas a través de los materiales, además de poder calcular el valor de estos flujos para poder diseñar, analizar, operar y optimizar procesos químicos, fisicoquímicos y biológicos. Este curso introduce estos conceptos básicos, los cuales son fundamentales para asignaturas posteriores como Operaciones Unitarias, Ingeniería de las Reacciones Químicas, Fundamentos de Bioingeniería y Preservación de Alimentos, entre otros.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Los objetivos de aprendizaje son los siguientes:

- RA1. Identifica los mecanismos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y materia presentes en procesos de ingeniería química.
- RA2. Formula e interpreta ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento, energía y materia.
- RA3. Aplica las leyes fundamentales de transporte para modelar fenómenos de transferencia.

- RA4. Estima propiedades de transporte relevantes para el análisis de procesos.
- RA5. Resuelve problemas de transferencia de cantidad de movimiento, calor y materia mediante modelos matemáticos apropiados.
- RA6. Calcula coeficientes de transferencia de cantidad de movimiento, calor y materia.
- RA7. Comunica de manera oral y escrita resultados experimentales y conclusiones relacionadas con fenómenos de transporte

VI - Contenidos

Unidad 1: Fundamentos de los fenómenos de transporte

Naturaleza del transporte de cantidad de movimiento, energía y materia.

Hipótesis del continuo. Volumen de control.

Mecanismos de transporte: molecular y convectivo

Propiedades transportadas y fuerzas impulsoras.

Introducción a balances diferenciales y macroscópicos.

Unidad 2: Transporte de cantidad de movimiento: flujo laminar

Ley de Newton de la viscosidad.

Fluidos newtonianos y no newtonianos (modelos de Ley de Potencia de Ostwald-de Waele, plástico de Bingham y fluidos viscoelásticos).

Ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento (Navier-Stokes) para sistemas isotérmicos.

Condiciones de contorno físicas en interfases (no deslizamiento, continuidad de esfuerzos).

Soluciones analíticas en geometrías simples: tubo (Hagen-Poiseuille), placas paralelas y película descendente.

Capa límite laminar y criterio de Reynolds. Análisis dimensional y principios de similitud.

Unidad 3: Flujo turbulento y aplicaciones

Características del flujo turbulento. Fluctuaciones y valores promediados en el tiempo. Ecuaciones de variación en régimen turbulento y esfuerzos de Reynolds.

Correlaciones empíricas para el transporte convectivo de cantidad de movimiento.

Flujo interno: pérdidas de carga en tuberías, factor de fricción y análisis del Gráfico de Moody.

Flujo externo: transporte de cantidad de movimiento alrededor de cuerpos sumergidos.

Flujo a través de lechos porosos y medios empacados: modelo de canales, Ecuación de Ergun y principios fundamentales de la fluidización.

Aplicación de balances macroscópicos de materia, energía mecánica y cantidad de movimiento en sistemas de cañerías accesorios

Unidad 4: Transferencia de calor por conducción

Ley de Fourier para conducción de calor.

Conducción estacionaria y no estacionaria en sólidos y fluidos.

Paredes compuestas y aletas de enfriamiento.

Generación interna de calor en medios sólidos.

Métodos de solución para regímenes transitorios: problemas semi-infinitos y sistemas concentrados.

Modelo de resistencias térmicas para análisis simplificado.

Unidad 5: Convección térmica: natural y forzada

Formulación general de la transferencia convectiva de calor.

Capa límite térmica: definición y características.

Ecuaciones gobernantes del transporte de calor por convección.

Adimensionalización de las ecuaciones y números adimensionales relevantes: Nusselt, Prandtl, Reynolds y Grashof. Casos típicos de convección: flujo interno y flujo externo (flujo cruzado en cilindros aislados y bancos de tubos en configuraciones alineadas y alternadas).

Coefficientes de transferencia de calor: correlaciones empíricas para el cálculo en convección libre y forzada.

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor y modelo de resistencias térmicas acopladas.

Fuerza impulsora media logarítmica (LMTD) en transferencia de calor y factores de corrección por configuración de flujo.

Unidad 6: Fundamentos de la radiación térmica: naturaleza y características

Conceptos básicos de cuerpo negro y cuerpo gris.
Ley de Stefan-Boltzmann y su aplicación práctica.
Emisividad, reflectancia y absorción en superficies reales.
Intercambio de calor por radiación entre superficies: factor de forma y configuración geométrica.
Concepto de resistencia térmica en radiación.

Unidad 7: Transferencia de materia: difusión molecular

Mecanismos de transferencia de materia: difusión molecular y transporte convectivo.
Ley de Fick: formulación, aplicaciones y ejemplos clásicos (difusión estanca, equimolar y con reacción química).
Difusividad: concepto, estimación y factores que la afectan.
Ecuación de continuidad aplicada a la transferencia de materia.
Condiciones de contorno típicas y su influencia en la solución de problemas.

Unidad 8: Transferencia de materia por convección

Transporte convectivo de materia: capa límite de concentración, definición, espesor y su importancia en procesos de separación.
Coeficientes individuales de transferencia de masa y su determinación experimental y analítica.
Modelos conceptuales para la interpretación de los coeficientes de transferencia de masa: modelo de la película. Análisis dimensional en transferencia de masa y números adimensionales relevantes (Sherwood, Schmidt y Peclet).
Analogías entre los mecanismos de transferencia de masa, calor y cantidad de movimiento (Analogía de Reynolds, Prandtl y Chilton-Colburn).
Transferencia simultánea de calor y masa: fundamentos y aplicaciones analíticas..

Unidad 9: Transferencia de materia en interfases

Generalidades y revisión del equilibrio entre fases. Perfiles de concentración en la cercanía de la interfase.
Determinación de la composición de interfase.
Coeficientes totales (globales) de transferencia de materia y relaciones entre ellos.
Concepto de resistencia controlante y su aplicación al diseño y análisis de procesos de separación.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Trabajos Prácticos

De Aula

Los estudiantes realizarán trabajos prácticos enfocados en la resolución de situaciones problemáticas relacionadas con los contenidos clave del programa. Cada guía incluirá cuestiones conceptuales y problemas obligatorios, además de ejercicios propuestos y actividades integradoras. Estas actividades se apoyarán en el uso del aula virtual y de herramientas computacionales. En particular, se emplearán planillas de cálculo (Microsoft Excel) y software matemático (Mathcad) como apoyo para el procesamiento y análisis de datos, la resolución numérica de ecuaciones, la representación gráfica y la interpretación de resultados. Su utilización tendrá carácter complementario y estará orientada a facilitar el análisis de los fenómenos de transporte y la verificación de los resultados obtenidos. Se asignarán tareas obligatorias, cualitativas y cuantitativas, con plazos definidos para su presentación y evaluación

De Laboratorio

Se realizarán experiencias prácticas y actividades de diseño experimental orientadas a afianzar los conceptos teóricos y desarrollar habilidades analíticas e investigativas. Los bloques previstos incluyen: Transferencia de cantidad de movimiento: Reología de fluidos newtonianos y no newtonianos. Determinación de viscosidad y evaluación del comportamiento reológico mediante el uso de distintos tipos de viscosímetros. Transferencia de calor: Determinación experimental del coeficiente convectivo de transferencia de calor en aire bajo regímenes de convección natural y forzada. Transferencia de materia (Proyecto de Diseño Experimental): Como actividad integradora de este bloque, los estudiantes elaborarán de manera grupal una propuesta metodológica para un trabajo práctico de laboratorio enfocado en la transferencia de masa (ej. difusión molecular o transferencia convectiva). El proyecto requerirá el planteo de objetivos, la selección de materiales y componentes

viables, el diseño del procedimiento de medición y la definición del modelo matemático aplicable para el posterior procesamiento de datos.

Metodología:

Previo a la ejecución de las prácticas tradicionales de cantidad de movimiento y calor, los estudiantes deberán realizar una lectura obligatoria de la guía correspondiente y aprobar una evaluación de contenidos previos disponible en la plataforma virtual. Para el proyecto de transferencia de materia se contemplarán instancias de tutoría grupal. Cada experiencia y propuesta de diseño deberá documentarse mediante un informe técnico formal, a presentar en un plazo máximo de una semana luego de finalizada la actividad.

Evaluación:

El desempeño en el laboratorio, la rigurosidad conceptual y la elaboración de los informes técnicos serán evaluados mediante una rúbrica formativa (matriz de criterios de desempeño) compartida con anticipación. Todos los informes contarán con una instancia de devolución detallada por parte de la cátedra, otorgando la posibilidad de corrección y reentrega para su aprobación final.

VIII - Regimen de Aprobación

A - METODOLOGÍA DE DICTADO DEL CURSO: La materia se imparte a través de una propuesta pedagógica integrada que combina instancias teóricas, prácticas y de diseño. En las clases teóricas se abordan los conceptos, fundamentos y desarrollos matemáticos para derivar las ecuaciones fundamentales que rigen los fenómenos de transporte. Las clases prácticas se dividen en trabajos prácticos de resolución de problemas en el aula, experiencias experimentales en el laboratorio y tutorías grupales destinadas al diseño de proyectos experimentales. La asignatura dispone de una plataforma virtual que pone a disposición del estudiante todo el material necesario, incluyendo notas de clase, bibliografía digital, guías de trabajos prácticos, material audiovisual de apoyo y otros recursos relevantes para la formación. A través de esta plataforma, los estudiantes tienen la oportunidad de entregar sus trabajos prácticos, informes u otras actividades asignadas, y recibir retroalimentación formativa para continuar progresando en su aprendizaje. Además, se ofrecen horas de consulta presencial en horarios preestablecidos para que los estudiantes puedan recibir apoyo adicional y seguimiento personalizado de manera directa. B - CONDICIONES PARA REGULARIZAR EL CURSO

1. Asistencia y Participación: Se requiere la asistencia a un mínimo del 80% de las clases teórico-prácticas y la presentación/aprobación de todas las actividades obligatorias establecidas. La aprobación implica la entrega de la tarea o la participación en las actividades dentro de los plazos y modalidades establecidos. Además, se exige la asistencia al 100% y la aprobación del informe de los trabajos prácticos realizados, lo que implica la presentación de los informes dentro de los plazos y modalidades establecidos.

2. Evaluaciones Parciales: Es necesario aprobar tres (3) evaluaciones parciales, ya sea en la primera instancia o en las instancias recuperatorias, correspondiendo la cantidad de recuperaciones a la mínima establecida por el régimen académico. Las evaluaciones parciales serán de carácter teórico/práctico e incluirán los temas desarrollados. Las fechas tentativas para las evaluaciones parciales son:

Primera Evaluación Parcial: 9 de septiembre Segunda Evaluación Parcial: 16 de octubre Tercera Evaluación Parcial: 6 de noviembre

Los resultados se comunicarán de forma individual, con instancia de devolución y análisis del desempeño. C – RÉGIMEN DE APROBACIÓN CON EXÁMEN FINAL Examen Final: EXAMEN FINAL El examen final constará de dos instancias complementarias: Primera instancia: Resolución de un problema integrador, orientado a evaluar la capacidad del estudiante para aplicar los contenidos de la asignatura en una situación representativa de la práctica profesional. Segunda instancia: Una vez aprobada la instancia práctica, se evaluarán los conceptos teóricos, abarcando la totalidad del programa. Esta evaluación podrá realizarse en forma oral y/o escrita, y tiene como finalidad valorar integralmente los conocimientos adquiridos. Ambas instancias se enmarcan en lo dispuesto por el artículo 30 del Régimen Académico (Ordenanza C.S. 13/03), que establece que el examen final debe permitir una evaluación completa de los saberes y competencias desarrollados por el estudiante. D – RÉGIMEN DE PROMOCIÓN SIN EXAMEN FINAL La asignatura no contempla régimen de promoción. E – RÉGIMEN DE APROBACIÓN PARA ESTUDIANTES LIBRES La asignatura no admite la modalidad de aprobación en condición de estudiante libre.

IX - Bibliografía Básica

[1] FENÓMENOS DE TRANSPORTE. Bird - Steward- Lightfoot. 2da.Edición. Limusa-Wiley, 2008. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 2ed. (para consulta en sala), 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)

[2] CHEMICAL ENGINEERING HANDBOOK- John Perry- Ediciones 6,7 y 8. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 6 ed.

- [3] (para consulta en sala). 1 unidad 8ed (para consulta en sala).
- [4] MECÁNICA DE FLUIDOS- Fundamentos y Aplicaciones. Cengel Simbala. Ed. Mc.Graw Hill Interamericana, 2007.Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)
- [5] TRANSFERENCIA DE CALOR- Un enfoque práctico- Cengel, Yunus. Ed.Mc.Graw Hill Interamericana,2007.Disponibilidad en biblioteca: 2 unidades 3ed.
- [6] TRANSPORTE DE CALOR Y MASA Yunus A. Cengel y Afshin J. Ghajar.
- [7] TRANSPORT PROPERTIES OF FOODS- Saravacos, G. Zacharias, B. Ed. Boards, 2002. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)
- [8] FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA- Incropera, 2007 Frank P. Incropera Fundamentals of heat and mass transfer. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad en inglés (para consulta en sala)

X - Bibliografía Complementaria

- [1] INTRODUCTION TO TRANSPORT PHENOMENA. William Thomson - Prentice Hall, 2000. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad
- [2] FENÓMENOS DE TRANSPORTE. Bird- Steward- Lightfoot. 1era. Edición Editorial Reverté,1975. Disponibilidad en biblioteca
- [3] PROCESOS DE TRANSPORTE Y PRINCIPIOS DE PROCESOS DE SEPARACION (4e) Geankoplis C. Compañía Editorial Continental, 2006.Disponibilidad en biblioteca: 6 unidades (solo 1 para consulta en sala)
- [4] TRANSFERENCIA DE MOMENTO, CALOR Y MASA. Welty, James R. 4ta. Ed., 2001.Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad (para consulta en sala)
- [5] Publicaciones científicas.

XI - Resumen de Objetivos

RA1. Asocia los caudales de transporte de cantidad de movimiento, energía y/o materia. RA2. Plantea e interpreta las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía. RA3. Identifica los mecanismos de transporte de masa, energía y/o cantidad de movimiento presentes en un proceso. RA4. Estima los valores de las propiedades de transporte, relevantes en un proceso. RA5. Resuelve las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía. RA6. Calcula los coeficientes individuales y globales de transferencia de cantidad de movimiento, energía y/o materia. RA7. Comunica por escrito las experiencias de laboratorio, resultados obtenidos y conclusiones

XII - Resumen del Programa

Unidad 1: Fundamentos de los Fenómenos de Transporte
 Unidad 2: Transporte de Cantidad de Movimiento: Flujo Laminar
 Unidad 3: Flujo Turbulento y Aplicaciones
 Unidad 4: Transferencia de Calor por Conducción
 Unidad 5: Convección Térmica Natural y Forzada
 Unidad 6: Fundamentos de la Radiación Térmica
 Unidad 7: Transferencia de Materia: Difusión Molecular
 Unidad 8: Transferencia de Materia por Convección
 Unidad 9: Transferencia de Materia en Interfases

XIII - Imprevistos

Si surgen situaciones inesperadas que afecten el normal dictado de clases, el curso se adaptará a una modalidad mixta, utilizando clases sincrónicas en línea (plataformas como Meet, Zoom, etc.) y actividades asincrónicas en la plataforma virtual de la asignatura. Los contenidos se ajustarán para garantizar su abordaje efectivo en este formato.

XIV - Otros

Aprendizajes Previos:

El estudiante debe poseer las siguientes habilidades antes de cursar la asignatura:

Enunciar las leyes de conservación de materia, energía y cantidad de movimiento.

Reconocer las condiciones de aplicación de las distintas leyes químicas y físicas.
 Reconocer las distintas leyes que describen el equilibrio químico para distintos sistemas.
 Comprender y aplicar conceptos básicos de Termodinámica (por ejemplo, primera y segunda ley, propiedades termodinámicas, balances de energía).
 Resolver ecuaciones diferenciales teniendo en cuenta el número de condiciones de contorno y/o condición inicial.
 Interpretar y manipular expresiones de cálculo vectorial (gradiente, divergencia, rotacional, integrales de línea, superficie y volumen).
 Distinguir escalares, vectores, tensores, producto escalar, producto vectorial y producto diádico.
 Utilizar adecuadamente las unidades de medidas en los distintos sistemas.
 Elaborar esquemas simplificados de fácil interpretación.
 Identificar las coordenadas espaciales en los distintos sistemas coordenados (Cartesianas, Cilíndricas, Esféricas).
 Realizar informes de trabajos prácticos de laboratorio con análisis de resultado.
 Utilizar adecuadamente las herramientas computacionales básicas para la redacción y edición de textos, planillas de cálculo (y, si es relevante, software de graficación o cálculo numérico básico)
 Estos conocimientos previos proporcionarán una base sólida para comprender los conceptos y aplicaciones relacionados con los fenómenos de transporte en ingeniería química.

Detalles de horas de la Intensidad de la formación práctica.
 Detalles de horas de la Intensidad de la formación práctica.
 Cantidad de horas de Teoría: 60
 Cantidad de horas de Práctico Aula: 33
 Cantidad de horas de Práctico de Aula con software específico: 30
 Cantidad de horas de Formación Experimental: 12
 Cantidad de horas de Resolución Problemas Ingeniería con utilización de software específico: 0
 Cantidad de horas de Resolución Problemas Ingeniería sin utilización de software específico: 0
 Cantidad de horas de Diseño o Proyecto de Ingeniería con utilización de software específico: 0
 Cantidad de horas de Diseño o Proyecto de Ingeniería sin utilización de software específico: 0

Aportes del curso al perfil de egreso

- 1.1. Identificar, formular y resolver problemas. (Nivel 2)
- 1.5. Certificar el funcionamiento, condición de uso o estado.
- 1.6. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene, seguridad, impacto ambiental. (Nivel 2)
- 2.1. Utilizar y adoptar de manera efectiva las técnicas, instrumentos y herramientas de aplicación. (Nivel 1)
- 2.3. Considerar y actuar de acuerdo con disposiciones legales y normas de calidad. (Nivel 3)
- 2.4. Aplicar conocimientos de las ciencias básicas de la ingeniería y de las tecnologías básicas. (Nivel 2)
- 2.5. Planificar y realizar ensayos y/o experimentos y analizar e interpretar resultados. (Nivel 2)
- 2.6. Evaluar críticamente ordenes de magnitud y significación de resultados numéricos. (Nivel 1)
- 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 1)
- 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 1)

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	