



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 04/08/2025 12:58:34)

## I - Oferta Académica

| Materia                 | Carrera            | Plan                     | Año  | Período         |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|------|-----------------|
| Fenómenos de Transporte | INGENIERÍA QUÍMICA | OCD<br>N°<br>21/20<br>22 | 2025 | 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 |
| 9 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 |
| 04/08/2025 | 15/11/2025 | 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

RA1. Asociar los caudales de transporte de cantidad de movimiento, energía y/o materia para aplicar dichos conocimientos en el diseño de equipos e instalaciones en los que se desarrollan operaciones básicas propias de la Ingeniería Química, conforme a las especificaciones del proceso y/o a marcos normativos orientados a la calidad y sustentabilidad del mismo.

RA2. Plantear e interpretar las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía para

fundamentar el modelado matemático de fenómenos de transferencia particulares, a partir de los principios de conservación de la masa, conservación de la energía y la segunda ley del movimiento de Newton.

RA3. Identificar los mecanismos de transporte de masa, energía y/o cantidad de movimiento involucrados en un proceso para seleccionar apropiadamente la ecuación constitutiva correspondiente a la densidad de flujo transportada, en función del modelo matemático más adecuado al caso de estudio.

RA4. Estimar los valores de propiedades de transporte relevantes en un proceso para incorporarlos con rigurosidad en los cálculos de los flujos transportados, recurriendo a fuentes técnicas confiables, tales como bibliografía especializada o publicaciones científicas.

RA5. Resolver las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía para determinar cuantitativamente los caudales de las densidades de flujo de las propiedades transportadas, así como los perfiles de velocidad, temperatura y/o concentración, en sistemas de geometría sencilla y condiciones de contorno bien definidas.

RA6. Calcular los coeficientes individuales y globales de transferencia de cantidad de movimiento, energía y/o materia para cuantificar los flujos respectivos a través de interfases, considerando tanto la geometría del sistema como la configuración del régimen de flujo involucrado.

RA7. Comunicar por escrito las experiencias desarrolladas en el laboratorio, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas para elaborar informes técnicos estructurados, con contenido argumentativo claro, coherente y acompañado de los apoyos gráficos pertinentes.

## 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 básicos). Ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento para sistemas isotérmicos. Soluciones en geometrías simples: tubo y placas paralelas. Capa límite laminar y criterio de Reynolds. Análisis dimensional y principios de similitud.

### Unidad 3:

FLUJO TURBULENTO Y APLICACIONES CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO TURBULENTO. Promedios y esfuerzos de Reynolds. Correlaciones empíricas. Pérdidas de carga en tuberías. Factor de fricción. Gráfico de Moody. Aplicación de balances macroscópicos de cantidad de movimiento.

### 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. Números adimensionales relevantes: Nusselt y Prandtl. Casos típicos de convección: flujo interno y flujo externo. Coeficientes de transferencia de calor: correlaciones empíricas para cálculo. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor. Fuerza impulsora media logarítmica en transferencia de calor.

### Unidad 6:

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 7:

TRANSFERENCIA DE MATERIA POR CONVECCIÓN. Transporte convectivo de materia: capa límite de concentración y su importancia. Coeficientes individuales de transferencia de masa y su determinación. Analogías entre los mecanismos de transferencia de masa, calor y cantidad de movimiento. Transferencia simultánea de calor y masa: fundamentos y aplicaciones.

Unidad 8:

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.

## 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 herramientas computacionales. Se asignarán tareas obligatorias, cualitativas y cuantitativas, con plazos definidos.

De Laboratorio

Se realizarán experiencias experimentales para afianzar conceptos y habilidades prácticas. Los temas previstos incluyen:

Transferencia de cantidad de movimiento:

Reología de fluidos newtonianos y no newtonianos.

Determinación de viscosidad con distintos viscosímetros.

Transferencia de calor:

Coeficiente convectivo de transferencia de calor en aire (convección natural y forzada).

Metodología: Previo a cada práctica, los estudiantes deberán realizar una lectura obligatoria de la guía correspondiente y aprobar una evaluación de contenidos previos, disponible en la plataforma virtual.

Cada experiencia deberá documentarse mediante un informe técnico, a presentar en un plazo máximo de una semana luego de realizada la práctica.

Evaluación: El desempeño en el laboratorio y la elaboración del informe serán evaluados mediante una rúbrica formativa, compartida con anticipación. Todos los informes tendrán instancia de devolución con posibilidad de corrección y entrega final.

## VIII - Regimen de Aprobación

A - METODOLOGÍA DE DICTADO DEL CURSO:

La materia se imparte a través de clases teóricas y prácticas. 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 dos modalidades: trabajos prácticos en el aula y trabajos prácticos en laboratorio.

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 para continuar progresando en su aprendizaje.

Además, se ofrecen horas de consulta presencial en horarios preestablecidos para que los estudiantes puedan recibir apoyo adicional 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 en el punto A. 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 hasta una semana antes de las mismas.

Las fechas tentativas para las evaluaciones parciales son:

Primera Evaluación Parcial: 12 de septiembre

Segunda Evaluación Parcial: 17 de octubre

Tercera Evaluación Parcial: 7 de noviembre

Condición para rendir y recuperaciones: Para rendir el segundo y tercer parcial, es requisito tener aprobado el parcial anterior; de lo contrario, el estudiante quedará en condición de libre.

Las segundas recuperaciones se tomarán antes del parcial siguiente, excepto la del tercer parcial, que se realizará al finalizar el curso.

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

“El curso no contempla régimen de promoción”.

E – RÉGIMEN DE APROBACIÓN PARA ESTUDIANTES LIBRES

“El curso no contempla régimen de aprobación para estudiantes libres”

## IX - Bibliografía Básica

- [1] 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] 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] 3] MECÁNICA DE FLUIDOS- Fundamentos y Aplicaciones. Cengel Simbala. Ed. Mc.Graw Hill Interamericana, 2007.
- [5] Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)
- [6] 4] TRANSFERENCIA DE CALOR- Un enfoque práctico- Cengel, Yunus. Ed.Mc.Graw Hill Interamericana,2007.
- [7] Disponibilidad en biblioteca: 2 unidades 3ed.
- [8] 5] TRANSPORTE DE CALOR Y MASA Yunus A. Cengel y Afshin J. Ghajar.
- [9] 6] TRANSPORT PROPERTIES OF FOODS- Saravacos, G. Zacharias, B. Ed. Boards, 2002. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)
- [10] 7] FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA- Incropera, 2007 Frank P. Incropera Fundamentals of
- [11] heat and mass transfer. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad en inglés (para consulta en s

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] 1] INTRODUCTION TO TRANSPORT PHENOMENA. William Thomson - Prentice Hall, 2000. Disponibilidad en
- [2] biblioteca: 1 unidad
- [3] 2] FENÓMENOS DE TRANSPORTE. Bird- Steward- Lightfoot. 1era. Edición Editorial Reverté,1975. Disponibilidad en

[4] biblioteca

[5] [3] PROCESOS DE TRANSPORTE Y PRINCIPIOS DE PROCESOS DE SEPARACION (4e) Geankoplis C. Compañía

[6] Editorial Continental, 2006. Disponibilidad en biblioteca: 6 unidades (solo 1 para consulta en sala)

[7] [4] TRANSFERENCIA DE MOMENTO, CALOR Y MASA. Welty, James R. 4ta. Ed., 2001. Disponibilidad en biblioteca: 1

[8] unidad (para consulta en sala)

[9] [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: Transferencia de materia: difusión molecular

Unidad 7: Transferencia de materia por convección

Unidad 8: Fundamentos de la radiación térmica: naturaleza y características

## 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:

&#9135; Enunciar las leyes de conservación de materia, energía y cantidad de movimiento.

&#9135; Reconocer las condiciones de aplicación de las distintas leyes químicas y físicas.

&#9135; Reconocer las distintas leyes que describen el equilibrio químico para distintos sistemas.

&#9135; Comprender y aplicar conceptos básicos de Termodinámica (por ejemplo, primera y segunda ley, propiedades termodinámicas, balances de energía).

&#9135; Resolver ecuaciones diferenciales teniendo en cuenta el número de condiciones de contorno y/o condición inicial.

&#9135; Interpretar y manipular expresiones de cálculo vectorial (gradiente, divergencia, rotacional, integrales de línea, superficie y volumen).

&#9135; Distinguir escalares, vectores, tensores, producto escalar, producto vectorial y producto diádico.

&#9135; Utilizar adecuadamente las unidades de medidas en los distintos sistemas.

&#9135; Elaborar esquemas simplificados de fácil interpretación.

&#9135; Identificar las coordenadas espaciales en los distintos sistemas coordenados (Cartesianas, Cilíndricas, Esféricas).

&#9135; Realizar informes de trabajos prácticos de laboratorio con análisis de resultado.

&#9135; 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: