



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 2024)  
(Programa en trámite de aprobación)  
(Presentado el 21/08/2024 12:53:55)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Fenómenos de Transporte	INGENIERÍA QUÍMICA	OCD N° 21/20 22 Ord	2024	2° cuatrimestre
Fenómenos de Transporte	INGENIERÍA QUÍMICA	24/12 -17/2 2	2024	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
05/08/2024	15/11/2024	15	135

### IV - Fundamentación

La necesidad imperiosa de nuevas tecnologías eficientes y sustentables hace que sea absolutamente necesario comprender los fundamentos que gobiernan los fenómenos involucrados en los procesos con que los ingenieros se enfrentan día a día. Para diseñar, analizar, operar y optimizar procesos químicos, fisicoquímicos y biológicos, los ingenieros químicos deben entender cómo fluyen los fluidos, cómo se transporta la energía, y cómo difunden las especies químicas a través de los materiales; como así también calcular el valor de estos flujos. En este curso se introducen estos conceptos básicos, que son los fundamentos básicos para los cursos posteriores de 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 el diseño de equipos e

instalaciones en donde se llevan a cabo operaciones básicas de la Ingeniería Química según las especificaciones del proceso o con referencia a uno o más marcos normativos orientado a la calidad y/o sustentabilidad del proceso.

RA2. Plantear e interpretar las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía para el modelado de fenómenos de transferencia particular, bajo los fundamentos de las leyes de conservación de la masa, de conservación de la energía y la 2da. Ley del movimiento de Newton.

RA3. Identificar los mecanismos de transporte de masa, energía y/o cantidad de movimiento presentes en un proceso para la selección de la ecuación constitutiva de la densidad de flujo transportada considerando los modelos matemáticos más adecuados.

RA4. Estimar los valores de las propiedades de transporte, relevantes en un proceso, para utilizarlos en los cálculos de los flujos transportados a partir de diversas fuentes de datos (libros, publicaciones científicas)

RA5. Resolver las ecuaciones diferenciales de balance de cantidad de movimiento, materia y energía para obtener los caudales de las

densidades de flujo de la/s propiedad/es transportada/s y los de perfiles de velocidad, temperatura y/o concentraciones en sistemas de geometría sencilla de acuerdo con el problema y las condiciones de contorno particulares.

RA6. Calcular los coeficientes individuales y globales de transferencia de cantidad de movimiento, energía y/o materia para la obtención de los flujos de cantidad de movimiento, energía y materia a través de una interfase considerando la geometría y configuraciones de flujo.

RA7. Comunicar por escrito las experiencias de laboratorio, resultados obtenidos y conclusiones para la elevación del informe

correspondiente estructurando el contenido del texto y los apoyos gráficos.

## VI - Contenidos

### UNIDAD INTRODUCTORIA:

La naturaleza de los fenómenos de transporte. Mecanismos de los procesos de transporte. Fuerzas impulsoras para las propiedades transportadas.

UNIDAD 1: Transporte de cantidad de movimiento: Generalidades y Mecanismos

1.1-Principios fundamentales. Hipótesis del continuo. Concepto de volumen de control.

1.2- Fluidos. Presión y esfuerzo de corte en un fluido. Conceptos de flujo laminar y turbulento. Líneas de corriente, traza y trayectoria.

1.3- Transporte molecular de cantidad de movimiento. Densidad de flujo de cantidad de movimiento. Ley de Newton de la viscosidad.

1.4- Viscosidad: Influencia de la presión y la temperatura sobre la viscosidad. Estimación y correlación de viscosidades.

Métodos

experimentales para viscosimetría.

1.5- Fluidos no newtonianos: modelos reológicos y estimación de parámetros.

1.6- Transporte convectivo de cantidad de movimiento.

UNIDAD 2: Transporte de cantidad de movimiento. Flujo laminar

2.1- Ecuaciones de variación para sistemas isotérmicos. La ecuación de continuidad. La ecuación de movimiento.

Condiciones de contorno.

2.2- Ejemplos de uso de las ecuaciones para resolver sistemas de flujo. Cálculo de velocidades media y fuerzas sobre superficies.

Soluciones exactas y aproximadas (flujo reptante, flujo invíscido, flujo en capa límite).

2.3- Capa límite: Concepto. Simplificación de las ecuaciones de variación para capa límite laminar. Ecuaciones de Prandtl.

Espesor de la capa límite laminar. Separación de la capa límite.

2.4- El balance diferencial de energía mecánica.

2.5- Análisis dimensional y semejanza. Criterios de similitud: similitud geométrica y de comportamiento.

Adimensionalización de las ecuaciones de variación.

UNIDAD 3: Transferencia de cantidad de movimiento. Flujo turbulento

3.1- Concepto de flujo turbulento. Comparación de los flujos laminar y turbulento. Fluctuaciones en flujo turbulento. Valores ajustados en el tiempo.

3.2- Ecuaciones de variación en régimen turbulento. Esfuerzos de Reynolds. Perfil de velocidad cerca de una pared.

Expresiones

empíricas para la densidad de flujo de cantidad de movimiento turbulento.

3.3- Flujo en tuberías y conducciones cerradas. Gráfico de distribución universal de velocidades.

3.4- Capa límite turbulenta sobre placa plana.

UNIDAD 4: Transporte de cantidad de movimiento en interfases

4.1- Factores de fricción: definición.

4.2- Factor de fricción para flujo en tubos. Factores que lo afectan. Radio hidráulico. Gráfico factor de fricción vs. número de Reynolds. Correlaciones.

4.3- Factor de fricción para flujo a través de cuerpos sumergidos. Efectos de forma y fricción. Influencia del número de Reynolds: Regímenes de Stokes, Intermedio y de Newton. Aspecto de la capa límite en cada régimen. Gráfico factor de fricción para cuerpos sumergidos vs. Número de Reynolds.

4.4- Balances macroscópicos de materia, cantidad de movimiento y energía mecánica. Estimación de la pérdida viscosa. Pérdida de carga en tramos rectos de cañerías y en accesorios.

UNIDAD 5: Transporte de energía calórica. Generalidades. Mecanismos.

5.1- Mecanismos de transferencia de energía calórica.

5.2- Transporte molecular de energía. Conductividad térmica: dependencia con la presión y la temperatura, cálculo y predicción.

5.3- Convección. Generalidades. Convección natural y forzada.

5.4- Radiación. Generalidades.

5.5- Balance diferencial de energía. Balance diferencial de energía interna. Condiciones de contorno. Formas especiales de la ecuación de energía.

UNIDAD 6: Transporte de energía calórica - Conducción

6.1- Transferencia de energía por conducción. Ejemplos de aplicación en sólidos y en flujo laminar.

6.2- Conducción de calor con fuentes de diverso origen.

6.3- Conducción a través de paredes compuestas.

6.4- Conducción en régimen no estacionario. Sistemas concentrados. Conducción en sistemas finitos sin efectos extremos y medios semi-infinitos: Soluciones exactas y aproximadas.

UNIDAD 7: Transporte de energía calórica- Convección

7.1- Transferencia de energía por convección. Ecuaciones de movimiento para convección forzada y libre.

7.2- Sistemática del planteo de las ecuaciones gobernantes en convección. Ejemplos de aplicación: Convección forzada en régimen laminar para flujo interno y externo, convección natural, transferencia de energía en capa límite laminar y turbulenta.

7.3- Similitud térmica. Adimensionalización de las ecuaciones gobernantes. Criterios de similitud.

UNIDAD 8: Transferencia de energía calórica en interfases

8.1- Balance macroscópico-diferencial de energía

8.2- Coeficientes de transferencia calórica en conductos. Definiciones. Fuerza impulsora media logarítmica. Coeficiente global de transferencia calórica. Dependencia funcional del coeficiente de transferencia calórica en conductos. Correlaciones del coeficiente de transferencia individual en conductos

8.3- Coeficientes de transferencia calórica para convección forzada alrededor de objetos sumergidos

8.4- Coeficientes de transferencia calórica para convección natural.

UNIDAD 9: Transporte de energía calórica-Radiación

9.1- Transferencia de energía por radiación. Naturaleza de la radiación. Poder emisivo. Cuerpo negro. Ley de Stefan-Boltzmann. Cuerpos grises.

9.2- Intercambio de calor entre cuerpos. Factor de visión. Factor de intercambio

UNIDAD 10: Transferencia de materia. Difusión molecular

10.1- Mecanismos de transferencia de materia.

10.2- Transferencia de materia por difusión molecular. Difusividad: dependencia con la presión y la temperatura, cálculo y predicción

10.3- Transporte de masa y molar por convección.

10.4- La ecuación de continuidad para sistemas de más de un componente. Condiciones de contorno.

10.5- Ejemplos de aplicación: Difusión de un componente a través de una especie estanca. Difusión equimolar. Difusión con reacción química homogénea y heterogénea. Permeabilidad.

10.6- Análisis dimensional aplicado a la transferencia de materia

UNIDAD 11: Transferencia de materia. Convección

11.1- Transferencia de masa en capa límite.

11.2- Transporte de materia por convección turbulenta.

11.3- Coeficiente individual de transferencia de materia. Tipos de coeficientes. Modelos de interpretación. Correlaciones del coeficiente individual de transferencia de materia.

11.4- Analogías entre las transferencias de cantidad de movimiento, energía y materia

11.5- Transferencia simultánea de materia y energía.

UNIDAD 12: Transferencia de materia en interfases

12.1- Generalidades. Revisión del equilibrio entre fases. Perfiles de concentración

12.2- Determinación de la composición de interfase

12.3- Coeficientes totales de transferencia de materia. Tipos de coeficientes. Concepto de resistencia controlante.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Trabajos prácticos de aula

Los estudiantes realizarán trabajos prácticos de resolución de situaciones problemáticas relacionadas con aquellos temas considerados más relevantes en su formación, detallados en los contenidos.

Las Guías de Trabajos Prácticos incluirán cuestiones y problemas de resolución obligatoria, y propuesta.

Los trabajos de aula se desarrollarán con apoyo de un aula virtual y haciendo uso de herramientas computacionales (software Mathcad y Planillas de cálculo).

Se asignarán además tareas obligatorias de:

- Resolución de situaciones problemáticas cuali y cuantitativas referidas a los contenidos del programa.
- Realización de actividades/seminarios de discusión y/o debate sobre temas específicos, las cuales se desarrollarán en equipos.

Trabajos prácticos de laboratorio

Se desarrollarán Trabajos Prácticos relacionados con los siguientes temas del programa:

Transferencia de cantidad de movimiento:

- Reología: Fluidos Newtonianos y no Newtonianos. Determinaciones de viscosidad utilizando distintos tipos de Viscosímetros.

Transferencia de calor:

- Determinación del coeficiente convectivo de transferencia de calor para convección natural y forzada en aire.

Metodología: La metodología de trabajo se encuentra disponible en cada una de las guías de trabajo práctico de laboratorio según el tema a desarrollar. Los estudiantes se organizan en grupos que deberán seguir los lineamientos indicados en estas guías. Luego de cada experiencia, el estudiante debe presentar un informe que contemple los siguientes ítems: breve introducción sobre el tema ejecutado en el laboratorio, materiales y métodos empleados, resultados (numéricos, gráficos) y análisis de resultados, conclusión. Este informe deberá ser presentado hasta una semana después de la práctica de laboratorio. Previo a cada trabajo práctico el/la estudiante deberá aprobar una evaluación de contenidos previos con temas relacionados al mismo.

Esta evaluación se realizará desde la plataforma digital mediante un formulario o cuestionarios.

Evaluación: El desempeño de los estudiantes durante el trabajo experimental como así también en la realización del informe. Todo informe tendrá una instancia de corrección con la correspondiente devolución para una presentación final.

## VIII - Regimen de Aprobación

A - METODOLOGÍA DE DICTADO DEL CURSO:

La asignatura se dicta según la modalidad de clases teóricas y prácticas. En las clases teóricas se abordan los conceptos, fundamentos y desarrollos matemáticos para obtener las ecuaciones fundamentales que rigen los fenómenos de transporte.

Las clases prácticas se organizan de la siguiente manera:

- Trabajos prácticos de aula
- Trabajos prácticos de laboratorio

La asignatura cuenta con la plataforma virtual Classroom, a través de la cual se pone a disposición del estudiante todo el material referido a notas de clase (presentaciones de clases teóricas), bibliografía digital, guías de trabajos prácticos, material de apoyo audiovisual y todo material que se considere de interés asociado tanto a la asignatura como a la carrera. Sobre esta plataforma los/las estudiantes realizan las entregas de los trabajos prácticos, informes o cualquier actividad asignada. La corrección y devolución de las actividades presentadas por los/las estudiantes se realiza por este medio. Los/las estudiantes disponen de horas de consultas que se llevan a cabo bajo la modalidad presencial.

B - CONDICIONES PARA REGULARIZAR EL CURSO

Para regularizar el curso, el/la estudiante debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Asistencia a un mínimo del 80% de las clases teórico-prácticas, presentación y aprobación de todas las actividades que se

establezcan como obligatorias referidas en el punto A (la aprobación incluye la presentación de la tarea, o participación en las actividades en los plazos y la modalidad que se establezcan)

- Asistencia del 100% y aprobación del informe de los trabajos prácticos que se realicen. La aprobación implica la presentación de los informes en los plazos y la modalidad que se fijen.

- Aprobación de tres (3) evaluaciones parciales, en primera instancia o en 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 evaluaciones correspondientes a la primera recuperación se tomarán con una semana de diferencia respecto a las fechas fijadas para los exámenes parciales.

Primera Evaluación Parcial: Fecha tentativa: 15 de septiembre

Segunda Evaluación Parcial: Fecha tentativa: 20 de octubre

Tercera Evaluación Parcial: Fecha tentativa: 10 de noviembre

La segunda recuperación del primer parcial se efectuará antes del segundo parcial. La comunicación del resultado del parcial se realizará de manera individual, otorgando al alumno una instancia de reflexión sobre la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

#### C – RÉGIMEN DE APROBACIÓN CON EXAMEN FINAL

El examen final constará de dos instancias:

Resolución de Problemas Integradores: Los estudiantes deberán resolver situaciones problemáticas que integren los contenidos del curso.

Cuestionario Teórico Integrador: Los estudiantes responderán un cuestionario que evaluará su comprensión de los conceptos fundamentales y aplicaciones de los fenómenos de transporte, enfocándose en la claridad conceptual y la capacidad de análisis.

#### 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 para estudiantes libres.

## IX - Bibliografía Básica

[1] FENÓMENOS DE TRANSPORTE. Bird - Stew ard- 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).

[3] MECÁNICA DE FLUIDOS- Fundamentos y Aplicaciones. Cengel Simbala. Ed. Mc.Graw Hill Interamericana, 2007. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed. (para consulta en sala)

[4] TRANSFERENCIA DE CALOR- Un enfoque práctico- Cengel, Yunus. Ed.Mc.Graw Hill Interamericana,2007. Disponibilidad en biblioteca: 2 unidades 3ed.

[5] TRANSPORTE DE CALOR Y MASA Yunus A. Cengel y Afshin J. Ghajar.

[6] TRANSPORT PROPERTIES OF FOODS- Saravacos, G. Zacharias, B. Ed. Boards, 2002. Disponibilidad en biblioteca: 1 unidad 1ed.(para consulta en sala)

[7] 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- Stew ard- 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 CIENTIFICAS

## 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.
- RA8. Aplicar los aspectos técnicos relacionados con la higiene, la seguridad, la contaminación en los ambientes de trabajo.

## XII - Resumen del Programa

### UNIDAD INTRODUCTORIA

UNIDAD 1: Transporte de cantidad de movimiento: Generalidades y Mecanismos

UNIDAD 2: Transporte de cantidad de movimiento. Flujo laminar

UNIDAD 3: Transferencia de cantidad de movimiento. Flujo turbulento

UNIDAD 4: Transporte de cantidad de movimiento en interfases

UNIDAD 5: Transporte de energía calórica. Generalidades. Mecanismos.

UNIDAD 6: Transporte de energía calórica - Conducción

UNIDAD 7: Transporte de energía calórica- Convección

UNIDAD 8: Transferencia de energía calórica en interfases

UNIDAD 9: Transporte de energía calórica-Radiación

UNIDAD 10: Transferencia de materia. Difusión molecular

UNIDAD 11: Transferencia de materia. Convección

UNIDAD 12: Transferencia de materia en interfases

## XIII - Imprevistos

En caso de imprevistos que alteren el normal desarrollo del curso se optará por clases sincrónica on line, utilizando las plataformas Google Meet o Zoom, y asincrónica sobre la plataforma digital Moodle 3. Los contenidos del curso serán abordados y ajustados a esta modalidad

## XIV - Otros

Aprendizajes Previos:

- Enuncia las leyes de conservación de materia, energía y cantidad de movimiento.
- Reconoce las condiciones de aplicación de las distintas leyes químicas y físicas.
- Reconoce las distintas leyes que describen el equilibrio químico para distintos sistemas.
- Resuelve ecuaciones diferenciales teniendo en cuenta el número de condiciones de contorno y/o condición inicial.
- Distingue escalares, vectores, tensores, producto escalar, producto vectorial y producto diádico.
- Utiliza adecuadamente las unidades de medidas en los distintos sistemas.
- Elabora esquemas simplificados de fácil interpretación.
- Identifica las coordenadas espaciales en los distintos sistemas coordenados.
- Realiza informes de trabajos prácticos de laboratorio con análisis de resultado.
- Utiliza adecuadamente las herramientas computacionales básicas para la redacción y edición de textos, planillas de cálculo, presentaciones, etc.

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 órdenes 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: