

Fenómenos de transporte

Planificación Ciclo lectivo 2026

Datos administrativos de la asignatura			
Departamento:	Ingeniería Química	Carrera:	INGENIERÍA QUÍMICA
Asignatura:	Fenómenos de Transporte	Plan:	Plan 2023, Ord. 1875
Nivel de la carrera	3er nivel	Duración:	Cuatrimestral
Bloque curricular:	Tecnologías Básicas	Área:	Especialidad
Carga horaria presencial semanal:	10	Carga Horaria total	120
		RTF	8
Cursado Cuatrimestral:	2do Cuatrimestre	Nivel:	3
Carga horaria no presencial semanal (si correspondiese)	-	% horas no presenciales (si correspondiese)	-
Profesor/es Titular/Asociado/Adjunto:	Ing. Diego Semprini	Dedicación:	Simple
Auxiliar/es de 1º/JTP:	Ing. Miguel Borsatto	Dedicación:	Simple

Presentación, Fundamentación

Los contenidos de la asignatura se orientan a establecer las bases fundamentales de la carrera y poder continuar con la formación técnica de la especialización. Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Químico, la capacidad y habilidad para el diseño, selección, optimización, control en los diferentes flujos de materia y energía, fenómenos de transporte en los procesos para plantas industriales y servicios.

- El desarrollo tiende a fundar en el estudiante procedimientos de ingeniería que le permitirán resolver los problemas a partir de la interpretación completa y adecuada del Fenómeno.
- Las actividades se dirigen a infundir y desarrollar la capacidad de coordinación, organización y liderazgo de equipos de formulación de proyectos

Relación de la asignatura con el perfil de egreso

La asignatura Fenómenos de Transporte aporta al perfil de egreso ya que se enfoca en el estudio de los procesos de transporte de masa, energía y cantidad de movimiento en sistemas físicos.

Preparando al alumno para enfrentar los cambios dinámicos en el conocimiento, la economía y el medio ambiente. En términos más generales, estos profesionales podrán aplicar su capacidad de innovación y su compromiso con la sostenibilidad para desarrollar soluciones de transporte más eficientes, seguras y amigables con el medio ambiente.

Relación de la asignatura con los alcances del título

Los conceptos de fenómenos de transporte son esenciales para seleccionar los equipos adecuados y diseñar las instalaciones de procesos. Esto puede incluir la determinación de las características de intercambio de calor en intercambiadores, la selección de equipos para la transferencia de masa y la evaluación de la distribución de fluidos en reactores químicos.

Los fenómenos de transporte son fundamentales en la simulación y modelado de procesos industriales. Un ingeniero químico puede utilizar estas técnicas para prever cómo se comportarán los sistemas en diferentes condiciones operativas y para optimizar el rendimiento de las operaciones.

La comprensión de los fenómenos de transporte puede ayudar a diseñar procesos más eficientes y sostenibles desde el punto de vista ambiental. Esto incluye la gestión de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos, lo cual está en línea con el enfoque del perfil profesional hacia la sostenibilidad ambiental.

El conocimiento de los fenómenos de transporte es esencial para la investigación y el desarrollo de nuevos procesos industriales, equipos y operaciones. Esto puede contribuir al avance de la industria y a la creación de soluciones innovadoras. Además, son una base sólida que permita al ingeniero químico adaptarse a las nuevas tecnologías y conceptos en constante evolución.

Relación de la asignatura con las competencias de egreso de la carrera

Detallar, en la tabla siguiente, la relación de la asignatura con las competencias de egreso específicas, genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales de la carrera. Indicar a cuáles competencias de egreso tributa (aportes reales y significativos de la asignatura) y en qué nivel (0=no tributa, 1=bajo, 2=medio, 3=alto). Agregar un comentario general de justificación. (Este detalle se integrará en una matriz de tributación de la carrera, dictada en la Facultad Regional, en la cual se explicita el desarrollo de las competencias específicas y genéricas de la carrera y el nivel en que tributa cada asignatura).

Competencias específicas de la carrera (CE)	Competencias genéricas tecnológicas (CT)	Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales (CS)
CE1: (2) Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.	CG1: (3) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	
	CG4: (2) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	

Propósito

- Identificar los fenómenos de transporte en el campo de aplicación de la Ingeniería Química.
- Aplicar la ecuación general del transporte de materia, masa y energía en operaciones y procesos industriales.
- Proponer modelos para la solución de situaciones teóricas y/o prácticas.

Objetivos establecidos en el Diseño Curricular

Analizar los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y masa para ser aplicados en balances microscópicos y macroscópicos.

Estimar propiedades de transporte para su aplicación en operaciones unitarias
Objetivos adicionales:

Comprender y aplicar los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y materia, estudiados a nivel de elemento de volumen. Establecer las ecuaciones de variación de cambio y sus formas adimensionales.

Contenidos mínimos:

- Fluidos. Transporte de cantidad de movimiento, energía y masa.
- Balances microscópicos. Ecuaciones de variación o cambio.
- Transporte en el límite de una fase.
- Coeficientes de transporte.
- Correlaciones.
- Análisis dimensional.

Resultados de aprendizaje

A continuación, se describen y explican los resultados esperados del aprendizaje a desarrollar en la asignatura:

- RA1: Aplica los conceptos de transporte de cantidad de movimiento, energía y masa en sistemas de fluidos para resolver problemas prácticos, determinando tasas de transferencia y perfiles de concentración y temperatura en situaciones de ingeniería.
- RA2: Analiza el transporte en el límite entre dos fases y su impacto en procesos de separación, comprendiendo la transferencia de masa y energía en interfaces y proponiendo soluciones para optimizar la eficiencia de separación en destilación y absorción.
- RA3: Utiliza correlaciones y análisis dimensional para estimar coeficientes de transporte en sistemas químicos, calculando coeficientes de transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento a partir de datos experimentales y aplicando fórmulas en contextos reales de ingeniería.

Asignaturas correlativas previas

Correlativas de acuerdo con Ord. 1875-2022

	Para cursar y rendir	
	Cursada	Rendida
Fenómenos de transporte	Introducción a Equipos y Procesos	Álgebra y Geometría Analítica
	Análisis Matemático II	Análisis Matemático I
	Física II	Química

Asignaturas correlativas posteriores

Correlativas posteriores (Ord. 1875/22):

- Operaciones Unitarias I
- Tecnología de la Energía Térmica
- Operaciones Unitarias II

- Ingeniería de las Reacciones Químicas
- Procesos Biotecnológicos
- Proyecto Final

Programa analítico, Unidades temáticas

Por ejes temáticos

En los diferentes ejes temáticos se desarrollan teorías, principios y conceptos que permitan generar la base para la interpretación de los Procesos Unitarios y las Operaciones Unitarias que es la Ingeniería Química.

Los contenidos procedimentales incluyen técnicas y recursos para la elaboración de estrategias y desarrollo de habilidades aplicadas a la interpretación de los fenómenos, parametrización de sistemas sencillos y solución de situaciones problemáticas reales de la ingeniería.

Los contenidos actitudinales priorizan la capacidad de desarrollar el trabajo en equipos en un marco de convivencia establecida por las normativas preestablecidas.

Actividad	Contenidos	Tiempo Estimado (h)
1	<u>Conceptos fundamentales y propiedades:</u> Sistemas de unidades; Definición de fluido. Propiedades de los fluidos. Semejanza Geométrica, Cinemática y Dinámica. Números adimensionales.	8 (Seis)
2	<u>Fluidos:</u> Fluidos Newtonianos y no-Newtonianos. Ley de Newton de la viscosidad; Modelo de Bingham; Ley de la potencia; Fluidos reopécticos y tixotrópicos. Tipos de flujo: Permanente, transitorio, uniforme laminar, turbulento, potencial, en capa límite, compresible, incompresible, subsónico, supersónico, externo e interno.	12 (Doce)
3	<u>Teoría del transporte:</u> Postulado del continuo; Postulado de conservación de la masa. Postulado del transporte. Ecuación general del transporte. Ecuación general para Momento, Masa y Energía.	10 (Diez)

4	<u>Análisis envolvente en estado estacionario</u> : Análisis de sistemas de flujo aplicando una envolvente para el balance de materia y de cantidad de movimiento; Balance en coordenadas rectangulares, modelo de una placa plana inclinada; Balance en coordenadas cilíndricas, modelo de un cilindro vertical recto; Balance en coordenadas esféricas, modelo de flujo reptante alrededor de cuerpos sumergidos. Perfiles del flujo; Velocidad media; Ecuación de Hagen-Poiseuille.	14 (Catorce)
5	<u>Ecuaciones diferenciales para flujo de fluidos isotérmicos</u> . Resumen de notación vectorial y tensorial. Significado físico del concepto de derivada parcial, total, sustancial, gradiente y divergencia; Ecuación de la continuidad, (Conservación de la masa); Segunda ley de Newton del movimiento; Ecuación de Navier-Stokes; Ecuación de la Energía Mecánica, (Bernoulli).	12 (Doce)
6	<u>Ecuación de cambio para sistemas no estacionarios</u> : Efecto de la viscosidad; Teoría de la capa límite; Capa límite laminar y turbulenta; Ecuación de cambio para placa que se mueve bruscamente; Adimensionalización de las ecuaciones de cambio.	8 (Ocho)
7	<u>Transporte turbulento</u> : Experiencia de Reynolds; Distribución de velocidades; Correlaciones de Von Karman; Mecanismo turbulento; Longitud de mezcla de Prandtl; Flujo desarrollado; Difusividad del remolino.	12 (Doce)
8	<u>Transporte de interfase</u> : Numero de Reynolds y Analogía; Definición de factor de fricción. Ecuación de Fanning. Histéresis del régimen intermedio; Efectos de la perturbación en la capa límite; Cambio de dirección, cambio de velocidad división de flujo, efectos de borde y accesorios; Estimación de las pérdidas por fricción; Introducción al cálculo de cañerías.	12 (Doce)
9	<u>Transporte de Energía</u> : Conceptos de conducción, convección y radiación; Ley de Fourier; Ley de enfriamiento de Newton; Difusividad térmica; Balance de energía en envolturas simples.	10

	Conducción en paredes compuestas; Distribución de temperaturas en sólidos; Conducción en sólidos en estado transiente, para geometrías regulares; Coeficiente global de transferencia de calor.	(Diez)
10	<u>Ecuaciones diferenciales para la transferencia de calor</u> : Condiciones límites; Ecuación de la energía en coordenadas rectangulares; Superficies extendidas; Aleta de enfriamiento plana; Rendimiento; Ecuación de la energía en coordenadas cilíndricas; Convección natural; Convección forzada; Adimensionalización de las ecuaciones de cambio; Capa límite térmica; Analogía de Reynolds.	12 (Doce)
11	<u>Transporte de interfase</u> : Diferencia media de temperaturas: Aritmética, geométrica y logarítmica; Coeficiente global de transmisión del calor; Correlación de Nusselt; Balance macroscópico de energía térmica y mecánica.	14 (Catorce)
12	<u>Radiación térmica</u> : Ley de Kirchoff; Poder emisivo de los cuerpos; Cuerpo negro; Emisividad; Cuerpo gris; Energía radiante y cuerpo negro; Ley de Wien; Ley de Stefan- Boltzman; Factores de visión; Factores globales de intercambio.	8 (Ocho)
13	<u>Transferencia de masa</u> : Difusividad y mecanismos de transporte; Velocidad de un componente; densidad de flujo de materia; Flujo relativo; Ley de Fick de difusión; Difusión equimolar y no equimolar; Número de Schmidt; Balances de materia aplicados a una envoltura.	10 (Diez)
14	<u>Ecuaciones diferenciales de transferencia de masa</u> : Ecuación de continuidad de un componente en una mezcla en diversos sistemas coordenados; Condiciones de contorno; Adimensionalización de las ecuaciones de cambio.	10 (Diez)
15	<u>Transporte de interfase</u> : Analogía de Reynolds; Equilibrio; Balance en torre de pared húmeda; Altura de unidades de transferencia; Números de unidades de transferencia.	8 (Ocho)

El enfoque de esta materia requiere que el alumno adquiera y desarrolle habilidades de análisis, síntesis y lógicas matemáticas, para establecer diferentes rutas en la solución de los problemas. La conformación de una visión y una actitud de la ingeniería implica incluir en la dinámica enseñanza-aprendizaje las estrategias adecuadas en cada caso particular que logre un avance significativo en el conocimiento y permita la correcta integración de los conceptos tanto recibidos de manera horizontal, como vertical.

Las estrategias básicas para utilizar en la asignatura son:

- a) Sistemática de la ciencia
- b) Método de casos
- c) Realidad Teoría y Práctica

Los pasos de la sistemática permiten establecer una disciplina en la secuencia necesaria para la interpretación del fenómeno, es decir observar, esquematizar y parametrizar y proveer una estructura de análisis desde lo general a lo particular.

El método de casos conforma un aporte en el potencial de observación, la capacidad analítica, el espíritu crítico, la habilidad de obtener conclusiones, la destreza en la toma de decisiones y el ingenio en la proyección.

La dinámica de la Realidad Teoría y Práctica persigue el fin de que el estudiante, a través de la participación, incorpore los conocimientos como su propio descubrimiento y elaboración.

Para el desarrollo de la cátedra se implementarán diferentes estrategias didácticas que abarcarán:

1. Dictado de las clases teóricas, modalidad expositiva, dialogado, a cargo del docente de la cátedra, utilizando recursos informáticos, proyección y análisis de ecuaciones para situaciones reales de transferencia.
2. Se realizará una importante actividad de cálculo y resolución de problemas específicos que se implementará mediante guías de trabajos prácticos a cargo del J.T.P. Luego de su desarrollo se fomentará el análisis y la discusión grupal de las estrategias utilizadas.
3. Desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio y planta piloto.

Recomendaciones para el estudio

En la resolución de problemas prácticos de deben reforzar principalmente conceptos básicos de Física I y Termodinámica.

Al estudiante le será útil contar conocimientos afianzados de álgebra vectorial para entender y desplegar con mayor fluidez los modelos matemáticos aplicados a los fenómenos de transferencias.

Se debe buscar una visión y una actitud para comprender las estrategias que se deben tomar en cada caso particular a resolver. Siempre teniendo en cuenta la necesidad de la correcta integración de los conceptos. Estableciéndose una disciplina en la secuencia necesaria para la interpretación del fenómeno, es decir observar, esquematizar, parametrizar y proveer una estructura de análisis desde lo general a lo particular.

El estudio y análisis de casos particulares conformara un aporte en el potencial de observación, la capacidad analítica, el espíritu crítico, la habilidad de obtener conclusiones, la destreza en la toma de decisiones y el ingenio en la proyección.

Metodología de evaluación

El modelo de enseñanza basado en competencias implica que las y los docentes apliquen metodologías e instrumentos de evaluación que permitan conocer el nivel de desarrollo de las competencias que aborda la asignatura.

Criterios de:

A) Cursado:

- a) Deberá tener el 75% de asistencia a las clases Teóricas y Teórico-Prácticas, que es reglamentario.
- b) Presentar la totalidad de los informes de las guías de resolución de problemas.
- c) Realizar la totalidad de los trabajos prácticos y tener aprobado el informe correspondiente.
- d) Acreditar la aprobación de los Instancias de evaluación escritas.
- e) Las calificaciones mínimas de aprobación será 6 (seis).
- f) Se prevé 1 recuperatorio

B) Promoción Directa:

La Aprobación resultara de cuatro etapas:

- I) Instancias de evaluación 1 Resolución de problemas prácticos.
- II) Instancias de evaluación 2 Resolución de problemas prácticos.
- III) Informe de prácticos en planta piloto.
- IV) Coloquio Integrador Final.

Las calificaciones para acceder a la Promoción Directa serán de 8 (ocho).

C) Examen Final: En caso de no acceder a la Promoción Directa la aprobación de la asignatura, se realizará un examen final consistente en:

- I) Examen Práctico, con resolución de problemas. Aquellos alumnos que logran calificación de 8 o más en las instancias 1 y 2 del punto B estarán exceptuados de este examen práctico.
- II) Examen / Coloquio Integrador Final

Trabajos Prácticos

Se realizarán trabajos prácticos grupales vinculados con los contenidos temáticos. (relacionar con las unidades/contenidos que abarca el/los TPL). La cátedra proveerá a cada equipo de practicantes de una guía teórico-práctica, que incluye técnicas, procedimientos y formato. En el laboratorio correspondiente los alumnos deben realizar la práctica, observación, análisis y efectuar las preguntas pertinentes al docente guía. El procedimiento continúa en el ámbito de trabajo con la discusión grupal hasta la obtención de las conclusiones. No se fijan pautas que limiten la complejidad que el estudiante desee dar a su trabajo. La culminación del Práctico se establece con la entrega de un informe de lo realizado y las conclusiones.

Describir las estrategias de evaluación previstas durante el desarrollo de la asignatura a lo largo de todo el periodo asignado (cuatrimestral o anual) que podrán ser formativas, sumativas, de proceso, diagnósticas, autoevaluación, evaluación por pares. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán en cada instancia de evaluación (como ser clases, trabajos prácticos, proyectos, exposiciones orales, cuestionarios, portafolios, exámenes Instancias de evaluación escritas) y todo instrumento que permita al estudiante demostrar su nivel de desempeño y obtener una retroalimentación significativa para mejorar. Considerar los siguientes aspectos:

- **Evaluación de cada Resultado de Aprendizaje.** Indicar instrumentos de evaluación mediante los cuales se recogerán las evidencias para determinar el nivel de logro de cada resultado de aprendizaje. (La evaluación de resultados de aprendizaje, generalmente de carácter integrador, se puede realizar en forma indirecta o directa. En este último caso, las evidencias surgen de instrumentos de evaluación variados).
- **Condiciones de aprobación:** en este punto se expresan cuáles serán los requisitos para aprobación Directa y No directa, compatible con la normativa vigente.

Cronograma de clases/trabajos prácticos/exámenes (tentativo)

Detallar el cronograma de clases, trabajos prácticos y evaluaciones previstos para el desarrollo de la asignatura. Considerando entre otros los siguientes aspectos:

COMPLETAR/ actualizar

- Cronograma de cada actividad presencial o virtual, indicando a cargo de quien estará (docentes y/o estudiantes).
- Indicación del o la docente responsable de cada actividad (definición de roles tareas del equipo docente).
- Indicación precisa del tiempo de cada una de las actividades.

Cronograma de las instancias de evaluación Instancias de evaluación escritas e integración.

Recursos necesarios

Detallar los recursos necesarios para el desarrollo de la asignatura. Considerar todos los aspectos docentes, institucionales y estudiantiles de manera de conocer y planificar, con previsión, las necesidades para alcanzar los Resultados de Aprendizaje previstos incluyendo, entre otros, los siguientes ítems:

COMPLETAR/ actualizar

- Espacios Físicos aula con pizarrón.
- Proyector con conexión a PC.
- Planta Piloto de Química y Laboratorio de Fluidos.
- Bibliografía, apuntes de contenidos temáticos teóricos, guía de resolución de problemas, guías teórico-prácticas de la cátedra.

Referencias bibliográficas (citadas según Normas APA)

Cengel Y. A. & Cimbala J. M. Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones. McGraw-Hill, 2006.

Cengel Y. A. Transferencia de Calor y Masa. McGraw-Hill, 2007.

Mc.CABE W. Y SMITH J.: Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

BROWN G.G. y otros: Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

FOUST A. S. Y otros: Operaciones Básicas de Ingeniería Química.

Mc. ADAMS W. H.: Transmisión Del calor.

SHERWOOD T. K.; PIGFORD R. L. Y WILKE C. R.: Fenómenos de transferencia de materia.

BIRD R. B.; STEWART W. E. Y LIGHTFOOT R. N.: Fenómenos de transporte.

BENNET C. O. Y MYERS J. E.: Transferencia de cantidad de movimiento.

WELTY J. R.; WILSON R. E. Y WICKS C. E.: Fundamentos de momento, calor y masa.

GEANKOPLIS Christie J.; Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias.

PERRY y otros: Manual del Ingeniero Químico.

REID R. C. Y SHERWOOD T. K.: Propiedades de los Gases y Líquidos.

HOUGEN O. A.; WATSON K. M. Y RAGATZ R. A.: Principios DE los procesos

RUSSELL T. Y DENN M.: Introducción al análisis en Ingeniería Química.

Función Docencia
COMPLETAR/ actualizar
Detallar las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura.
Reuniones de asignatura y área
COMPLETAR/ actualizar
Detalle y cronograma previsto de reuniones de cátedra y área.
Atención y orientación a las y los estudiantes
COMPLETAR/ actualizar
Detalle y cronograma de actividades de trabajo de campo, visitas y/o pasantías previstas en el desarrollo de la asignatura.
Detalle y cronograma de actividades de atención y orientación a las y los estudiantes (dentro y/o fuera del horario de clase)
• Momento de recuperación de actividades no cumplidas. • Actividades previas a la clase que deben realizar los y las estudiantes (sugerencias de revisión de conceptos teóricos y actividades prácticas, así como un recordatorio de las actividades pendientes). • Actividades posteriores a la clase que deben realizar los y las estudiantes, en horario no presencial. • Actividades de aprendizaje autónomo.

ANEXO 1: FUNCIÓN INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN (si corresponde)

En este Anexo 1 (a completar si correspondiese) la cátedra detallará las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura.

Lineamientos de Investigación de la cátedra

Para introducir a las y los estudiantes a las actividades de investigación que realiza la cátedra. Se recomienda incorporar al Programa analítico de la asignatura los lineamientos de investigación en los cuales la asignatura este participando.

Lineamientos de Extensión de la cátedra

Para introducir a las y los estudiantes a las actividades de Extensión que realiza la cátedra. Se recomienda incorporar al Programa analítico de la asignatura los programas de Extensión en los cuales la asignatura este participando.

Actividades en las que pueden participar las y los estudiantes

Incluir todas aquellas instancias en las cuales las y los estudiantes puedan incorporarse como participantes activos tanto en proyectos de investigación como de extensión, en la asignatura o mediante el trabajo conjunto con otras asignaturas.

Eje: Investigación

Proyecto	Cronograma de actividades

Eje: Extensión

Proyecto	Cronograma de actividades