



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Rosario

Rosario, 15 de diciembre de 2020.-

**VISTO:**

Los requerimientos de CONEAU acerca de la actualización de Programas Analíticos.

**CONSIDERANDO:**

Que se ha presentado un nuevo programa para la asignatura Fenómenos de Transporte.

Que la Dirección del Departamento Ingeniería Química ha analizado y aconsejado su aprobación.

Que el Consejo Departamental de la carrera de Ingeniería Química de nuestra facultad ha expedido la Resolución Departamental N° 7/2020, aprobando el nuevo programa analítico de la asignatura FENÓMENOS DE TRANSPORTE.

Por ello y atento a las atribuciones otorgadas por el Artículo 85° del Estatuto Universitario.

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA**

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°:** Aprobar el nuevo programa analítico de la asignatura FENÓMENOS DE TRANSPORTE.

**ARTÍCULO 2°:** Dicho programa analítico forma parte de la presente Resolución como ANEXO I

**ARTÍCULO 3°:** Regístrese. Comuníquese. Cumplido archívese.

**RESOLUCIÓN N° 211**

UTN
FRRo
C.D.


Digitally signed by  
CICCARELLI RUBEN  
FERNANDO  
Date: 2020.12.30 19:27:49 -  
03:00  
Reason: - Aprobación de  
documento.  
Location: UTN-FRRo



Ing. Rubén Fernando CICCARELLI  
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS  
Secretario Académico

Digitally signed by  
MUIÑOS ANTONIO LUIS  
Date: 2020.12.23  
15:26:40 -03:00  
Reason: -  
Location:





I. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

ASIGNATURA			
FENÓMENOS DE TRANSPORTE			
CARRERA	DEPARTAMENTO	PLAN DE ESTUDIOS	CARÁCTER
Ingeniería Química	Ingeniería Química	2004	Obligatoria
CARGA HORARIA ANUAL (hs cátedra)		RÉGIMEN DE DICTADO	
160		Anual	

II. OBJETIVOS

Objetivos generales:

Se espera que al finalizar el curso el alumno sea capaz de:

- ✓ Reconocer, interpretar y enunciar los principios básicos comunes que rigen el transporte de cantidad de movimiento, energía calorífica y materia.
- ✓ Establecer los criterios para su aplicación dentro del campo de la Ingeniería Química.

Objetivos específicos:

- ✓ Estimar los coeficientes de transporte, a través de métodos y herramientas teóricos, empíricos e informáticos, para la predicción de las propiedades viscosidad, conductividad calorífica y difusividad.
- ✓ Identificar el significado de los diferentes términos de las ecuaciones diferenciales microscópicas generales de conservación de cantidad de movimiento, energía calorífica y materia.
- ✓ Reconocer e interpretar las características especiales de los regímenes de flujo laminar y turbulento, y de las capas límites hidrodinámica y térmica.
- ✓ Reconocer las bases empíricas y los resultados del análisis dimensional, como herramientas que permiten conocer y controlar las variables que intervienen en los fenómenos de transferencia, y sus aplicaciones al escalado de procesos.
- ✓ Identificar el significado de los diferentes términos de las ecuaciones macroscópicas de transferencia de materia, energía y cantidad de movimiento.
- ✓ Plantear modelos que permitan predecir el comportamiento real de un sistema y el efecto de las variables sobre el mismo, considerando distintos sistemas de coordenadas.
- ✓ Integrar creativamente conocimientos y aplicarlos a la resolución de problemas que involucren el transporte de materia, energía y cantidad de movimiento utilizando herramientas informáticas.
- ✓ Desarrollar actividades grupales y trabajos experimentales en aula, laboratorios y planta piloto, evidenciando una participación activa en las mismas.



- ✓ Analizar y discutir los alcances y aplicaciones de los artículos científicos propuestos.
- ✓ Ejercitar las habilidades comunicativas (expresión escrita y oral) que favorezcan la interacción personal dirigida a objetivos comunes.

### III. CONTENIDOS

#### TEMA 1: MECANISMOS DE TRANSPORTE Y PREDICCIÓN DE PROPIEDADES

Conceptos de equilibrio y evolución. Fuerza impulsora y resistencias.

Regímenes estacionarios y transitorios. Teoría general del transporte molecular de cantidad de movimiento, energía calorífica y materia.

Ley de Newton de la viscosidad. Fluidos newtonianos. Fluidos no-newtonianos, modelos. Viscosidad de gases y líquidos; influencia de la presión, temperatura y composición. Viscosidad cinemática.

Mecanismos de transporte de energía calorífica: conducción, convección y radiación. Conductividad calorífica y difusividad térmica. Número de Prandtl. Ley de Fourier de la conducción del calor. Conductividad calorífica en gases, líquidos y sólidos; efecto de la temperatura y presión.

Fundamentos del transporte de materia por difusión, casos. Ley de Fick.

Difusividad, influencia de la presión, temperatura y composición. Difusividad en gases, líquidos y sólidos. Número de Schmidt.

#### TEMA 2: BALANCES ENVOLVENTES Y ECUACIONES DIFERENCIALES PARA SISTEMAS ISOTÉRMICOS DE FLUIDOS PUROS

Balances de materia y cantidad de movimiento en envolturas en Estado Estacionario. Aplicaciones en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas.

Condiciones límites. Número de Reynolds. Ecuación de Hagen-Poiseuille.

Conceptos de derivadas parcial, total y sustancial. Notación vectorial y tensorial. Ecuación de Continuidad.

Ecuación del Movimiento. Aplicaciones a sistemas de flujo en estado estacionario. Ecuación de la Energía Mecánica.

#### TEMA 3: BALANCES ENVOLVENTES Y ECUACIONES DIFERENCIALES PARA SISTEMAS NO-ISOTÉRMICOS. FLUIDOS PUROS

Balances en envolturas para energía calorífica.

Condiciones límites. Conducción con y sin generación interna. Envolturas simples y compuestas.



---

Distribuciones de temperaturas en envolturas. Coeficientes de transmisión del calor en interfaces.

Ecuaciones diferenciales para la transmisión del calor: Ecuaciones de la Energía mecánica, calorífica y total. Distribuciones de temperatura. Formas especiales y simplificadas de las ecuaciones. Convección forzada y libre.

#### TEMA 4: BALANCES ENVOLVENTES Y ECUACIONES DIFERENCIALES PARA SISTEMAS MULTICOMPONENTES

Balances en envolturas para mezclas binarias. Difusión en película gaseosa estancada. Difusión equimolar.

Ecuación de Continuidad en mezclas binarias, sistemas coordenados. Ecuaciones de variación para sistemas binarios y de varios componentes. Condiciones límites. Formas especiales y simplificadas. Aplicaciones.

#### TEMA 5: DISEÑO POR SIMILITUD Y ESCALADO DE PROCESOS.

Adimensionalización de las ecuaciones de variación (Continuidad, Movimiento y Energía Calorífica). Teorema Pi. Aplicaciones. Introducción al escalado de Procesos

#### TEMA 6: TURBULENCIA Y CAPA LÍMITE.

TURBULENCIA: Flujo turbulento, características. Alisado temporal de las Ecuaciones de Variación.

CAPA LIMITE HIDRODINAMICA: Viscosidad y resistencia fluida. Resistencia de fricción y de forma. Concepto de capa límite, efectos de las superficies. Desarrollo de una capa límite. Longitud de entrada. Separación de capa límite.

CAPA LIMITE TERMICA: Concepto, relaciones con la capa límite hidrodinámica.

#### TEMA 7: TRANSPORTE EN INTERFASES Y BALANCES MACROSCÓPICOS EN SISTEMAS ISOTÉRMICOS. FLUIDOS PUROS

Definición del factor de fricción, relación con el Número de Reynolds. Métodos de estimación. Factor de fricción en conductos y alrededor de objetos sumergidos. Métodos y ecuaciones utilizadas. Aplicaciones.

Balance macroscópico de Materia. Balance de Cantidad de Movimiento. Balance de Energía Mecánica. Expresiones para estado estacionario. Estimación de pérdidas por fricción en tuberías y accesorios. Usos y aplicaciones.

#### TEMA 8: TRANSPORTE EN INTERFASES Y BALANCES MACROSCÓPICOS EN SISTEMAS NO ISOTÉRMICOS. FLUIDOS PUROS

Coeficientes de transmisión del calor, definiciones.



Coefficientes globales. Diferencia media de temperatura, tipos. Convección forzada y libre. Determinación de los coeficientes de transmisión del calor para fluidos por el interior de conductos y alrededor de objetos sumergidos. Correlaciones utilizadas. Condensación. Evaporación.

Balances macroscópicos de Energía. Casos particulares, su importancia. Aplicaciones. Introducción al cálculo de superficies de intercambio de calor.

#### TEMA 9: TRANSPORTE EN INTERFASES Y BALANCES MACROSCÓPICOS EN SISTEMAS MULTICOMPONENTES

Equilibrio entre fases. Coeficientes de transferencia de materia, individuales y globales.

Los Balances macroscópicos de Materia, Cantidad de Movimiento, Energía y Energía Mecánica para sistemas multicomponentes. Analogías entre transporte de cantidad de movimiento, energía calorífica y materia. Aplicaciones.

#### TEMA 10: TRANSPORTE DE ENERGÍA POR RADIACIÓN TÉRMICA

Energía radiante, conceptos. Poder emisor de los cuerpos. Concepto de cuerpo negro. Emisividad. Cuerpo gris. Leyes de Stefan-Boltzmann, Planck y Wien. Radiación entre superficies. Factores de visión. Factores de intercambio. Pantallas de radiación. Emisividad de gases.

### IV. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

#### Clases teórico-prácticas

Se parte del concepto del aprendizaje como construcción, por lo tanto la propuesta es acercarse a los problemas integrando lo conceptual o teórico y la ejercitación como forma de generación de conocimiento.

Se introducirá la actividad curricular exponiendo el programa de contenidos de manera que el alumno tenga desde el inicio una visión de conjunto, y se indicará la relación de esta asignatura con las otras asignaturas del Plan de Estudios de IQ.

Se recomendará la bibliografía y el material de estudio, orientados por tema. Se dispone de una colección temática de ejercicios y problemas, que constituyen la Guía de ejercitación de aula, y una guía propuesta adicional para ejercitar fuera del aula.

#### Actividades de formación práctica

Las actividades de formación prácticas previstas se desarrollan en Aula, laboratorios, Gabinete de informática y Planta Piloto del Departamento de Ingeniería Química, de acuerdo a los requerimientos de los mismos; y se enfocan en:

- Preguntas para pensar, repensar y recrear los sistemas físicos cotidianos.



- Resolución de situaciones problemáticas abiertas, en la mayor medida posible enfocadas en situaciones reales (mediante aplicación de hojas de cálculo, uso de simuladores, etc.)
- Experiencias de laboratorio y de planta piloto.
- Actividades investigativas individuales y grupales (extra áulicas).

La ejecución de las tareas experimentales en Laboratorio/Planta Piloto es de asistencia obligatoria. Se realizan con comisiones que oscilan entre 4 y 6 alumnos según el caso.

Los alumnos disponen de la "Guía de la Actividad Práctica" donde se incluyen los objetivos del mismo, sus fundamentos teóricos, los esquemas de equipos e instrumentos utilizados, la secuencia de ejecución, las mediciones a realizar y las tablas y/o diagramas que deberán confeccionar con los resultados de la experiencia. El trabajo se llevará a cabo supervisado por el personal auxiliar y un responsable de Laboratorio o Planta Piloto, atendiendo las medidas de seguridad correspondientes.

#### **V. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA**

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en clases dirigidas por un lado, y el aprendizaje cooperativo - colaborativo y el autoaprendizaje, por otro. Esta metodología se desarrollará a través de clases invertidas, clases de seminarios, trabajos experimentales, resolución de problemas y trabajos dirigidos. Se busca mantener al estudiante en un rol activo en todas las estrategias planteadas para abordar cada tema del listado de contenidos.

Para el desarrollo de la asignatura se propone un abordaje vertical en el cual se trata cada una de las transferencias (cantidad de movimiento, energía y masa) por vez. Planteando las semejanzas en las descripciones cuantitativas y cualitativas que se presentan en cada caso, de tal forma de visualizarlas integradamente a medida que se avanza en el dictado de la materia.

Cada tema se desarrolla con un enfoque de conceptos fundamentales y ejercitaciones dando participación a los estudiantes a través de preguntas de casos de la vida diaria, del cálculo y resolución de situaciones problemáticas y del abordaje de las actividades investigativas individuales y grupales que permitan comprender y reforzar el conocimiento de la transferencia en estudio.

Los temas desarrollados y sus aplicaciones deberán ser completados, en todos los casos, por la lectura y estudio de la bibliografía que cada alumno realice en forma particular fuera de los horarios de clase.

Las actividades de formación prácticas planteadas durante el dictado de la asignatura tienen como finalidad que el alumno adquiera, simultáneamente, competencia y destreza en la resolución de problemas, en la comprensión de los principios que rigen los sistemas físicos, refuerce sus habilidades para manejar equipos de Laboratorio y Planta Piloto y desarrolle capacidades y habilidades para el aprendizaje auto dirigido y para el trabajo colaborativo.



En este sentido el docente orienta a los alumnos en el desarrollo de las experiencias sobre cómo aplicar con criterio las metodologías de trabajo que les permitan estudiar, analizar, interpretar y presentar los resultados sobre el tema que se aborda.

#### VI. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La modalidad de evaluación se sustenta en una valoración ininterrumpida del desenvolvimiento del alumno durante el transcurso del dictado de la materia.

Para ello se prevén tanto evaluaciones formativas como sumativas, a través de las distintas actividades planificadas por el equipo docente.

En general, los aspectos a evaluar serán:

- Nivel de calidad en el desempeño del alumno en cada actividad (producción personal, alternativas seleccionadas, fundamentación de las herramientas empleadas y conclusiones obtenidas)
- Experiencias de trabajo en equipo
- Dedicación durante el desarrollo de clases y consultas
- Presentación de trabajos grupales o individuales
- Niveles de las consignas alcanzadas en las evaluaciones escritas.

#### DESCRIPCIÓN DE LA FORMA DE EVALUACION DE ACTIVIDADES

##### A- LECTURA Y ANÁLISIS DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Esta actividad puede ser de carácter individual o grupal. Se propone una actividad individual de este tipo a principios del ciclo y a los efectos de captar el nivel de conocimientos, nivel de abstracción, grado de comprensión, capacidad de síntesis, capacidad de reconocer debilidades en la formación actual, y la motivación de los estudiantes.

Se propone que la valoración sea realizada por el estudiante (autoevaluación o evaluación por un par), haciéndose especial énfasis en la responsabilidad y compromiso del alumno en cuanto a la realización de la actividad en los tiempos establecidos.

##### B- IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL DE MODELOS. EN FORMA GRUPAL. EXTRA-ÁULICA. ENTREGA VÍA CAMPUS VIRTUAL

La actividad se carga en el Campus Virtual y se consigna la fecha límite de entrega de la misma. La evaluación es formativa, es decir, no hay una calificación numérica, sino una devolución del docente de carácter cualitativo acerca de los errores y aciertos respecto a las consignas. Se lleva un registro, y se consideran aspectos tanto de contenidos técnicos, como de presentación de informe, y entrega en tiempo y forma.

##### C- ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y PROPUESTAS EN EL CAMPUS VIRTUAL



Posteriormente a la realización de la actividad, y en los plazos consignados en el cronograma de actividades, cada comisión presentará un informe sobre la experiencia realizada, con los resultados y sus conclusiones, mencionando también las dificultades que pudiera haberse encontrado para concretarlo. La evaluación es formativa.

#### D- EVALUACIONES PARCIALES EN FORMA INDIVIDUAL. REALIZACIÓN Y ENTREGA EN AULA.

Estas evaluaciones consisten en la resolución de problemas semi-teóricos y numéricos, relacionados con la ejercitación práctica, y cuestionarios teóricos. Son sumativas, es decir, se registra una calificación numérica cuya ponderación se considera para la aprobación.

#### E- EXAMEN FINAL

Para aquellos alumnos que no logren la aprobación directa durante el curso, se llevará a cabo un examen final de la asignatura de carácter teórico-práctico. Se plantea la resolución de ejercicios de aplicación y desarrollos teóricos orales y/o escritos, o resolución de ejercicios semi-teóricos. Se observa la capacidad de integración, de asociación, de aplicación y de interrelacionar conceptos y temas. Ésta es una instancia más de evaluación del alumno en el marco del proceso de aprendizaje de la asignatura y de desarrollo personal, por lo que se toma en cuenta también el desenvolvimiento del estudiante a lo largo del cursado.

### VII. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Beek, W.J. y col., Transport Phenomena. J. Wiley & Sons. New York ;1999
- ✓ Bennet C. O. y Myers J. E. Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Materia, Ed. Reverté.; 1979
- ✓ Brodkey, R. S. y Hersey, H. C., Transport Phenomena: a Unified Approach. Editorial McGraw Hill. New York ; 1988
- ✓ Bird R. B., Stewart W. E. y Lightfoot R. N. Fenómenos de Transporte, Ed. Reverté.; 1998
- ✓ Brown G. G. y otros Operaciones Básicas de Ingeniería Química, Ed. Marín; 1965
- ✓ Cengel Y. y Cimbala J. Mecánica de los fluidos - fundamentos y aplicaciones. Ed. McGraw-Hill; 2006
- ✓ Cengel, Y.A., Fundamentos de Transferencia de Calor y Masa, Ed. Mac Graw Hill ; 2007
- ✓ Foust A. S., Wenzel L. A. y otros Principios de operaciones unitarias. Ed. Continental; 1960
- ✓ Geankoplis C. J.: Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias (3ª. Ed.) Ed. CECSA; 1998
- ✓ Himmelblau D. M. y Bischoff K. B. Análisis y Simulación de Procesos, Ed.; 1976
- ✓ Holland F. A. Flujo de Fluidos para Ingenieros Químicos. Ed. Géminis; 1980
- ✓ Incropera, F. P.; De Witt, D., Fundamentos de Transferencia de Calor. Cuarta Edición. Edit. Pearson ; 1996
- ✓ Kessler, D.P., Greenkorn, R.A. Momentum , Heat and Mass Transfer Fundamentals- Editorial Marcel Decker.; 1999
- ✓ Massey, B. Mecánica de fluidos. Ed. Continental; 1979
- ✓ McCabe W. y Smith J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química ( 7ma. Ed), Ed. McGraw-Hill; 2007
- ✓ Perry J. y otros : Manual del Ingeniero Químico, Ed. McGraw Hill; 1995



- 
- ✓ Perry J. y otros: Manual del Ingeniero Químico (3a. Ed – 2 tomos). Ed. McGrawHill; 1986
  - ✓ Sherwood T. K., Pigford R. L. y Wilske C. R. Transferencia de Masa. Ed. Géminis; 1979
  - ✓ Sigales B. Transferencia de Calor Técnica. Ed. Reverté; 2003
  - ✓ Slattery, J.C., Advanced Transport Phenomena. Cambridge University Press. New York; 1999
  - ✓ Themelis, N. J., Transport and Chemical Rate Phenomena. Gordon and Breach Publishers. Basilea.; 1995
  - ✓ Tosum I. Modelling in Transport Phenomena. Ed. ELSEVIER; 2002
  - ✓ Treybal, R. Operaciones de transferencia de masa (2a. Edición). Ed. McGraw-Hill; 1981
  - ✓ Welty J. R. Transferencia de calor aplicada a la ingeniería. Ed. Limusa; 1978
  - ✓ Welty J. R., Wilson R. E. y Wicks C. E. Fundamentos de la Transferencia de Momento, Calor y Masa, Ed. Limusa; 2006
  - ✓ Whitaker S., Introduction to Fluid Mechanics. Prentice Hall.; 1968
  - ✓ Wong H.Y. Manual de fórmulas y datos esenciales de transferencia de calor para ingenieros, Ed. Géminis; 1981

Digitally signed by  
CICCARELLI RUBEN  
FERNANDO  
Date: 2020.12.30 19:26:13 -  
03:00  
Reason: - Aprobación de  
documento.  
Location: UTN-FRRO

Digitally signed by  
MUNOS ANTONIO LUIS  
Date: 2020.12.23  
15:25:26 -03:00  
Reason: -  
Location: