

## PROGRAMA DE CURSO FENÓMENOS DE TRANSPORTE

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Minas (DIMIN)					
Nombre del curso	Fenómenos de Transporte	Código	MI3235	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Transport Phenomena</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	FI2004: Termodinámica/IQ2212: Termodinámica química					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes apliquen principios básicos de conservación de masa y momentum para el planteamiento y resolución de problemas simples de fluidodinámica en el contexto de la Ingeniería de Minas.

Para ello, utilizan herramientas de cálculo diferencial, ecuaciones diferenciales y matemáticas aplicadas para resolver problemas planteados de transporte de momentum, masa y energía en medios continuos dependientes del espacio y del tiempo.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Concebir, diseñar, optimizar e implementar soluciones científico-tecnológicas en explotación de yacimientos, procesamiento de minerales o metalurgia extractiva.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2	RA1: Aplica principios básicos de conservación de momentum, masa y energía para el planteamiento y resolución de problemas simples de fluidodinámica, en el contexto de operaciones minero–metalúrgicas asociadas al negocio minero.
	RA2: Plantea y resuelve problemas de transporte de momentum, masa y energía en medios continuos dependientes del espacio y del tiempo, identificando los mecanismos de transferencia que los afectan.
	RA3: Utiliza herramientas de cálculo diferencial, ecuaciones diferenciales y matemáticas aplicadas para resolver problemas de transporte de momentum, masa y energía en medios continuos dependientes del espacio y del tiempo.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Elabora textos concisos de carácter explicativo-argumentativos donde justifica a nivel conceptual el análisis de diversos problemas en fenómenos de transporte, desarrollando una línea de exposición/argumentación coherente, clara y precisa.
CG4	RA5: Resuelve con sus pares problemas de transporte, considerando para el análisis y discusión de los resultados el respeto por las opiniones e ideas de sus compañeros.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA4	Fundamentos de fenómenos de transporte	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Introducción general los fenómenos de transporte, importancia y ocurrencia en procesos mineralúrgicos y metalúrgicos. 1.2. Definición de unidades y conceptos básicos. 1.3. Postulado del medio continuo y la noción de fluidos. 1.4. Descripción euleriana y lagrangeana de flujo. 1.5. Teorema de transporte de Reynolds (TTR).		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica en ejemplos básicos, distintos mecanismos de transporte en medios continuos.</li> <li>Estima la ocurrencia de fenómenos de transporte en operaciones minero-metalúrgicas asociadas al negocio minero.</li> <li>Interpreta el significado del Teorema de transporte de Reynolds (TTR), considerando como una propiedad del fluido dentro de un volumen de control que varía en el tiempo.</li> <li>Plantea y resuelve problemas simples de transferencia de masa, utilizando el TTR.</li> <li>Elabora textos concisos y claros, de carácter explicativo-argumentativo, donde justifica a nivel conceptual el análisis de problemas en fenómenos de transporte.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[1] cap. 1 a 3 [2] cap. 1 [5] cap. 1	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Transporte de momentum y energía mecánica	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Fluidos incompresibles y ecuación de continuidad. Introducción a la hidrostática. 2.2. Cinemática de medios continuos. 2.3. Definición de viscosidad y factores que la condicionan. 2.4. Ley de viscosidad de Newton, definición y unidades. 2.5. Problemas simples de fluidodinámica, empleando balances de envoltura. 2.6. Ecuación de movimiento de un fluido cualquiera y ecuación de Navier-Stokes. 2.7. Capa límite de momentum.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica el origen de la ley de la hidrostática mediante la formulación de un balance de fuerzas en un fluido en reposo.</li> <li>Analiza las fuerzas de presión en fluidos en reposo con densidad constante o variable</li> <li>Calcula el peso y el empuje sobre cuerpos sumergidos.</li> <li>Determina e interpreta los distintos grados de libertad asociados al movimiento de un medio continuo.</li> <li>Analiza la viscosidad como propiedad de transporte considerando los factores que la condicionan.</li> </ol>	

<p>2.8. Flujo laminar y turbulento. El número de Reynolds.</p> <p>2.9. Definición y transporte de energía mecánica en fluidos.</p> <p>2.10. Concepto de altura de energía con aplicación a transporte de fluidos en régimen turbulento.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Aplica las leyes de la mecánica al transporte de momentum en fluidos, empleando balances de envoltura.</li> <li>7. Utiliza la ecuación de movimiento de un fluido y la ecuación de Navier-Stokes en la resolución de problemas simples en flujos simples.</li> <li>8. Identifica las características principales de los flujos turbulentos, además de sus diferencias con los flujos laminares.</li> <li>9. Resuelve problemas simples de flujos turbulentos en tuberías, considerando balances de energía.</li> <li>10. Trabaja con su equipo en problemas de fenómenos de transporte que se le presentan, sometiendo a discusión y consenso la solución obtenida, en un clima de respeto y tolerancia.</li> <li>11. Produce textos concisos donde justifica a nivel conceptual el análisis de problemas en fenómenos de transporte, desarrollando una línea de exposición/argumentación coherente, clara y precisa.</li> </ol>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[1] cap. 4 [2] cap. 1 a 7 [5] cap. 1 a 5 [6] cap. 1 a 3 [7] cap. 1 a 5</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4	Transferencia de Masa	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Concepto de difusión y definición de difusividad, D. 3.2. Factores en los que depende D. 3.3. Ley de Fick de difusión. 3.4. Formulación de problemas de difusión de masa en régimen permanente. 3.5. Transferencia de masa estacionaria sin y con reacción química. 3.6. Transferencia de masas por difusión transiente. 3.7. Capa límite de masa y su relación con capa límite de momentum. 3.8. Transferencia de masa por convección natural y forzada.		El/la estudiante:  1. Identifica los mecanismos de transporte de masa en aplicaciones que se le presentan. 2. Aplica distintas condiciones de borde a problemas conceptuales de transferencia de masa en régimen permanente. 3. Formula problemas de transferencia de masa empleando la noción de vector de flujo combinado. 4. Formula y resuelve problemas de transferencia de masas con componente convectivo débil. 5. Formula y resuelve problemas de advección-difusión de masa. 6. Formula y resuelve problemas de transferencia de masa por difusión en régimen transiente. 7. Aplica conceptos de capa límite de masa a la resolución de problemas de transferencia de masa por convección en sistemas con cambio de fase. 8. Elabora textos concisos, claros y coherentes de carácter explicativo-argumentativos donde justifica el análisis conceptual de problemas en fenómenos de transporte.	
Bibliografía de la unidad		[1] cap. 5-9, cap. 10-12 [2] cap. 16 a 22 [4] cap. 1 a 7 [5] cap. 11 a 12 [7] cap. 13 a 16	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3	Transferencia de calor	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Definición de conductividad térmica, <math>k</math>.</p> <p>4.2. Factores de los que depende <math>k</math>.</p> <p>4.3. Predicción teórica de <math>k</math>.</p> <p>4.4. Mediciones experimentales de <math>k</math> para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica.</p> <p>4.5. Ley de Fourier de transferencia de calor.</p> <p>4.6. Formulación de problemas simples de conductividad térmica.</p> <p>4.7. Transferencia de calor estacionaria.</p> <p>4.8. Transferencia de calor no estacionaria.</p> <p>4.9. Transferencia de calor por convección natural y forzada.</p> <p>4.10. Transferencia de calor entre interfases: el concepto del coeficiente de transferencia de calor, <math>h</math>.</p> <p>4.11. Estimación de <math>h</math>.</p> <p>4.12. Transferencia de calor por radiación.</p> <p>4.13. Transferencia de calor con cambio de fase.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determina las diferencias entre transferencia de calor estacionaria y no estacionaria, considerando medios estáticos y en movimiento.</li> <li>Compara los fundamentos de transferencia de calor por convección natural y forzada con la transferencia de calor entre interfaces, distinguiéndolos.</li> <li>Resuelve problemas simplificados de transporte de energía en procesos metalúrgicos, estimando propiedades y coeficientes de transferencia de calor (locales y globales).</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>[1] cap. 5-9</p> <p>[2] cap. 8 a 15</p> <p>[5] cap. 6 a 10</p> <p>[7] cap. 6 a 12</p>	

### E. Estrategias de enseñanza-aprendizaje:

El curso considera una serie de estrategias de enseñanza-aprendizaje, entre las que se pueden mencionar.

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Estudio de caso.

## F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre, se informará a los estudiantes acerca de la propuesta de evaluación: tipo y cantidad, así como ponderaciones, cálculo de la nota final y fechas en que estas se realizarán.

El curso tiene considera las siguientes instancias de evaluación:

- Controles.
- Ejercicios y tareas; en algunas de las cuales debe justificar de manera clara y precisa los resultados obtenidos.
- Examen.

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía obligatoria:

(1) [Utigard]

Utigard, T. (2000). *An introduction to Fluid Flow, Heat and Mass Transfer*. University of Toronto.

(2) [Bird]

Bird, R.B., W. E. Stewart, E. and Lightfoot, E. N. (2006). *Transport Phenomena*, Wiley, New York: 2nd Ed.

(3) [Zimmerman]

Zimmerman, Z. (2006) *Multiphysics Modeling with Finite Element Methods*. World Scientific UK.

### Bibliografía complementaria:

(4) [Geankoplis]

Geankoplis, C.J. (1972). *Mass Transport Phenomena*. Holt, Rinehart and Winston, Inc.

(5) [Szeckely]

Szekely, J. and N. J. Themelis, N.J. (1971). *Rate Phenomena in Process Metallurgy*. Wiley, New York.

(6) [Dullien]

Dullien, F.A. L. (1992). *Porous Media: Fluid Transport and Pore Structure*. Academic Press.

(7) [Geiger]

Geiger, G.H. and Poirier, D.R. (1994). "Transport Phenomena in Metallurgy", Minerals Metals and Materials Society.

(8) **Apuntes de clases**, disponibles en Ucursos.

## H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso

Vigencia desde:	Primavera, 2021
Elaborado por:	Leandro Voisin, Christian Ihle
Validado por:	Validación CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular