

## PROGRAMA DE CURSO

<b>Código</b>	<b>Nombre en Español</b>			
<b>MI3010</b>	<b>Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva</b>			
<b>Nombre en Inglés</b>				
<b>Transport Phenomena in Extractive Metallurgy</b>				
<b>SCT</b>	<b>Unidades Docentes</b>	<b>Horas de Cátedra</b>	<b>Horas Docencia Auxiliar</b>	<b>Horas de Trabajo Personal</b>
6	10	3	2	5
<b>Requisitos</b>			<b>Carácter del Curso</b>	
MA2001 Cálculo en Varias Variables. MA2601: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. FI2004 /CM2004: Termodinámica / Físico Química.			Obligatorio para: Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería Mención Minería y Metalurgia Extractiva.	
<b>Resultados de Aprendizaje</b>				
Al finalizar el curso el alumno demuestra que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantifica los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y materia en sistemas metalúrgicos.</li> <li>• Calcula propiedades físicas de transporte.</li> <li>• Resuelve analíticamente problemas básicos de fenómenos de transporte.</li> <li>• Aplica herramientas computacionales en la resolución de problemas metalúrgicos que involucren fenómenos de transporte.</li> </ul>				

Metodología Docente	Evaluación General
La estrategia metodológica que se desarrollará en este curso es: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases expositivas</li> <li>• Clases auxiliares con ejemplos y ejercicios prácticos</li> </ul>	La propuesta de evaluación es de proceso, en donde el estudiante deberá demostrar sus competencias en las siguientes instancias: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 controles (C1, C2 y C3)</li> <li>• 1 examen (Ex)</li> <li>• Ejercicios (E), Tareas (T) y Lecturas (L)</li> </ul> Se sigue la ponderación planteada a continuación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>NC = 0,2*(C1 + C2 + C3) + 0,4*Ex</math></li> <li>- <math>NA = 0,5*E + 0,3*T + 0,2*L</math></li> <li>- <math>NF = 0,75*NC + 0,25*NA</math></li> </ul>

## UNIDADES TEMÁTICAS

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	<b>Fundamentos de fenómenos de transporte en metalurgia extractiva</b>	1,5 semana
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Introducción general al tema, importancia y ocurrencia en procesos metalúrgicos. 1.2 Definición de unidades y conceptos básicos. 1.3 Postulado del medio continuo. 1.4 Cinemática. 1.5 Teorema de transporte.	El estudiante: 1. Identifica la importancia y la ocurrencia de los fenómenos de transporte en metalurgia extractiva. 2. Comprende postulados fundamentales e identifica herramientas matemáticas a utilizar.	[Utigard, cap. 1 a 3] [Bird, cap. 1] [Szeckely, cap. 1]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	<b>Transferencia de cantidad de movimiento</b>	3.5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Definición de viscosidad, $\mu$ . 2.2 Ley de viscosidad de Newton, definición y unidades. 2.3 Factores de los que depende $\mu$ . 2.4 Predicción teórica de $\mu$ . 2.5 Mediciones experimentales de $\mu$ para fluidos de importancia metalúrgica. 2.6 Problemas simples de fluidodinámica. 2.7 Ecuación de continuidad. 2.8 Ecuación de Navier-Stokes. 2.9 Flujo turbulento. 2.10 Transporte de momentum entre dos fases: factor de fricción, correlaciones adimensionales. 2.11 Flujo en medios porosos. 2.12 Balances macroscópicos.	El estudiante: 1. Explica los fundamentos de transferencia de cantidad movimiento para flujo laminar y turbulento. 2. Caracteriza fluidos según sus propiedades. 3. Resuelve problemas relacionados a la unidad.	[Bird, cap. 1 a 7] [Szeckely, cap. 1 a 5] [Geiger, cap. 1 a 5] [Dullien, cap. 1 a 3] [Utigard: cap. 4]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	<b>Transferencia de calor</b>	3.5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Definición de conductividad térmica, $k$ . 3.2 Factores de los que depende $k$ . 3.3 Predicción teórica de $k$ . 3.4 Mediciones experimentales de $k$ para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica. 3.5 Ley de Fourier de transferencia de calor 3.6 Formulación de problemas simples de conductividad térmica. 3.7 Transferencia de calor estacionaria 3.8 Transferencia de calor no estacionaria 3.9 Transferencia de calor por convección natural y forzada. 3.10 Transferencia de calor entre interfases: el concepto del coeficiente de transferencia de calor, $h$ . 3.11 Estimación de $h$ . 3.12 Transferencia de calor por radiación 3.13 Transferencia de calor con cambio de fase. 3.14 Balances macroscópicos.	El estudiante: 1. Explica los fundamentos de transferencia de calor estacionaria y no estacionaria en medios estáticos y en movimiento. 2. Estima propiedades y coeficientes de transferencia de calor. 3. Resuelve problemas relacionados a la unidad.	[Bird, cap. 8 a 15] [Szeckely, cap. 6 a 10] [Geiger, cap. 6 a 12] [Utigard, cap. 5-9]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	<b>Transferencia de Masa</b>	3.5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Concepto de difusión y definición de difusividad, $D$ . 4.2 Factores en los que depende $D$ . 4.3 Predicción teórica de $D$ . 4.4 Mediciones experimentales de $D$ para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica. 4.5 Ley de Fick de difusión. 4.6 Formulación de problemas simples de difusividad. 4.7 Transferencia de masa estacionaria sin y con reacción química. 4.8 Transferencia de masa por convección natural y forzada. 4.9 Transferencia de masa entre interfases: coeficiente de transferencia de masa. 4.10 Estimaciones de coeficiente de transferencia de masa. 4.11 Difusión en medios porosos, difusividad efectiva. 4.12 Balances macroscópicos.	El estudiante: 1. Explica los fundamentos de transferencia de masa estacionaria y no estacionaria en medios estáticos y en movimiento. 2. Estima propiedades y coeficientes de transferencia de masa. 3. Resuelve problemas relacionados a la unidad.	[Bird, cap. 16 a 22] [Szeckely, cap. 11 a 12] [Geiger, cap. 13 a 16] [Geankoplis, cap. 1 a 7] [Utigard, cap. 10-12]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	<b>Análisis de Problemas de Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva y Minería</b>	3 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
5.1 Solidificación de ánodos. 5.2 Moldeo continuo de cobre o acero. 5.3 Transporte de pulpa a través de cañerías. 5.4 Rellenos de caserones. 5.5 Sistemas de ventilación. 5.6 Modelación de burbujas en fluidos metalúrgicos. 5.7 Pérdidas de calor desde reactores metalúrgicos. 5.8 Solución de problemas de convección natural y estimación de coeficientes de transferencia de calor y masa. 5.9 Magnetohidrodinámica en limpieza de escorias. 5.10 Flujo en medios porosos: impregnación en una pila de lixiviación. 5.11 Flujo reactivo.	El estudiante: 1. Resuelve en forma analítica o numérica problemas importantes de metalurgia extractiva y minería en los que se encuentran acoplados los distintos fenómenos de transporte.	[Szeckely, cap. 10, 13, 17 a 20]  [Zimmerman, cap 8, 9]

### Bibliografía General

1. [Bird]  
 "Transport Phenomena", R. B. Bird, W. E. Stewart and E. N. Lightfoot, 2nd Ed., Wiley, New York, 2001.
2. [Szeckely]  
 "Rate Phenomena in Process Metallurgy", J. Szekely and N. J. Themelis, Wiley, New York, 1971.
3. [Geiger]  
 "Transport Phenomena in Metallurgy", G. H. Geiger and D. R. Poirier, Minerals Metals and Materials Society, 1994.
4. [Dullien]  
 "Porous Media: Fluid Transport and Pore Structure", F. A. L. Dullien, Academic Press, 1992.
5. [Geankoplis]  
 Mass Transport Phenomena, C. J. Geankoplis, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1972.
6. [Zimmerman]  
 "Multiphysics Modeling with Finite Element Methods", W. Zimmerman, World Scientific, UK, 2006.
7. [Utigard]  
 "An introduction to Fluid Flow, Heat and Mass Transfer", T. Utigard, University of Toronto, 2000.

Vigencia desde:	Otoño 2009
Elaborado por:	Leandro Voisin
Revisado por:	Jefe Docente Área de desarrollo docente (ADD)