

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 3010	Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva			
Nombre en Inglés				
Transport Phenomena in Extractive Metallurgy				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MA2002, (FI2004/CM2004)/MA2002 Cálculo avanzado y aplicaciones/FI2004 Termodinámica/CM2004 Físico-Química			Obligatorio para: Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería Mención Minería y Metalurgia Extractiva.	
Competencias a las que tributa el curso				
<p>CE 1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geo-minero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos</p> <p>CG 1: Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés</p> <p>CG 2: Trabajar en equipos interdisciplinarios, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.</p>				
Propósito del curso				
<p>El curso MI 3010, Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva, tiene por finalidad que los estudiantes trabajen con modelos existentes sobre transporte de masa y calor en metalurgia extractiva, utilizando el formalismo matemático y conceptos fundamentales de transporte con aspectos asociados a ciencias de los materiales, por medio del análisis, la cuantificación y el cálculo, a fin de examinar dichos fenómenos y dar respuesta a problemáticas en el ámbito de la metalurgia extractiva. Para ello, resuelven analíticamente problemas básicos de fenómenos de transporte.</p> <p>Las clases tendrán una estructura teórico-práctica en las que se introducirán las nuevas temáticas a partir de problemas seleccionados sobre fenómenos de transporte, actuando el docente como un mediador que apoye a los estudiantes en el análisis, cuantificación y cálculo de estos fenómenos. En este sentido, la estrategia metodológica a utilizar permite que el estudiante pueda ejercitar activamente, resolver dudas y fortalecer sus conocimientos adquiridos en las horas de cátedra, por medio de la resolución de problemas aplicados en forma individual y en grupo, para luego ser capaces de comunicarlos de manera clara y precisa.</p>				

Resultados de Aprendizaje

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

CE 1 – RA 1: Analiza los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y materia en sistemas metalúrgicos, aplicando balance de masa y condiciones de borde particulares a fin de cuantificar y dar respuesta a problemas metalúrgicos reales.

CE 1 – RA 2: Resuelve analíticamente problemas de fenómenos de transporte tales como transferencia de calor en hornos, movimiento de relaves, calculando sus propiedades físicas de transporte, a fin de distinguir y explicar las fases del procesamiento de minerales.

CG 2 – RA 3: Propone una solución sobre ejercicios que tratan problemas de fenómenos de transporte, que se presentan con criterios de claridad idiomática y precisión científica, a fin de comunicar a sus pares dichas propuestas.

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica que se desarrollará en este curso es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO – CIERRE • Resolución de problemas • Lectura de bibliografía especializada mediante artículos científicos específicos. • Trabajos prácticos en el desarrollo de casos de estudio. • Clases auxiliares con ejemplos y ejercicios prácticos 	<p>La propuesta de evaluación es de proceso que se evidencian en</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 controles (C1, C2 y C3) • 1 examen (Ex) • Ejercicios (E), Tareas (T) y Lecturas (L) <p>Se sigue la ponderación planteada a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $NC = 0,2*(C1 + C2 + C3) + 0,4*Ex$ - $NA = 0,5*E + 0,3*T + 0,2*L$ - $NF = 0,75*NC + 0,25*NA$

Unidades Temáticas

Número	RA a la que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA 1	Fundamentos de fenómenos de transporte en metalurgia extractiva	1,0 semana
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
1.1	Introducción general al tema, importancia y ocurrencia en procesos metalúrgicos.	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Examina la importancia y la ocurrencia de los fenómenos de transporte en metalurgia extractiva en operaciones con alto tonelaje de material, considerando la trascendencia de los procesos de transporte de materia y energía. Aplica herramientas matemáticas de cálculo diferencial e integral, deduciendo postulados fundamentales asociados a fenómenos de transporte en metalurgia extractiva, e identificando las ecuaciones que modelan procesos de transferencia de masa y energía. 	[Utigard, cap. 1 a 3]
1.2	Definición de unidades y conceptos básicos.		[Bird, cap. 1]
1.3	Postulado del medio continuo.		[Szeckely, cap. 1]
1.4	Cinemática.		
1.5	Teorema de transporte.		

Número	RA a la que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA 2	Transferencia de cantidad de movimiento	4.0 semanas
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Definición de viscosidad, 2.2 Ley de viscosidad de Newton, definición y unidades. 2.3 Factores de los que depende η . 2.4 Predicción teórica de η . 2.5 Mediciones experimentales de η 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 demuestra que: <ul style="list-style-type: none"> Analiza la variable viscosidad, relacionándola con el comportamiento de fluidos en el procesamiento de minerales. Aplica ecuaciones clásicas para la estimación de viscosidad, calculando propiedades físicas de fenómenos de transporte en ejemplos concretos. Identifica sistemas complejos para el transporte de fluidos, evaluando aspectos simples asociados con varias aplicaciones a procesos metalúrgicos existentes, los que explica de manera argumentada. 	[Bird, cap. 1 a 7] [Szeckely, cap. 1 a 5] [Geiger, cap. 1 a 5] [Dullien, cap. 1 a 3] [Utigard: cap. 4]	

Número	RA a la que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA 3	Transferencia de calor	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 demuestra que: <ul style="list-style-type: none"> Explica los fundamentos de transferencia de calor estacionaria y no estacionaria, en relación con medios estáticos y en movimiento. Estima propiedades y coeficientes de transferencia de calor, particularmente coeficientes de transferencia locales y globales, en problemas simplificados relacionados con el transporte de energía en procesos metalúrgicos. Resuelve ejercicios sobre transferencia de calor, considerando herramientas matemáticas. 	[Bird, cap. 8 a 15] [Szeckely, cap. 6 a 10] [Geiger, cap. 6 a 12] [Utigard, cap. 5-9]	

Número	RA a la que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA 3	Transferencia de Masa	3.5 semanas
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>4.1 Concepto de difusión y definición de difusividad, D.</p> <p>4.2 Factores en los que depende D.</p> <p>4.3 Predicción teórica de D.</p> <p>4.4 Mediciones experimentales de D para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica.</p> <p>4.5 Ley de Fick de difusión.</p> <p>4.6 Formulación de problemas simples de difusividad.</p> <p>4.7 Transferencia de masa estacionaria sin y con reacción química.</p> <p>4.8 Transferencia de masa por convección natural y forzada.</p> <p>4.9 Transferencia de masa entre interfases: coeficiente de transferencia de masa.</p> <p>4.10 Estimaciones de coeficiente de transferencia de masa.</p> <p>4.11 Difusión en medios porosos, difusividad efectiva.</p> <p>4.12 Balances macroscópicos.</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcula propiedades y coeficientes de transferencia de masa, específicamente cálculos de difusión, explicando sistemas simplificados que representan procesos metalúrgicos. • Resuelve ejercicios sobre transferencia de masa, considerando la eficiencia de procesos metalúrgicos. 	<p>[Bird, cap. 16 a 22]</p> <p>[Szeckely, cap. 11 a 12]</p> <p>[Geiger, cap. 13 a 16]</p> <p>[Geankoplis, cap. 1 a 7]</p> <p>[Utigard, cap. 10-12]</p>	

Número	RA a la que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	RA 2 y RA 3	Análisis de Problemas de Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva y Minería	3 semanas
Contenidos		Indicador de Logro	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 demuestra que: <ul style="list-style-type: none"> Resuelve en forma analítica o numérica problemas representativos de metalurgia extractiva y minería, aplicando ecuaciones y modelos genéricos. Elabora respuestas sobre una solución a ejercicios que tratan problemas de fenómenos de transporte, los que explica de manera fundamentada. 	[Szeckely, cap. 10, 13, 17 a 20] [Zimmerman, cap 8, 9]

Bibliografía General

Bibliografía obligatoria

1. [Utigard]
 "An introduction to Fluid Flow, Heat and Mass Transfer", T. Utigard, University of Toronto, 2000.
2. [Bird]
 "Transport Phenomena", R. B. Bird, W. E. Stewart and E. N. Lightfoot, 2nd Ed., Wiley, New York, 2001.
3. [Zimmerman]
 "Multiphysics Modeling with Finite Element Methods", W. Zimmerman, World Scientific, UK, 2006.

Textos clásicos de base:

4. [Geankoplis]
 Mass Transport Phenomena, C. J. Geankoplis, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1972.
5. [Szeckely]
 "Rate Phenomena in Process Metallurgy", J. Szekely and N. J. Themelis, Wiley, New York, 1971.
6. [Dullien]
 "Porous Media: Fluid Transport and Pore Structure", F. A. L. Dullien, Academic Press, 1992.
7. [Geiger]
 "Transport Phenomena in Metallurgy", G. H. Geiger and D. R. Poirier, Minerals Metals and Materials Society, 1994.

*Apuntes de clases

Vigencia desde:	Otoño 2016
Elaborado por:	Leandro Voisin, Christian Ihle
Validado por:	Bruno Behn
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD