

## PROGRAMA DE CURSO

Código		Nombre		
<b>MI4110</b>		<b>Fisicoquímica Metalúrgica</b>		
Nombre en Inglés				
<b>Metallurgical Physical Chemistry</b>				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
CM1001, Química (CM2004, Fisicoquímica/FI2004 Termodinámica) MA2001, Cálculo en varias variables (MI3110 Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva/IQ3202 Fenómenos de Transporte)			Obligatorio para la Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería Mención Minería y Metalurgia Extractiva.	
Resultados de Aprendizaje				
El estudiante al término del curso demuestra que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resuelve problemas de balances de materia y energía.</li> <li>• Aplica los conceptos fundamentales y resuelve problemas relacionados con termodinámica química, en especial termodinámica de soluciones.</li> <li>• Calcula la velocidad en que ocurren las etapas fundamentales de cinética y determina la etapa controlante.</li> <li>• Comprende los fenómenos de superficie y es capaz de aplicarlos a problemas relacionados con la metalurgia extractiva.</li> </ul>				
Metodología Docente			Evaluación General	
La estrategia metodológica que se desarrollará en este curso se compone de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases expositivas</li> <li>• Clases auxiliares con ejemplos y ejercicios prácticos</li> <li>• Seminarios y trabajos escritos</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>• Controles</li> <li>• Tareas</li> <li>• Ejercicios</li> <li>• 1 Examen</li> </ul>	

### Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	<b>Termodinámica de Sistemas Metalúrgicos</b>	5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><u>1. Rutas de proceso de minerales:</u></p> <p>1.1 Sulfuros, óxidos, carbonatos e hidróxidos.</p> <p>1.2 Conceptos generales de Piro/Hidro/Electro metalurgia.</p> <p><u>2. Fundamentos Termodinámicos:</u></p> <p>2.1 Introducción</p> <p>2.2 Entalpía, entropía, energía libre, capacidad calorífica.</p> <p>2.3 Balances de materia y energía.</p> <p>2.4 Equilibrio termodinámico en sistemas de un componente.</p> <p><u>3. Termodinámica de Soluciones:</u></p> <p>3.1 Sistemas ideales y no ideales</p> <p>3.2 Actividad, ley de Raoult y ley de Henry</p> <p>3.3 Energía libre, entropía y calor de mezcla</p> <p>3.4 Propiedades molares parciales y de exceso</p> <p>3.5 Modelos termodinámicos de soluciones (termales, atermales y reales)</p> <p>3.6 Sistemas diluidos, cambio de estado estándar</p> <p>3.7 Termodinámica de soluciones acuosas</p> <p>3.8 Especiación de soluciones</p> <p>3.9 Diagramas de Fases binarios y ternarios</p>	<p>El estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende fundamentos termodinámicos de metalurgia extractiva.</li> <li>• Aplica problemas de balance de materia y energía.</li> <li>• Analiza problemas de equilibrio de soluciones.</li> <li>• Aplica diagramas de fases binarios y ternarios.</li> </ul>	<p>Gaskell, cap 1, 2 y 3</p> <p>Zemaitis, cap 2, 3 y 4</p> <p>Prausnitz, cap 3 y 4</p> <p>Richardson: cap 4 y 5</p> <p>Saunders: cap 3, 4, 5 y 6</p> <p>Bodsworth: Cap 2, 4 y 5</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	<b>Cinética Metalúrgica</b>	5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><u>Teoría cinética, mecanismos y velocidad de reacción:</u> Reacciones homogéneas, ley de acción de masas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cinética de orden n.</li> <li>2. Efectos de la temperatura en la velocidad de reacciones.</li> <li>3. Velocidad de reacciones químicas en sistemas de 0, 1 y 2 dimensiones espaciales.</li> </ol> <p><u>Cinética de sistemas heterogéneos:</u> Etapas fundamentales, concepto de etapa controlante.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reacciones de una partícula individual no porosa.</li> <li>2. Reacciones en que no se forma capa de producto sólido.</li> <li>3. Reacciones en que sí se forma capa de producto sólido.</li> <li>4. Reacciones de una partícula individual porosa,</li> </ol> <p><u>Cinética electroquímica</u> Controles cinéticos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ley de Faraday</li> <li>2. Control por transferencia de carga (ley de Tafel, ley de Butler-Volmer)</li> <li>3. Control por transferencia de Masa (ley de Fick)</li> <li>4. Control Mixto y su cuantificación</li> <li>5. Representaciones gráficas</li> <li>6. Pasivación</li> <li>7. Electro catálisis.</li> </ol>	<p>El estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcula la cinética de reacciones de orden n.</li> <li>• Incorpora el análisis de fenómenos de transporte al cálculo de cinética de reacciones en sistemas homogéneos y heterogéneos.</li> <li>• Comprende los fundamentos de la cinética electroquímica, con ejemplos de aplicación a la electrometalurgia.</li> </ul>	<p>Richardson: cap 10</p> <p>Sohn: cap 1</p> <p>Hayes, Parte. 2</p> <p>Bockris &amp; Reddy, Cap. 7</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	<b>Fisicoquímica de superficies</b>	5 semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p><u>Fenómenos de Superficies:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tensión superficial y energía libre superficial</li> <li>2. Ángulo de contacto y Ecuación de Young Laplace</li> <li>3. Capilaridad</li> <li>4. Métodos para obtener tensión superficial.</li> <li>5. Factores que afectan la tensión superficial</li> <li>6. Elasticidad de Gibbs</li> <li>7. Efecto Marangoni</li> <li>8. Esfuerzo total</li> <li>9. Doble capa eléctrica</li> <li>10. Potencial zeta</li> <li>11. Teoría DLVO para sistemas coloidales</li> </ol> <p><u>Fisicoquímica del proceso de flotación:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contacto trifásico y mecanismos de interacción partícula-burbuja.</li> <li>2. Teorías Química y Electro-Química de adsorción</li> </ol>	<p>El estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende los fundamentos de los fenómenos de superficie.</li> <li>• Resuelve problemas simples relacionados.</li> <li>• Aplica estos conceptos al procesamiento de minerales.</li> </ul>	<p>Adamson: cap 2 a 5</p> <p>Richardson: cap 12</p>

### Bibliografía General

1. Gaskell:  
D.R. Gaskell, "Introduction to Metallurgical Thermodynamics", 2nd Ed., Hemisphere Publishing Corporation, USA, 1981
2. Zemaitis:  
J. F. Zemaitis, D.M. Clark, M. Rafal and N.C. Scrivner, "Handbook of Aqueous Electrolyte Thermodynamics, Design Institute for Physical Property Data, New York, USA, 1989.
3. Prausnitz:  
J. M Praunitz, "Molecular Thermodynamics of Fluid Phase Equilibria", Prentice may International, New Jersey, USA, 1969.
4. Richardson:  
F. D. Richardson, "Physical Chemistry of Melts", Vol I y II, Academic Press, London, U.K, 1974.
5. Sohn:  
H. Y. Sohn and M. E. Wadsworth, "Cinética de los procesos de la Metalurgia Extractiva, Ed. Trillas, México, 1986
6. Bockris & Reddy:  
J. O. M. Bockris, A. K. N. Reddy and M. Gamboa-Aldeco, "Modern Electrochemistry 2A", Kluwer-Plenum, 2000.
7. P. Hayes, "Process Principles in Minerals and Materials Production", 2<sup>nd</sup> Ed., Hayes Publishing Co., Brisbane, Australia, 1993.
8. Adamson:  
A. W. Adamson, "Physical Chemistry of Surfaces", 5th Ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, USA, 1990.

Vigencia desde:	2010 Semestre otoño
Elaborado por:	Tanai Marín, Gabriel Riveros, Jesús Casas
Revisado por:	Luis Cifuentes Willy Kracht Área de Desarrollo Docente (ADD)