

## PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 5101	Ingeniería de Procesos Metalúrgicos			
Nombre en Inglés				
Metallurgical processes engineering				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
9	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MI4100 Fundamentos de Metalurgia Extractiva				
<b>Competencias a las que tributa el curso</b>				
<b>Competencias Específicas</b>				
CE2: Concebir, diseñar, optimizar e implementar soluciones científico-tecnológicas en explotación de yacimientos, procesamiento de minerales o metalurgia extractiva.				
<b>Competencias Genéricas</b>				
CG1: Comunicar ideas y resultados de trabajo profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.				
CG2: Trabajar en equipos interdisciplinarios, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.				
CG4: Empezar e innovar en el desarrollo de soluciones a problemas de ingeniería de minas, demostrando iniciativa y toma de decisión.				
<b>Propósito del curso</b>				
El curso MI 5101, Ingeniería de procesos metalúrgicos, tiene como propósito que el estudiante proponga soluciones a problemas de ingeniería conceptual relacionados con la metalurgia extractiva en la práctica industrial. Para esto, utiliza fundamentos electrometalúrgicos, hidrometalúrgicos y/o pirometalúrgicos; asimismo, identifica y analiza parámetros y variables aplicables a situaciones reales en cada una de las áreas, los que plasma en un proyecto de trabajo que aborda estos temas.				
La estrategia metodológica a utilizar es activo – participativa; permite que el estudiante trabaje en clases mediante resolución de problemas cercanos a la realidad industrial, así como con estudios de caso, en forma individual y colectiva, a modo de fomentar el trabajo en equipo, gestionando su autoaprendizaje, por medio de diversas actividades como resolución de ejercicios, presentaciones orales, redacción de propuestas iniciales de proyecto, entre otras.				

### Resultados de Aprendizaje

**CE2-RA1: Determina el diagrama de proceso de la metalurgia extractiva, que incluye las operaciones, así como flujos de masa y calor, a fin de dimensionar cada uno de los equipos de procesamiento piro, hidro y electrometalúrgico.**

**CE2-RA2: Distingue fases, componentes de un proyecto en electrometalurgia, hidro y pirometalurgia, entre otros, identificando parámetros y variables a situaciones de faenas, a fin de determinar las etapas de una práctica industrial.**

**CG1-CG2-RA3: Elabora una propuesta de solución para la actual práctica industrial en metalurgia extractiva, considerando la actividad relacionada con servicios para la minería, en el marco de una licitación real.**

**CG1-CG2-RA4: Expone, en forma grupal, una solución sobre la actual práctica industrial en metalurgia extractiva, considerando viabilidad, criterios técnicos para su diseño, a fin de explicar la consistencia y viabilidad de su propuesta de manera clara y coherente.**

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La metodología de trabajo es activo-participativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO – CIERRE</li> <li>• Clases auxiliares prácticas</li> <li>• Resolución de ejercicios prácticos</li> <li>• Casos de estudio desarrollados mediante trabajos grupales.</li> <li>• Exposiciones orales</li> </ul>	<p>La evaluación es de proceso y contempla instancias tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3Controles (3)</li> <li>• Examen.</li> <li>• Actividades complementarias (tareas y ejercicios)</li> <li>• Desarrollo de un proyecto que contempla presentaciones orales e informes escritos.</li> </ul> <p>La ponderación será definida por los docentes del curso.</p>

### Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1–RA2	Procesos pirometalúrgicos	5
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
1.1. Introducción.		El estudiante:	Davenport: W.G. Davenport, D. M. Jones, M. J. King and E. H. Partelpoeg, “Flash Smelting”, 2 <sup>nd</sup> Ed., Pergamon Press, Oxford, U.K., 2004.
1.2. Metales y compuestos metalúrgicos.		1. Determina la relación entre los procesos pirometalúrgicos y el desarrollo del mercado local y mundial del cobre, determinando tendencias tecnológicas y capacidades de producción, a partir de ejemplos concretos.	Habashi: F. Habashi, “A Textbook of Pyrometallurgy”. Métallurgie Extractive Québec, Enr., Canada, 2002.
1.3. Mercados y centros de producción.		2. Identifica distintos tipos de reactores de fundición, estableciendo su rango de aplicación.	Schlesinger: M. Schlesinger, M. King, K. C. Sole and W.G. Davenport, “Extractive Metallurgy of Copper”, 5 <sup>th</sup> Ed., Elsevier, Oxford, U.K., 2011.
1.4. Tecnologías a alta temperatura de obtención de cobre a partir de concentrados.		3. Reconoce la existencia, viabilidad y lógica de alternativas de circuitos pirometalúrgicos, elaborando e interpretando diagramas de bloques.	
1.5. Operaciones unitarias fusión, conversión y refinado a fuego.			
1.6. Operaciones auxiliares, secado, tostación, tratamiento de escorias y gases.			
1.7. Control operacional.			
1.8. Aplicaciones pirometalúrgicas para la obtención de otros metales.			
1.9. Siderurgia			
1.10. Níquel.			

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA2	Hidro/Electrometalurgia	5
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>2.1. Pilas y reactores de lixiviación.</p> <p>2.2. Circuitos lixiviación – extracción por solventes- electro obtención en la hidrometalurgia del cobre y otros metales.</p> <p>2.3. Electro refinación de cobre.</p> <p>2.4. Procesos Hidrometalúrgicos del oro: cianuración, absorción con carbón activado, proceso Merrill – Crowe, electro obtención.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica distintos tipos de reactores de lixiviación, estableciendo su rango de aplicación.</li> <li>2. Determina la existencia, viabilidad y lógica de alternativas de circuitos hidrometalúrgicos, elaborando e interpretando diagramas de bloques.</li> <li>3. Determina requerimientos de carácter técnico sobre la producción de hidro/electrometalurgia y tipos de alimentación, considerando el dimensionamiento de circuitos y equipos.</li> </ol>	<p>Burkin: A. R. Burkin, Chemical Hydrometallurgy, Imperial College Press, 2001.</p> <p>Domic: E. Domic, Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones, Andros Impresores Ltda., Santiago, Chile, 2001.</p> <p>Newman: J. Newman, K. Thomas-Alyea, Electrochemical Systems, Wiley, 2004.</p> <p>Popov: K. Popov, S. S. Djokic, B. N. Grgur, Fundamental Aspects of Electrometallurgy, Kluwer-Plenum, 2002.</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA3–RA4	Operaciones de metalurgia extractiva: Estudios de Casos	5
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>3.1. Estudios de caso sobre operaciones de metalurgia extractiva y temas relacionados.</p> <p>3.2. Búsqueda de antecedentes bibliográficos sobre temas de metalurgia extractiva y temas relacionados.</p> <p>3.3. Proyecto como una herramienta de la ingeniería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importancia de los objetivos.</li> <li>- Manejo de antecedentes.</li> <li>- Metodología de trabajo.</li> <li>- Cálculo de costos y tiempos de ejecución.</li> </ul> <p>3.4. Mecanismos de presentación de proyectos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de una propuesta coherente e innovadora en el área de metalurgia extractiva y temas relacionados.</li> <li>- Manejo de la información respecto del proyectos investigado.</li> </ul> <p>3.5. Temas de proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de residuos líquidos.</li> <li>- Evaluación de la implementación de procesos nuevos de lixiviación de sulfuros primarios: galvanox®, cuprochlor, entre otros.</li> <li>- Evaluación de procesos de absorción en operaciones de procesamiento de minerales</li> </ul>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sintetiza información sobre un problema a investigar en sobre problemas actuales de la metalurgia extractiva, a partir de una búsqueda y selección de bibliografía técnica, estableciendo los antecedentes del proyecto.</li> <li>2. Plantea los objetivos, antecedentes, metodología, costos y tiempos de ejecución de un proyecto, los que deben presentar coherencia y precisión con el problema de investigación.</li> <li>3. Explica, en forma oral y escrita, con claridad y coherencia la viabilidad y consistencia del proyecto, considerando sus etapas.</li> </ol>	<p>Libro propuestas de proyecto en minería</p>

<ul style="list-style-type: none"><li>- Reducción de la energía requerida en procesos ya implementados, entre otros.</li></ul>		
--	--	--

### Bibliografía General

1. Burkin:  
A. R. Burkin, Chemical Hydrometallurgy, Imperial College Press, 2001.
2. Davenport:  
W.G. Davenport, D. M. Jones, M. J. King and E. H. Partelpoeg, "Flash Smelting", 2<sup>nd</sup> Ed., Pergamon Press, Oxford, U.K., 2004.
3. Domic:  
E. Domic, Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones, Andros Impresores Ltda., Santiago, Chile, 2001.
4. Habashi:  
F. Habashi, "A Textbook of Pyrometallurgy". Métallurgie Extractive Québec, Enr., Canada, 2002.
5. Newman:  
J. Newman, K. Thomas-Alyea, Electrochemical Systems, Wiley, 2004.
6. Popov:  
K. Popov, S. S. Djokic, B. N. Grgur, Fundamental Aspects of Electrometallurgy, Kluwer-Plenum, 2002.
7. Schlesinger:  
M. Schlesinger, M. King, K. C. Sole and W.G. Davenport, "Extractive Metallurgy of Copper", 5<sup>th</sup> Ed., Elsevier, Oxford, U.K., 2011.
8. Anderson:  
C. Anderson, R. Dunne, J. Uhrie, Mineral processing and extractive metallurgy: 100 years of innovation. First edition, 2014.

Aparte de esta bibliografía básica, se trabaja con una serie de apuntes (artículos) seleccionados para las sesiones de trabajo.

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Tomás Vargas, Leandro Voisin, Gonzalo Montes
Validado por:	Bruno Behn
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD