

## PROGRAMA DE CURSO PROCESAMIENTO DE MINERALES I

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería de Minas					
Nombre del curso	Procesamiento de minerales I	Código	MI4150	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mineral processing I</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	MI3110: Minería y sustentabilidad, MI3100: Química mineralógica					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes apliquen criterios y bases de diseño, en la selección de circuitos de los procesos de reducción de tamaños y clasificación de minerales, para dimensionar, evaluar y operar estos procesos; para ello, determinan las características de materiales particulados y pulpas mineralúrgicas, con el fin de definir condiciones de tratamiento para el procesamiento de minerales.

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

CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geominero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos.

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

CE3: Diseñar operaciones y proyectos mineros, aplicando conocimientos de ingeniería y gestión.

CE4: Gestionar, coordinar y supervisar de manera sustentable operaciones y proyectos en evaluación de yacimientos, geomecánica, explotación minera, procesamiento de minerales y 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.

**CG2: Comunicación en inglés**

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

**CG3: Compromiso ético**

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

**CG5: Sustentabilidad**

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Determina las características de materiales particulados y pulpas mineralúrgicas, con el fin de definir condiciones de tratamiento para el procesamiento de minerales.
CE1, CE4	RA2: Plantea y resuelve balances másicos, por tamaños y por especies minerales, en los circuitos de procesamiento, a fin de calcular indicadores de eficiencia y consumo energético, considerando las limitaciones asociadas a la representatividad de datos experimentales.
CE2	RA3: Analiza la naturaleza de los procesos de reducción de tamaños de minerales y su utilización, relacionándolos con las características de los minerales a procesar.
CE3	RA4: Selecciona los componentes de los procesos de reducción de tamaños de minerales y clasificación, de acuerdo a requerimientos y características de los minerales, para dimensionar, a nivel básico, secciones de un circuito de procesamiento de minerales.

CE1, CE3	RA5: Selecciona de un grupo de ensayos mineralúrgicos, según su naturaleza y limitaciones, el o los que permiten apoyar el dimensionamiento de equipos de procesos de reducción de tamaños de minerales y caracterización geometalúrgica.
CE4	RA6: Aplica criterios y bases de diseño, en la selección de circuitos de los procesos de reducción de tamaños y clasificación de minerales, para dimensionar, evaluar y operar estos procesos.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA7: Redacta reportes técnicos de laboratorio que incluyen una fundamentación clara del problema, la justificación de rangos de los valores obtenidos y si estos son razonables, así como reportes donde sintetiza información sobre tendencias del negocio minero y nuevas tecnologías en desarrollo.
CG1, CG2	RA8: Sintetiza información extraída de la lectura, en inglés y español, de diferentes artículos y capítulos de libro sobre el procesamiento de minerales, considerando el extraer y usar con propiedad conceptos, teorías y metodologías asociadas a las materias trabajadas.
CG3, CG5	RA9: Calcula indicadores de eficiencia relacionados con el procesamiento de minerales, analizando y dimensionando el impacto de estos tanto en lo ambiental y económico, a escala nacional y global.

#### D.Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA7, RA8	Caracterización de material particulado y pulpas mineralúrgicas	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Marco general del procesamiento de minerales. 1.2. Textura y liberación mineralógica en el contexto del procesamiento de minerales. 1.3. Características de partículas y técnicas de medición. 1.4. Características de pulpas mineralúrgicas y técnicas de medición.		El/la estudiante: 1. Caracteriza una partícula, material particulado y pulpas mineralúrgicas, considerando sus propiedades relevantes al procesamiento de minerales. 2. Redacta reportes de laboratorio donde explica de manera clara y coherente resultados sobre la caracterización de material particulado y pulpas mineralúrgicas.	

Bibliografía de la unidad

B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016.

M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA7, RA8, RA9	Muestreo, balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Aplicación de teoría de muestreo a la determinación de errores de datos experimentales. 2.2. Muestreo de planta. 2.3. Balances de masa, por especie y elemento. 2.4. Balance de agua. 2.5. Reconciliación de datos experimentales. 2.6. Determinación de modelos de error. 2.7. Análisis de resultados.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Utiliza teoría de muestreo para estimar errores asociados a datos de proceso.</li> <li>Determina las ventajas y limitaciones de distintos equipos de muestreo en planta.</li> <li>Aplica las técnicas de reconciliación de datos experimentales para generar información sobre un proceso.</li> <li>Plantea y resuelve balances de masa mineralógicos y elementales por fracción de tamaño.</li> <li>Representa matricialmente un diagrama de flujos y las ecuaciones de balance asociadas a este.</li> <li>Analiza los resultados obtenidos de muestreos, en balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos, considerando aspectos ambientales y económicos.</li> <li>Lee en inglés y español sintetizando información sobre conceptos de muestreo, balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos</li> <li>Produce un reporte de muestreo, balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos, justificando con claridad y precisión los resultados obtenidos y pertinencia de los rangos de valores.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Pitard, F., 2019. Theory of sampling and sampling practice. Third Edition. CRC Press. Narasimhan, S., Jordache, C., 1999. Data reconciliation and gross error detection: An intelligent use of process data. Gulf Professional Publishing	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA4, RA7, RA8	Fundamentos de la conminución	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Tecnología de reducción de tamaño. 3.2. Fundamentos de fragmentación mina – planta. 3.3. Técnicas de caracterización de dureza en conminución y geometurgia. 3.4. Teoría de modelamiento y simulación. 3.4.1. Teoría clásica de conminución: Leyes de la conminución. Ley de Bond. 3.4.2. Teoría moderna de conminución: Modelamiento semi empírico y mecanístico.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Determina los principales mecanismos de fragmentación presentes de las principales tecnologías de conminución.</li> <li>Utiliza los fundamentos de la reducción de tamaño de partículas en la relación energía vs reducción de tamaño.</li> <li>Distingue diversos ensayos de conminución, clasificándolos según su tipo y uso y entiende sus fundamentos teóricos.</li> <li>Compara tipos de modelos de conminución, estableciendo las principales diferencias y usos.</li> <li>Escribe un reporte sobre tendencias del negocio minero y nuevas tecnologías, sintetizando e integrando de manera clara información de múltiples fuentes.</li> <li>Reporta resultados de una experiencia experimental donde analiza el comportamiento del material ante un esfuerzo determinado.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Lynch [ cap 1-4], Napier-Munn [ 2 – 4]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA4, RA5, RA8, RA9	Modelamiento de procesos unitarios	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Chancado de minerales. 4.2. Harneo de minerales. 4.3. Correas. 4.4. Molienda SAG y molienda con convencional. 4.5. Clasificación por hidrociclones. 4.6. Remolienda. 4.7. Criterios de diseño y optimización de planta.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Selecciona las máquinas, métodos de conminución y de clasificación por tamaños de minerales, basando su elección en antecedentes teóricos e industriales, lo que fundamenta con argumentos claros y sólidos.</li> <li>Identifica los modelos disponibles para representar la las operaciones unitarias.</li> <li>Utiliza modelos básicos matemáticos para representar operaciones unitarias.</li> </ol>	

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Aplica criterios de dimensionamiento de equipos unitarios, según características fundamentando en forma individual y grupal el uso de estos criterios.</li> <li>5. Calcula indicadores de eficiencia y consumo de los procesos, fundamentando los resultados alcanzados de manera clara y coherente.</li> <li>6. Reporta resultados de una experiencia experimental donde realiza cálculos de eficiencia para todos los procesos unitarios</li> </ol>
Bibliografía de la unidad	Napier-Mun [ 6-13], Lynch [5 – 13] Wills [ 2,5-9]

### E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Trabajos de Laboratorio.

### F. Estrategias de evaluación:

El curso presenta distintas instancias de evaluación entre las que se pueden mencionar:

- Controles.
- Laboratorios con sus respectivos reportes.
- Ejercicios.
- Examen.

*Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre los tipos de evaluación, la cantidad y las ponderaciones correspondientes.*

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía Obligatoria:

- [1] Lynch, A. (2015), Comminution Handbook. AusiMM. 1st edition.
- [2] Napier-Munn, T.J., Morrell, S., Morrison, R.D., Kojovic, T. (2005). Mineral Comminution circuits. JKMRM Minerals Processing Monographs. 1st edition.
- [3] Pitard, F. (2019). Theory of sampling and sampling practice. Third Edition. CRC Press.
- [4] Wills, B.A. (2016). Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016.
- [5] M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003.

### Bibliografía complementaria de base para los apuntes del curso:

- [6] Narasimhan, S., Jordache, C. (1999). Data reconciliation and gross error detection: An intelligent use of process data. Gulf Professional Publishing.
- [7] Kawatra, S.K. (2019). Mineral processing and Extractive metallurgy book. SME, 2019.
- [8] Morrison. (2008). An introduction to metal balancing and reconciliation. JKMRM Minerals Processing Monograph.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Pía Lois, Willy Kracht
Validado por:	Validación académico par: Leandro Voisin Validación CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular