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	*Mineral processing 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: 1. Utiliza teoría de muestreo para estimar errores asociados a datos de proceso. 2. Determina las ventajas y limitaciones de distintos equipos de muestreo en planta. 3. Aplica las técnicas de reconciliación de datos experimentales para generar información sobre un proceso. 4. Plantea y resuelve balances de masa mineralógicos y elementales por fracción de tamaño. 5. Representa matricialmente un diagrama de flujos y las ecuaciones de balance asociadas a este. 6. Analiza los resultados obtenidos de muestreos, en balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos, considerando aspectos ambientales y económicos. 7. Lee en inglés y español sintetizando información sobre conceptos de muestreo, balances y reconciliación de datos experimentales y de procesos 8. 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.
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 geometalurgia. 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: 1. Determina los principales mecanismos de fragmentación presentes de las principales tecnologías de conminución. 2. Utiliza los fundamentos de la reducción de tamaño de partículas en la relación energía vs reducción de tamaño. 3. Distingue diversos ensayos de conminución, clasificándolos según su tipo y uso y entiende sus fundamentos teóricos. 4. Compara tipos de modelos de conminución, estableciendo las principales diferencias y usos. 5. Escribe un reporte sobre tendencias del negocio minero y nuevas tecnologías, sintetizando e integrando de manera clara información de múltiples fuentes. 6. Reporta resultados de una experiencia experimental donde analiza el comportamiento del material ante un esfuerzo determinado.
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: 1. 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. 2. Identifica los modelos disponibles para representar la las operaciones unitarias. 3. Utiliza modelos básicos matemáticos para representar operaciones unitarias. 4. Aplica criterios de dimensionamiento de equipos unitarios, según características fundamentando en forma individual y grupal el uso de estos criterios.

	5. Calcula indicadores de eficiencia y consumo de los procesos, fundamentando los resultados alcanzados de manera clara y coherente. 6. Reporta resultados de una experiencia experimental donde realiza cálculos de eficiencia para todos los procesos unitarios
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. JKMRC 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. JKMRC 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