

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 5022	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE PROCESOS MINERALÚRGICOS			
Nombre en Inglés				
Analysis and simulation of Mineral Processing				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	1	6
Requisitos			Carácter del Curso	
MI 4040 Análisis Estadístico y Geoestadístico de datos MI 5021 Ingeniería del Procesamiento de Minerales			Electivo para carrera de Ingeniería Civil de Minas	
Competencias a las que tributa el curso				
Competencias Específicas				
CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geo-minero-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				
Competencias genéricas				
CG1: Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.				
CG2: Trabajar en equipos multidisciplinares, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.				
CG3: Demostrar compromiso ético en su vida profesional, basado en la probidad, responsabilidad, solidaridad, respeto y tolerancia a las personas, al entorno socio-cultural y al medio ambiente.				
CG4: Emprender e innovar en el desarrollo de soluciones a problemas de ingeniería de minas, demostrando iniciativa y toma de decisión.				
CG5: Gestionar su autoaprendizaje en el desarrollo del conocimiento de su profesión, adaptándose a los cambios del entorno.				
Propósito del curso				
El curso MI 5022, Análisis y simulación de procesos mineralúrgicos, tiene como propósito que el estudiante aplique técnicas de modelamiento y modelos del tipo balance poblacional, empírico y ARMAX en operaciones de procesamiento de minerales integrándolas (con énfasis en conminución y flotación) para revisar las configuraciones de proceso utilizando bases de datos reconciliadas, además de modelación y simulación utilizando softwares.				
La estrategia metodológica del curso incluye clases teórico – prácticas, desarrollo y uso de software, así como también el desarrollo de un proyecto, en las que el estudiante debe aplicar las técnicas de modelamiento y simulación aplicadas a plantas de procesamiento de minerales.				

El docente actúa como mediador del proceso de aprendizaje pues guía, corrige, resuelve dudas, en síntesis, retroalimenta de manera continua.

Resultados de Aprendizaje

CE1-CG5-RA1: Analiza, de manera reflexiva, representaciones de operaciones unitarias en el procesamiento de minerales, distinguiendo tipo de génesis (balance poblacional, empírico y/o tipo ARMAX), a fin de seleccionar el modelo que se adapta a cada situación.

CE3-CG2-RA2: Aplica técnicas de modelamiento y modelos del tipo balance poblacional, empírico y ARMAX en operaciones de procesamiento de minerales para revisar críticamente y desde una mirada técnica, configuraciones de proceso, usando datos reconciliados.

CE2-CG1-CG3-CG4-RA3: Determina, con perspectiva ética y uso de lenguaje técnico, una solución para modelar una unidad y/o simular un sistema, considerando la operación de una planta concentradora, a fin de optimizar índices de desempeño claves de un proceso.

CE2-CG1-CG2-CG5-RA4: Propone con su equipo de trabajo, en forma oral o escrita, un escenario de optimización de un sistema, considerando factibilidad técnica y económica de su ejecución, con el fin de plantear, de manera reflexiva, una mejora a una condición base.

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia es activo participativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO - CIERRE - Actividades en clase - Clases auxiliares - Tareas y resolución de ejercicios - Laboratorios 	<p>La evaluación es de proceso a través de instancias de evaluación tales como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba escrita de desarrollo. 2. Desarrollo de investigaciones y proyectos 3. Exposiciones durante las sesiones de clases. 4. Desarrollo de laboratorios computacionales. 5. Presentación de informes.

Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1	Introducción a la modelación de procesos	1
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
1.1 Definiciones de modelo y sistema.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Define los conceptos de modelo y sistema, caracterizando ambos conceptos. 2. Clasifica modelos de operaciones unitarias, en el ámbito de procesamiento de minerales, considerando su génesis. 3. Determina la importancia de la existencia de la representación de un proceso, considerando diversos escenarios y el uso de herramienta de simulación de procesos, analizando ejemplos. 	[King, Cap. 1]
1.2 Clasificación y aplicaciones de los modelos.			[Himmelblau (b), Cap. 1]
1.3 Importancia del análisis de procesos vía simulación.			[Casali y Vallebuona, Cap.1]

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA1–RA2	Modelos de balance poblacional	1,5
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
2.1. Ecuaciones de balance poblacional.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Describe técnicas del modelamiento por balance poblacional macroscópicas o microscópicas, considerando la escala del proceso. 2. Identifica procesos que se pueden modelar, utilizando la noción de funciones de <i>nacimiento</i> y <i>muerte</i>, en el procesamiento de minerales. 3. Utiliza técnicas del modelamiento por balance poblacional macroscópicas o microscópicas, en ejemplos clásicos y simples que selecciona, identificando la fenomenología del proceso a representar. 	[Ramkrishna]
2.2. Funciones de ' <i>nacimiento</i> ' y ' <i>muerte</i> '.			[King, Cap. 2]
			[Himmelblau (b), Cap. 4 y 6]
			[Casali y Vallebuona, Caps. 2 y 4]
			[King, Cap. 2]

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA1–RA2	Modelos empíricos y ARMAX	2
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
3.1. Modelos empíricos. 3.2. Método de regresión por pasos.		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determina el contexto de aplicación de las técnicas de modelación por regresión lineal múltiple y por regresión por pasos en la generación de modelos de las operaciones, en ejercicios pertinentes para tales fines. Utiliza técnicas del modelamiento de regresión, por pasos, en ejemplos clásicos y simples, identificando las variables y las relaciones que entre ellas se establecen de modo de representar el proceso. 	<p>[Casali y Vallebuona, Cap. 3]</p> <p>[James, Cap. 4-7]</p> <p>[Himmelblau, Caps. 4, 5, 6 y 7]</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA3	Modelación y simulación de unidades de proceso y de circuitos simples.	2
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
4.1. Modelos principales de operaciones unitarias en el procesamiento de minerales.		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Identifica la familia de origen con que se conceptualiza un cierto modelo de operación unitaria, desglosando criterios y supuestos bajo los cuales fue construido. Elige modelos que representen un proceso unitario en función de las ventajas y desventajas, considerando el alcance y aplicación de cada uno de estos. Experimenta con un modelo de una operación, programándolo y analizando la respuesta del modelo en diversos escenarios de simulación. Discute, en grupo, de manera clara y argumentada, acerca de la representatividad del modelo y sobre el proceso que intenta reproducir. 	<p>[Gupta & Yan, Cap. 10]</p> <p>[Kawatra, Cap 5]</p> <p>[King, Cap. 4, 5 y 9]</p> <p>[JKTech, Part VIII]</p> <p>[Casali y Vallebuona, Cap. 4]</p> <p>[Napier-Munn et al.]</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	RA2-RA3	Simuladores de proceso en estado estacionario	2
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>5.1. Conceptos generales de simuladores.</p> <p>5.2. Simuladores en estado estacionario de procesos de conminución.</p> <p>5.3. Simuladores en estado estacionario de procesos de flotación.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construye diagramas de flujo, estableciendo relaciones entre los modelos de operaciones unitarias, como apoyo para la ingeniería de procesos, aplicando dichos diagramas de flujo a ejemplos específicos seleccionados. 2. Identifica simuladores en estado estacionario de procesamiento de minerales, considerando el alcance y aplicación de cada uno de estos. 3. Aplica simuladores en estado estacionario a problemas de análisis y diseño de procesos mineralúrgicos. 	<p>[Mular et al., Cap. 4]</p> <p>[King, Cap. 10]</p> <p>[Napier-Munn et al.]</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	RA3–RA4	Análisis de procesos vía simulación	4
Contenidos		Indicador de logro	Referencias a la Bibliografía
<p>6.1. Modelación de una unidad y/o sistema.</p> <p>6.2. Análisis de la operación de una planta o proyecto específico.</p> <p>6.3. Análisis de un caso de estudio.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica las herramientas de simulación de procesos, para analizar la operación de una planta o un proyecto específico, considerando la necesidad de optimar dicha operación. 2. Determina una solución para modelar una unidad y/o sistema, considerando índices clave de desempeño de un proceso. 3. Redacta un texto donde presenta una solución para modelar una unidad y/o sistema, considerando índices clave de desempeño de un proceso, mediante el uso de un lenguaje técnico, claro y preciso. 4. Discute, en grupo, sobre la solución propuesta para el procesamiento de minerales de una planta específica, utilizando datos de una operación existente y criterios que permitan su optimización, los que ejemplifica con situaciones reales. 	<p>[Mular et al., Cap. 4]</p> <p>[Kawatra, Cap. 5]</p> <p>[King, Cap. 10]</p> <p>[Himmelblau (b), Cap. 8]</p>

Bibliografía General
<p>Apuntes del profesor sobre la base de estos textos:</p> <p>[Casali y Vallebuona] A. Casali, G. Vallebuona; Apuntes del curso: Modelación de Procesos Mineralúrgicos. Apuntes del profesor.</p> <p>[Ramkrishna] D. Ramkrishna; Population Balances: Theory and Applications to Particulate Systems in Engineering. Academic Press, 1st edition, 2000.</p> <p>[Gupta & Yan] A. Gupta, D Yan; Mineral Processing Design and Operation: An Introduction. Elsevier Science, 1st edition, 2006.</p> <p>[Himmelblau (a)] D. Himmelblau; Process Analysis by Statistical Methods, Wiley Online Library. DOI</p>

10.1002/aic.690170103. June 2004.

[Himmelblau (b)]

*D.M. Himmelblau, K.B. Bischoff. **Análisis y Simulación de Procesos. Editorial Reverté, 2004.***

*[G. James, D. Witten, T. Hastie & R. Tibshirani; **An introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer, 2013.***

[JKTech]

*JKTech Pty. Ltd. **JKSimMet Version 6.0 User Manual. Steady State Mineral Processing Simulator, 2012.***

[Kawatra]

*S. K. Kawatra; **Advances in Comminution. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. , 2006.***

[King]

*R. P. King; **Modeling & Simulation of Mineral Processing Systems. 2ND Edition. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2012.***

[Mular et al.]

*A. Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; **Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 y 2. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2002.***

[Napier-Munn et al.]

*T.J. Napier-Munn, S. Morrell, R. Morrison and T. Kojovic; **Mineral Comminution Circuits: Their Operation and Optimisation. JKMRC, Reprinted2005.***

[Wills]

*B. A. Wills; **Mineral Processing Technology. 7^a Edición, Butterworth - Heinemann. 2005.***

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Magin Torres
Validado por:	Gonzalo Montes
Revisado por:	Área de Gestión Curricular