

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Concentración de Minerales
<b>Clave de la asignatura:</b>	3-2-5
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	MEF-1602
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Química

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura</b>
<p>La asignatura de Concentración de Minerales se ubica dentro del marco de la carrera de Ingeniería Química con especialidad en Metalurgia Extractiva. Consiste en el estudio de las Operaciones Unitarias dentro de una planta de Procesamiento de Minerales. Dicho proceso se ubica cuando el mineral está a pie de mina y termina con la obtención de un concentrado que se envía a un proceso metalúrgico posterior.</p> <p>Esta asignatura al formar parte del contenido de la especialidad en Metalurgia Extractiva, permitirá que el Ingeniero Químico, adquiera la capacidad para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseñar, seleccionar, operar, optimizar y controlar procesos en industrias químicas, mineras y metalúrgicas, con base en el desarrollo tecnológico, de acuerdo a las normas de higiene y seguridad, y de manera sustentable.</li> <li>✓ Utilizar las tecnologías de la información y comunicación como herramientas en la construcción de soluciones a problemas de ingeniería y en la difusión del conocimiento científico y tecnológico.</li> <li>✓ Realizar innovación y adaptación de tecnología en procesos químicos y metalúrgicos; aplicando la metodología científica y respetando las normas de la propiedad intelectual.</li> </ul> <p>Su importancia radica en el aprendizaje de los fundamentos ingenieriles para llevar a cabo la obtención del mineral valor.</p>
<b>Intención didáctica</b>
<p>Proporcionar conocimientos sobre las principales operaciones empleadas en el proceso de beneficio de minerales, su importancia, objetivos y aplicación, equipos empleados, sus</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

características fundamentales, operación y control.

Aplicar los conocimientos teórico-prácticos al proceso de beneficio de minerales interpretando teórica y prácticamente los fenómenos y transformaciones que sufre el mineral a través de las distintas operaciones por las que pasa, contribuyendo mediante la organización del trabajo y la aplicación de las técnicas de seguridad a elevar la calidad y los índices técnico-económicos de la producción.

Impartir los conocimientos con un enfoque didáctico, empleando los medios de enseñanza que contribuyan al logro de este objetivo.

Desarrollar habilidades en el cálculo de los índices de los procesos de beneficios de minerales.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Laguna.  Abril de 2016.	Ing. Ana María Flores Romero.  Ing. Francisco de Jesús González Peña.  Ing. Delia Cárdenas Rodríguez.  Ing. Kenia Crispín García.  Ing. Adriana Gamboa Hernández.  Ing. Karla V. Guevara Amatón.  Ing. Simón A. Pedroza Figueroa  Ing. Susana M. García Delgado	Revisión de los programas de las materias de la especialidad:  Metalurgia

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conoce la importancia del Beneficio de los Minerales a partir del estudio de los aspectos ingenieriles y económicos.</li> <li>✓ Logra que el alumno seleccione los procesos de separación y concentración idóneos del beneficio de los minerales a partir del análisis de las propiedades de los minerales y de las características de comportamiento en los equipos de trituración, molienda,</li> </ul>

clasificación, concentración y eliminación de agua y disposición de jales.

- ✓ Efectúa los cálculos correspondientes de selección y diseño de circuitos de beneficio de minerales a partir de las teorías y modelos matemáticos en dichos procesos, involucrando a los indicadores más importantes para evaluar la calidad y eficiencia de los procesos de concentración.

## 5. Competencias previas

- ✓ Balances de materia y energía.
- ✓ Comprende y aplica conceptos de fenómenos de transporte de materia, momento y calor.
- ✓ Fundamentos teóricos de operaciones unitarias que involucran separaciones mecánicas y transferencia de materia

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	<b>INTRODUCCIÓN EN LOS PROCESOS DE BENEFICIO DE LOS MINERALES</b>	<p><b>1.1</b> Importancia del beneficio de los minerales (aspectos ingenieriles y económicos).</p> <p><b>1.2</b> Operaciones unitarias utilizadas en el procesamiento de menas.</p> <p><b>1.3</b> Conocimiento de los principales minerales existentes en el país.</p> <p><b>1.4</b> Conceptos de las funciones de densidad y distribución.</p> <p><b>1.5</b> Representaciones gráficas de las funciones y su aplicación en las técnicas de caracterización y procesos de beneficio.</p> <p><b>1.6</b> Balance poblacional en los procesos de separación y concentración.</p>
2.	<b>MINERALOGÍA</b>	<p><b>2.1</b> Mineralogía. Concepto e importancia. Reseña histórica.</p>

		<p><b>2.2</b> División de la mineralogía.</p> <p><b>2.3</b> Concepto de minerales. Descripción química</p> <p><b>2.4</b> Mineralogía física. Estado amorfo y cristalino. Simetría. Elementos de simetría .Ejes cristalográfico. Índice de Miller.</p> <p><b>2.5</b> Propiedades de los minerales.</p>
3.	<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN PROCESOS METALÚRGICOS</b>	<p><b>3.1</b> Concepto y teorías de la conminución, consumo de energía e índice de trabajo.</p> <p><b>3.2</b> Definición de trituración. clasificación y cálculo de equipos de trituración.</p> <p><b>3.3</b> Definición de cribado, equipos y tipos de cribado.</p> <p><b>3.4</b> Definición de molienda, tipos y cálculo de equipos de molienda.</p> <p><b>3.5</b> Definición de clasificación, tipos y equipos de clasificación.</p> <p><b>3.6</b> Modelación matemática de los procesos de trituración y molienda.</p> <p><b>3.7</b> Cálculo de circuitos de trituración, cribado, molienda y clasificación.</p> <p><b>3.8</b> Teoría de muestreo.</p>
4.	<b>PROCESOS DE CONCENTRACIÓN</b>	<p><b>4.1</b> Concepto de concentración y de los indicadores % Ley, % Recuperación, relación de concentración e índice de selectividad.</p> <p><b>4.2</b> Balances metalúrgicos y su aplicación a los procesos de concentración.</p> <p><b>4.3</b> Concentración gravimétrica, análisis de las variables de control y equipos.</p> <p><b>4.4</b> Concentración en medios densos, análisis de las variables de control y equipos.</p> <p><b>4.5</b> Concentración magnética y electrostática, análisis de las variables de control y equipos.</p>

		<b>4.6</b> Flotación por espuma, análisis de las variables de control y equipos.
<b>5.</b>	<b>PROCESOS DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO.</b>	<b>5.1</b> Espesamiento y floculación y cálculo de tanques espesadores. <b>5.2</b> Filtración y cálculo de filtros. <b>5.3</b> Disposición de efluentes de plantas concentradoras.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas.

<b>Tema 1. Introducción en los Procesos de Beneficio de los Minerales</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<b>Específica(s):</b> ✓ Conocimiento general y descripción de los tipos de minerales, distribución, densidad y aspectos económicos más relevantes del ámbito nacional y global.	✓ Investigación bibliográfica de minerales, morfología, caracterización. ✓ Visita al museo de los metales.
<b>Genéricas:</b> ✓ Capacidad de análisis y síntesis. ✓ Habilidades en el uso de tecnologías de la información. ✓ Capacidad de comunicación oral y escrita. ✓ Solución de problemas. ✓ Trabajo en equipo. ✓ Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica. ✓ Capacidad de aprender.	✓ Identificación de muestras minerales (práctica). ✓ Representación gráfica de distribución y densidad de minerales y metales principales en un mapa. ✓ Investigación bibliográfica de precios de minerales y metales.
<b>Tema 2. Mineralogía</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<b>Específica(s):</b> ✓ Conocimiento de los fundamentos teóricos de Mineralogía.	✓ Visita al museo de los metales Peñoles. ✓ Visita al área de caracterización de

<p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>✓ Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>✓ Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>✓ Solución de problemas.</li> <li>✓ Trabajo en equipo.</li> <li>✓ Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>✓ Capacidad de aprender.</li> <li>✓ Habilidad de trabajo autónomo</li> </ul>	<p>materiales CIDT.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Investigación bibliográfica.</li> <li>✓ Usar algún software matemático disponible y aplicable en la solución de problemas de balances</li> </ul>
<p><b>Tema 3. Análisis del tamaño de partícula en procesos metalúrgicos.</b></p>	
<p><b>Competencias</b></p>	<p><b>Actividades de aprendizaje</b></p>
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocimiento de los fundamentos teóricos de las operaciones de reducción de tamaño, criterio para selección de equipos utilizados en la operación descrita anteriormente</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>✓ Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>✓ Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>✓ Solución de problemas.</li> <li>✓ Trabajo en equipo.</li> <li>✓ Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>✓ Capacidad de aprender.</li> <li>✓ Habilidad de trabajo autónomo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cálculo y representación gráfica de análisis granulométrico en sus diferentes modalidades (diferencial, sobretamaño y bajotamaño).</li> <li>✓ Resolución de problemas que involucren cálculo de potencia e índices de trabajo de reductores de tamaño.</li> <li>✓ Cálculo de variables de diseño y operación de un molino de bolas.</li> <li>✓ Modelación matemática en Excel de procesos de trituración de tamaño.</li> <li>✓ Análisis de diferentes formaciones de circuitos de trituración y molienda.</li> <li>✓ Investigación bibliográfica de equipos de cribado, trituración y molienda.</li> <li>✓ Investigación de técnicas y equipos de muestreo.</li> </ul>
<p><b>Tema 4. Procesos de Concentración.</b></p>	
<p><b>Competencias</b></p>	<p><b>Actividades de aprendizaje</b></p>

<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocimiento de los fundamentos teóricos de las operaciones de concentración de minerales, criterio para selección de equipos utilizados en concentración de minerales, conocimiento, análisis y descripción de procesos integrales que involucren la concentración de minerales.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>✓ Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>✓ Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>✓ Solución de problemas.</li> <li>✓ Trabajo en equipo.</li> <li>✓ Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>✓ Capacidad de aprender.</li> <li>✓ Habilidad de trabajo autónomo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis y construcción de curvas grado-recuperación y recuperación-rendimiento.</li> <li>✓ Resolución de problemas de balance metalúrgico.</li> <li>✓ Investigación bibliográfica y documentación de equipos de concentración gravimétrica, concentración por medios densos, concentración magnética y electrostática.</li> <li>✓ Investigación bibliográfica y documentación de equipos de flotación (celdas y columnas). Calcular la temperatura final alcanzada en un reactor adiabático en un proceso específico.</li> </ul>
---	--

**Tema 5. Procesos de Separación Sólido-Líquido.**

<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocimiento de los fundamentos teóricos de las operaciones de separación sólido-líquido, criterio para selección de equipos utilizados en concentración de minerales, conocimiento, análisis y descripción de procesos integrales que involucren la separación sólido-líquido</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>✓ Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>✓ Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>✓ Solución de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resolución de problemas de cálculo de velocidad de sedimentación.</li> <li>✓ Resolución de problemas de cálculos de variables de filtración en un proceso minero.</li> <li>✓ Investigación bibliográfica y documentación de equipos sedimentadores, filtros y depósitos de disposición final de efluentes de plantas concentradoras.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Trabajo en equipo.</li> <li>✓ Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>✓ Capacidad de aprender.</li> <li>✓ Habilidad de trabajo autónomo</li> </ul>	
--	--

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar dureza y peso específico de diferentes minerales</li> <li>- Realizar análisis de tamices y construir curvas características de los mismos</li> <li>- Determinar el índice de trabajo (Wi) de minerales</li> <li>- Realizar la separación magnética de un mineral que tenga partículas de hierro</li> <li>- Realizar prácticas de flotación diseñando esquemas químicos según el mineral</li> <li>- Determinar velocidad de sedimentación de partículas de minerales</li> </ul>
--

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El Proyecto Integrador propuesto es el estudio de caso de una planta de beneficio de minerales para la descripción del proceso actual, y en base a pruebas, la propuesta de mejoras en el mismo así como esquemas de tratamiento alternativos al existente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fundamentación:</b> Cuando el alumno tiene un avance considerable de los temas del curso se realiza una visita diagnóstica a la planta de beneficio problema, es así que con la existencia previa de conceptos teóricos, los alumnos toman datos técnicos y se hace un levantamiento de campo de los detalles de la empresa y la toma de muestras de mineral para realizar pruebas.</li> <li>• <b>Planeación:</b> A partir del diagnóstico de la planta se pretende realizar el diseño del Proyecto, en base a un cronograma de avance y repartiendo las tareas de investigación y experimentación entre los integrantes del grupo.</li> <li>• <b>Ejecución:</b> En base a la planeación se llevan a cabo las etapas de investigación de antecedentes, marco teórico, propuesta de hipótesis, realización de pruebas al mineral y propuesta de mejoras.</li> <li>• <b>Evaluación:</b> La evaluación del proyecto integrador se realiza mediante la presentación ante el docente y expertos externos del modelo creado. Como el grupo se divide en dos, se lleva a cabo una especie de competencia, en donde el equipo que logra mejores resultados en las pruebas y mejor valoración de los expertos recibe una</li> </ul>
---

compensación de mejor calificación.

## 10. Evaluación por competencias

Realizar la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.

- ✓ Participación en el desarrollo del curso y en la resolución de problemas.
- ✓ Informes de prácticas, tareas y visitas industriales.
- ✓ Exámenes escritos.
- ✓ Exposiciones.
- ✓ Caso integrador.
- ✓ Portafolio de evidencias (formato electrónico). Toda evidencia debe de estar contenida dentro del portafolio de evidencias.

Los instrumentos mediante los cuales se evaluarán las competencias adquiridas serán:

- ✓ Rúbricas.
- ✓ Cuestionarios.
- ✓ Listas de cotejo.

## 11. Fuentes de información

Wills, Barry. A., Mineral Processing Technology, 6a. Edition, Oxford, ButterworthHeinemann, 1997. ISBN 0750628383

Kelly, E. y Spottiswood, D., Introducción al Procesamiento de Minerales, México, Ed. Limusa, 1990. ISBN 9681833376

Mular and Baphu, Mineral Processing Plant Design, N.Y., Society of Mining Engineers AIME, Littleton, Co. 1980.

Hayer, C. Peter, Process Principles in Minerals & Materials Production, Australia, Edit. Hayer Publishing Co., 1993. ISBN 0958919720

Lynch, A. J., Mineral Crushing and Grinding Circuit, Great Britain, Edit. Elsevier Scientific Publishing Co. 1977. ISBN 0444415289

Leja, J., Surface Chemistry of Froth Flotation, N.Y., Plenumm, 1981.

Cruzier, R. D., Flotation, N.Y., Pergamon Press, 1992.

Komar, K. S., Comminution Practices. Edit. Society for Mining Metallurgy & Exploration. 1st. edition, Marzo 1997. ISBN0873351495.

King, R. P., Modeling and Simulation of Mineral Processing, Canada, Edit. ButterworthHeinemannCollege. 2001. ISBN 0444822550.