

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	<i>Laboratorio de Metalurgia Extractiva</i>
Clave de la asignatura:	<i>MEB-2405</i>
SATCA ¹ :	<i>1-4-5</i>
Carrera:	Ingeniería Química

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Químico la experiencia de procesar un mineral hasta llegar a la extracción de su(s) metal(es). Se adquirirán experiencias prácticas en la obtención de metales básicos, así como algunos procesos de purificación, en un ambiente controlado de laboratorio.

En este curso el alumno adquirirá el conocimiento y la práctica de técnicas en un laboratorio metalúrgico; por una parte, actividades de caracterización de minerales enfocadas a establecimiento de rutas de procesamiento y obtención de metales, con enfoque, determinativo, educativo y de investigación. Por otra parte, procedimientos comunes y cotidianos de determinación de los metales más comunes

Intención didáctica

Se busca fomentar actividades de aprendizaje o estrategias que impulsen el desarrollo de habilidades de indagación, previas al abordaje práctico de los temas, esto facilita la conceptualización y que provoquen el análisis.

Al inicio del curso se estudia la normativa mexicana aplicable a laboratorios metalúrgicos.

En el área de procesamiento de minerales, se aborda la caracterización del mineral por tamaño de partícula con la técnica de tamizado, la determinación de la densidad del mineral, porcentaje de sólidos de pulpas, reducción de tamaño por medio de trituración y/o molienda en función del grado de liberación para terminar en la concentración del mineral por medio de flotación, el concentrado se seca y pruebas de sedimentación

Sobre la pirometalurgia se conocerá la técnica de ensaye al fuego, que es la determinación de metales preciosos en una muestra a través de la fusión con fundentes y al final, la obtención por su copelación.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

También se explora los tratamientos anteriores a un proceso de fusión, así como la reducción del compuesto del meta por el uso de un agente reductor, en un ambiente a altas temperaturas.

En el área de hidrometalurgia, se elaborarán diagramas de Fase electroquímicos, así como diagramas de Especiación con el fin de determinar las condiciones idóneas para llevar a cabo una lixiviación o electrólisis para la obtención de un metal o compuesto de algún mineral o cemento. Se realizarán cálculos cinéticos para determinar las etapas controlantes en un proceso de lixiviación, así como también, se caracterizarán las partículas. La aplicación de los conceptos fundamentales de Diseño de Reactores también es importante para el diseño de un proceso. Y por último se aplicarán los conceptos que tienen que ver con la Lixiviación de Óxidos y Sulfuros

En la última unidad, se establecen las prácticas de electrometalurgia, mediante las cuales los estudiantes revisarán el efecto de las principales variables en la operación de los procesos electrometalúrgicos de electrobeneficio y electrefinación.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de la Laguna, marzo 2020	Integrantes de la Academia de Ingeniería Química del ITL.	Diseño del módulo de especialidad de la carrera de Ingeniería Química.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Desarrollar la capacidad de análisis, preparación, obtención y refinación de metales de acuerdo con los procesos de extracción pertinentes al metal, en un ambiente controlado de laboratorio.

5. Competencias previas

- Análisis y diseño de experimentos
- Manejar paquetes gráficos y estadísticos
- Resolución de ecuaciones y ajuste de datos utilizando métodos numéricos
- Determinar propiedades termodinámicas y cinéticas
- Aplicar balances de materia y energía
- Aplicar el análisis dimensional

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Reglamento de buenas prácticas de laboratorio y normatividad aplicable en laboratorios de metalurgia extractiva	1.1. Normatividad mexicana para laboratorios metalúrgicos
2	Procesamiento de Minerales	2.1 Preparación y caracterización del mineral 2.2 Reducción de tamaño en función de liberación y cálculo de potencia y W_i 2.3 Concentración de mineral (flotación, gravimetría u otros) 2.4 Pruebas de sedimentación y secado de mineral
3	Pirometalurgia	3.1 Técnica de ensaye al fuego 3.2 Pretratamiento de concentrados 3.3 Procesos de reducción
4	Hidrometalurgia	4.1 Tratamiento de concentrados de minerales mediante procesos hidrometalúrgicos para la obtención de un metal 4.2 Procesos electroquímicos para obtención y refinación de metales en solución acuosa
5	Determinación de contenidos de metales más comunes vía gravimétrica y/o volumétrica	5.1 Determinación de un metal básico por medio de técnicas gravimétricas y/o volumétricas 5.2 Electrorefinación en solución acuosa.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Reglamento de buenas prácticas de laboratorio y normatividad aplicable en laboratorios de Metalurgia Extractiva	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>El alumno conocerá el reglamento de buenas prácticas de laboratorio y la normatividad aplicable en laboratorios de Metalurgia Extractiva</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Habilidad de trabajo autónomo 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una investigación bibliográfica de los documentos correspondientes (manual de BPL y normas mexicanas) • Elaborar una presentación del contenido del manual de BPL • Realizar infografías de cada norma • Realizar un recorrido de reconocimiento de las instalaciones para inspeccionar de acuerdo a lo investigado, las condiciones actuales y puntos de mejora
2. Procesamiento de Minerales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): El alumno realizará prácticas relacionadas con el procesamiento de una mena valiosa a través de los procedimientos relacionados en las etapas de liberación del mineral mediante reducción de tamaño, concentración, y tratamiento de concentrado y jales.</p> <p>Genéricas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar los datos de ley de cabeza, tipo de mineral y tamaño de grano para decidir grado de molienda y método de concentración • Preparación de mineral mediante deslamado, homogeneización y cuarteo • Determinación de tiempo de molienda y consumo de potencia

<ul style="list-style-type: none"> • 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. • Habilidad de trabajo autónomo 	<p>de acuerdo a tamaño de partícula requerido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción y/o interpretación de esquema de flotación • Preparación de soluciones y reactivos para flotación y pruebas de sedimentación • Procesamiento de efluentes de flotación, mediante sedimentación, filtración, recuperación de agua, análisis y confinamiento de residuos
---	---

3. Pirometalurgia

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer los fundamentos del tratamiento de minerales y concentrados a altas temperaturas, selección de equipo y materiales del proceso, así como el análisis fisicoquímico de las reacciones y sus aplicaciones para la obtención de diferentes metales básicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Habilidad de trabajo autónomo 	<ul style="list-style-type: none"> • Asentar el propósito y las aplicaciones industriales sobre el pretratamiento a concentrados para ser usados en la extracción a altas temperaturas, así como las condiciones indispensables para su óptimo funcionamiento. • Establecer el objetivo del pretratamiento elegido. • Conocer las condiciones en las que se llevan a cabo los procesos de reducción en los que se utiliza un agente reductor a través de procesos a altas temperaturas.

4. Hidrometalurgia

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conocer los fundamentos de utilizar soluciones acuosas para la extracción de valores metálicos y seleccionar métodos de lixiviación para su aplicación. Obtener un producto final por vía electroquímica</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Habilidad de trabajo autónomo 	<ul style="list-style-type: none"> • Asentar el propósito y las aplicaciones industriales sobre el pretratamiento a concentrados para ser usados en la extracción vía hidrometalúrgica, la ruta crítica, reacciones involucradas en el proceso, así como las condiciones indispensables para su óptimo funcionamiento. • Establecer el objetivo del pretratamiento elegido. • Establecer el método electroquímico más adecuado para la obtención final del metal • Identifica las principales variables de operación de los procesos de EW en solución acuosa. • Determina el efecto de las variables de operación en los procesos electrometalúrgicos de EW y ER. • Calcula el Consumo específico de energía de los procesos. • Calcula la eficiencia de corriente de los procesos de EW y ER.
5. Determinación de contenidos de metales más comunes vía gravimétrica y/o volumétrica	
Competencias	Actividades de aprendizaje

Específica(s): Determina cuantitativamente el o lo(s) metal(es) procesados mediante los métodos de aplicados en la ruta de obtención del mineral problema tratado en el curso

Genéricas:

- 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.
- Habilidad de trabajo autónomo

- Aplica con conocimiento del fundamento y con exactitud y precisión, técnicas de determinación de contenidos de metales para cálculos de eficiencia y recuperación

8. Práctica(s)

1. Conocimiento de reglamentos y normatividad
2. Preparación de mineral
3. Molienda
4. Flotación
5. Sedimentación
6. Ensayo al fuego (fusión)
7. Ensayo al fuego (copelación)
8. Calcinación
9. Reducción de una solución con Zn y Fe
10. Neutralización de una solución con Zn y Fe
11. Electro-obtención de Zn
12. Lixiviación de Cu en columnas
13. Electro-obtención de Cu
14. Lixiviación de metales a partir de material reciclado
15. Determinación de Cu, Fe, Zn, Pb, Au, Ag

9. Proyecto de asignatura

Las prácticas tienen una secuencia que permite desde la preparación de reactivos

y materiales, su análisis, pretratamiento, extracción y refinación de un metal. Por lo que la recopilación de las prácticas del laboratorio serán la evidencia en el proceso aplicado en la obtención de un metal.

10. Evaluación por competencias

Realizar la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.

- * Participación en el desarrollo del curso.
- * Informes de prácticas, tareas y visitas industriales.
- * Exámenes escritos
- * Exposiciones
- * Caso integrador
- * Portafolio de evidencias (formato electrónico)

11. Fuentes de información

1. Morris A. Willey. Handbook on Materia and Energy Balance. Calculations in Materials Processing. Third Edition.
2. Rao, Y.K. Stoichiometry and thermodynamics of metallurgical process. Cambridge.
3. Hayes. Process Principles in Minerals and Materials Production. Ed. Hayes-
4. Wills, Barry. A., Mineral Processing Technology, 6a. Edition, Oxford, ButterworthHeinemann, 1997. ISBN 0750628383
5. Kelly, E. y Spottiswood, D., Introducción al Procesamiento de Minerales, México, Ed. Limusa, 1990. ISBN 9681833376
6. Rosenqvist, T. (1987) Fundamentos de Metalurgia Extractiva; Editorial Limusa
7. Ballester, A.; Verdeja, L. F.; Sancho, J. (1982) Metalurgia Extractiva Vol. I y II; Editorial Síntesis; Madrid, España.
8. Autores varios. Unit Process in Extractive Metallurgy - Pirometalurgia. Curso tutorial de Montana College of Mineral Science and Technology.
9. Kenneth N. Han (2002) *Fundamentals of Aqueous Metallurgy*. SME. Chapter
10. Michael L. Free (2013) Hydrometallurgy. Fundamentals and Applications. Editorial TMS - Wiley.
11. Esteban M. Domic M. (2001) *HIDROMETALURGIA, fundamentos, procesos y aplicaciones*. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.
12. Hong Yong Sohn & Milton E. Wadsworth. Editorial Trillas. Cinética de los procesos de la METALURGIA EXTRACTIVA.



13. Gaviria C. Ana Cecilia, Restrepo B. Óscar Jaime, Bustamante R. M. Oswaldo. (2007). *Notas de Clase. Hidrometalurgia Aplicada*. Línea de Metales Preciosos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Medellín
14. Habashi F. "Handbook of Extractive Metallurgy", Vol I, II, III y IV Ed. Wiley-VCH 1997.