



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Metalurgia
Clave de la asignatura:	MIM-1321
SATCA ¹ :	2-4-6
Carrera:	Ingeniería en Minería

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Minería, el conocimiento y manejo de los procesos metalúrgicos ferrosos y no ferrosos, su aplicación en las plantas de procesamiento de minerales y plantas siderúrgicas, facilitando al estudiante tomar decisiones pertinentes ante las situaciones que se presenten en los diferentes procesos metalúrgicos dados en la industria minera.</p> <p>Se establecen las bases para que el estudiante relacione el producto obtenido en el pre beneficio del mineral, es decir relaciona las asignaturas de Explotación de Minas I y II, Preparación de Minerales y Concentración de Minerales con el producto final en su forma más pura o aleada, tanto en el campo ferroso como no ferrosos.</p>
Intención didáctica
<p>El programa de la asignatura de metalurgia se organiza en siete temas, en los cuales se incluyen aspectos teóricos y de aplicación.</p> <p>En el primer tema se introduce al estudiante a la Identificación de los procesos de concentración gravimétrica, flotación, lixiviación, electrólisis y extracción por solventes.</p> <p>En el segundo tema se analizan los procesos pirometalúrgicos: hornos de tostación y calcinación, estableciendo diferencias, semejanzas y ventajas.</p> <p>En el tercer tema se reconocen las reacciones químicas importantes en los diferentes procesos hidrometalúrgicos.</p> <p>En el cuarto tema se identifican las características fundamentales del bombeo de lodos, tipos de bombas para lodos, estableciendo diferencias, semejanzas y ventajas.</p> <p>En el quinto tema se analizan los ciclones e hidrociclones, atriccionadores, tanques clasificadores y tanques espesadores, estableciendo diferencias, semejanzas y ventajas.</p> <p>En el sexto tema se identifican los diferentes tipos de presas de jales, estableciendo diferencias, semejanzas y ventajas.</p> <p>En el séptimo tema se reconoce los procesos de reducción directa más importantes, el alto horno y los procesos de aceración más comunes en el ámbito siderúrgico, énfasis necesario en las reacciones químicas existentes en estos procesos, así como visitas industriales son necesarios.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Es importante desarrollar en el estudiante hábitos de estudio y de trabajo, incentivándolo y estimulando su curiosidad, puntualidad, entusiasmo, interés, tenacidad, flexibilidad de ideas y la autonomía en sus desempeños.

El docente de la asignatura de Metalurgia debe mostrar y objetivar su conocimiento y experiencia en el área para construir escenarios de aprendizaje significativo en los estudiantes que inician su formación profesional en la ingeniería minera, así como la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, del 29 de enero al 1 de febrero de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Pachuca, Querétaro, Superior de Cajeme, Superior de Cananea, Superior de Fresnillo, Superior de Irapuato, Superior de Mulegé, Superior de Loreto, Superior de Santiago Papasquiaro, Superior de Poza Rica, Superior de Tacámbaro, Superior de Venustiano Carranza, Superior de Zacatecas Occidente, Minera Mexicana la Ciénega S.A. de C.V. y Fresnillo PLC.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Minería del SNIT.
Desarrollo en Competencias Profesionales por el Instituto Tecnológico del 11 de febrero al 8 de marzo de 2013.	Academias de la carrera de Ingeniería en Minería de los Institutos Tecnológicos de: Pachuca, Querétaro, Superior de Cajeme y Superior de Mulegé,	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Minería del SNIT.
Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, del 16 al 19 de abril de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Querétaro, Superior de Cajeme, Superior de Cananea, Superior de Fresnillo, Superior de Irapuato, Superior de Mulegé, Superior de Loreto, Superior de Santiago Papasquiaro, Superior de Poza Rica, Superior de Tacámbaro, Superior de Zacatecas Occidente, Minera Mexicana la Ciénega S.A. de C.V. y Fresnillo PLC.	Reunión Nacional de Consolidación de la Carrera de Ingeniería en Minería del SNIT.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Parral, Superior de Fresnillo, Superior de Santiago Papasquiaro y Superior de Zacatecas Occidente.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en



		Biotecnología del Tecnológico Nacional de México.
--	--	---

4. Competencia a desarrollar

Analiza los diferentes procesos metalúrgicos ferrosos y no ferrosos, procesos de reducción directa, alto horno y de aceración más comunes para el manejo adecuado en la industria minera.

5. Competencias previas

- Identifica los minerales mediante procesos químicos que están presentes en los diferentes procesos mineros para un mejor aprovechamiento de la materia prima.
- Evalúa las propiedades físicas, químicas y ópticas de los minerales, asociaciones, para su clasificación o tratamiento en un proceso de concentración.
- Aplica los conocimientos fundamentales, teorías y principios fisicoquímicos para establecer sistemas de equilibrio de fases y de estado que ocurren en los procesos mineros, así como base para el diseño de un proceso de beneficio.
- Diseña las plantillas de voladuras mediante el uso seguro de explosivos de acuerdo a los yacimientos para realizar la extracción de minerales cumpliendo con la normatividad vigente.
- Diseña y realiza el procesamiento de minerales, para su preparación y caracterización, para su posterior beneficio.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a los procesos de concentración.	1.1 Gravimetría. 1.2 Flotación. 1.3 Lixiviación. 1.4 Electrólisis. 1.5 Extracción por solventes.
2	Pirometalurgia.	2.1 Tipos de hornos. 2.2 Tostación y calcinación. 2.3 Convertidores. 2.3.1 Materias primas. 2.3.2 Reacciones químicas en los convertidores y productos.
3	Hidrometalurgia.	3.1 Lixiviación in situ, en columna, agitada y biolixiviación. 3.2 Absorción, desorción y reactivación (ADR). 3.3 Cementación. 3.4 Precipitación. 3.5 Extracción por solventes.
4	Características fundamentales del bombeo de lodos.	4.1 Bombas de lodos. 4.2 Sistemas de rebombeo. 4.3 Tuberías termo soldadas.
5	Procesos de separación y concentración.	5.1 Ciclones e hidrociclones. 5.2 Atricionadores. 5.3 Tanques clasificadores. 5.4 Tanques espesadores. 5.5 Filtración.
6	Presas de jales.	6.1 Composición general de los jales. 6.2 Características de las presas de jales.



		6.2.1 Construcción, alcantarillas, torres de decantación. 6.3 Operación de presa de jales. 6.4 Comportamiento y efectos de los jales en el medio ambiente.
7	Siderurgia.	7.1 Procesos de reducción directa. 7.1.1 Proceso HyLSA y Proceso Midrex 7.2 Alto horno. 7.2.1 Materias primas. 7.2.2 Reacciones químicas y productos. 7.3 Proceso de aceración en BOF (Basic Oxygen Furnace). 7.4 Proceso de aceración en horno eléctrico de arco (HEA).

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción a los procesos de concentración.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica: Analizar los Procesos de concentración gravimetría, flotación, lixiviación, electrólisis y extracción por solventes para obtención de los metales de interés comercial. Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de TIC's los conceptos de gravimetría, flotación, lixiviación, electrólisis y extracción por solventes. Interpretar las reacciones químicas presentes en los procesos más comunes de electrólisis. Asociar conceptos a través de ejercicios numéricos relacionados con los procesos gravimétricos. Establecer en equipo de trabajo las diferencias entre lixiviación, flotación y extracción por solventes.
2. Pirometalurgia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica: Analiza los hornos de tostación y calcinación para obtener productos utilizables en procesos posteriores. Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de Tics las materias primas y los productos más importantes de los convertidores utilizados en pirometalurgia. Analizar e interpretar las reacciones químicas presentes en los procesos pirometalúrgicos más comunes. Comprender conceptos a través de ejercicios numéricos relacionados con los procesos pirometalúrgicos. Establecer en equipo de trabajo las diferencias fundamentales entre los procesos de tostación y calcinación.
3. Hidrometalurgia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica: Identifica los procesos hidrometalúrgicos y las reacciones químicas para obtener productos de alta pureza.	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de Tics las materias primas y los productos más



<p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.</p>	<p>importantes obtenidos en los procesos hidrometalúrgicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar e interpretar las reacciones químicas presentes en los procesos hidrometalúrgicos más comunes. Comprender conceptos a través de ejercicios numéricos relacionados con los procesos hidrometalúrgicos. Establecer en equipo de trabajo las diferencias fundamentales entre cementación precipitación y extracción por solventes.
4. Características fundamentales del bombeo de lodos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Analiza los diferentes tipos de bombas para lodos para el manejo de materiales de desecho.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de TIC's los diferentes tipos de bombas para lodos. Clasificar los materiales fundamentales utilizados en cada tipo de bomba, así como su principio de funcionamiento mecánico. Comprender conceptos a través de ejercicios numéricos relacionados con los sistemas de rebombeo. Establecer en equipo de trabajo las diferencias fundamentales de los diferentes tipos de bombas para lodos.
5. Procesos de separación y concentración.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Analiza los ciclones e hidrociclones, atricionadores, tanques clasificadores y tanques espesadores para deshidratar y concentrar minerales.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de TIC's los diferentes procesos de concentración. Reconoce las diferencias en los equipos utilizados en los procesos de concentración. Construir un cuadro comparativo de reactivos químicos en los procesos de concentración.
6. Presas de jales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Identifica los diferentes tipos de presas de jales para establecer semejanzas y ventajas.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, Habilidad de investigación y capacidad de aprender.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes escritas y de TIC's los diferentes tipos de presas de jales. Construir en equipo de trabajo las diferencias y semejanzas fundamentales de los tipos de presas de jales.



7. Siderurgia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Analiza los procesos de reducción directa para diferenciándolos del proceso de producción de arrabio en el alto horno.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis, Capacidad de organizar y planificar, Comunicación oral y escrita, Manejo de TIC's, Solución de problemas, Toma de decisiones, Trabajo en equipo, Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Consultar en distintas fuentes escritas y de TIC's el proceso de fabricación de arrabio en el alto horno.• Analizar y clasificar los materiales fundamentales utilizados en el alto horno, BOF y horno eléctrico de arco.• Ilustrar las diferencias de los procesos con dos escorias y una escoria en el horno eléctrico de arco.

8. Práctica(s)

- Prácticas de gravimetría
- Prácticas de Flotación.
- Prácticas de Lixiviación.
- Prácticas de Electrólisis.
- Prácticas de Tostación.
- Prácticas de calcinación.
- Visita industrial relacionada con bombas de lodos.
- Visita industrial relacionada con reducción directa.
- Visita industrial relacionada con alto horno, BOF u horno eléctrico de arco.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- Ejecución: consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- Evaluación: es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Se propone la elaboración de un proyecto que permita a los estudiantes aplicar los conceptos de lixiviación, electrólisis y fundición para aplicar en un prototipo demostrando el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- Fundamentación: marco referencial sobre el diseño y fabricación de un alto horno a escala de laboratorio. Revisar bibliografía, los métodos y las normas para el diseño y fabricación en palaría.



- Planeación: se dividirán dos equipos para el diseño y fabricación de un alto horno a escala de laboratorio. Asignando de preferencia el diseño y la fabricación por equipo diferentes.
- Ejecución: cada equipo realizará según el caso, el diseño y el otro la fabricación de un alto horno a escala de laboratorio, auxiliándose en este último caso de un taller de pailera.
- Evaluación: un equipo confrontará su diseño con el horno fabricado por el otro equipo, evaluando ambos como producto terminado.

10. Evaluación por competencias

- Las técnicas, herramientas y/o instrumentos sugeridos que permiten obtener el producto del desarrollo las actividades de aprendizaje: mapas conceptuales, reportes de prácticas, estudios de casos, exposiciones en clase, ensayos, problemarios, reportes de visitas, portafolio de evidencias, proyecto integrador, cuestionarios, Foro, plenaria, debate.
- Las técnicas, herramientas y/o instrumentos sugeridos que permiten constatar el logro o desempeño de las competencias del estudiante: listas de cotejo, listas de verificación, matrices de valoración, guías de observación, coevaluación y autoevaluación.

11. Fuentes de información

1. Blazy, Pierre. (1995) Beneficio de los Minerales. Manual de mineralurgia. Madrid, España. Editorial Rocas y Minerales.
2. Kelly, E.G. D. J, Spotiswood. (1990). Introducción al Procesamiento de Minerales. México. Limusa.
3. Leja, Jan. (1982). Surface Chemistry of Froth Flotation. USA. Plenum Press.
4. Rubinstein, Julius, B. (1997). Flotación en Columna: Procesos, Diseños y Prácticas. Madrid. España. Editorial Rocas y minerales, 296 pag.
5. Savoboda.J (1987). Magnetic Methods for the Treatment of Minerals. Holanda. Elsevier.
6. Society for Mining. (1999) Metallurgy and Exploration, (SME). Advances in Flotation Technology. USA.
7. Somasundaran, P. (1986) Advances in Mineral Processing.USA. AIME.
8. Taggart, Arthur, F. (1966) Handbook of Mineral Dressing. New York, John Wiley and Sons, Inc.
9. Wills, B.A. (1987). Tecnología de Procesamiento de Minerales. México. Limusa.

Videos en la Internet:

<http://www.youtube.com/watch?v=CaslyzSdZr4&feature=rclist&playnext=1&list=PL2F1DEAD35B65AFC>

<http://www.youtube.com/watch?v=cGRn1MdMMt8&feature=autoplay&list=PLB2482DDFD88E9D23&f=rclist&playnext=2>

<http://www.youtube.com/watch?v=q0Jjmo3q3Mw&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=wqh2AQvs9D4>

<http://www.youtube.com/watch?v=4TR9P7fqHqE>