

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	<b>Introducción a la Metalurgia</b>
<b>Clave de la asignatura:</b>	MEF-1301
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Química</b>

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta materia proporciona una visión introductoria de las actividades que el Ingeniero Químico con especialidad en Metalurgia Extractiva realizará, aborda aspectos conceptuales y cuestiones de fundamentación, así como aquellas áreas o disciplinas con las cuales se relaciona. En este semestre el alumno se dedicará a revisar la importancia de los metales así como las principales actividades involucradas en proceso de su transformación como son: los balances de materia y balances reaccionantes de energía. Además tendrá un panorama general de los principios termodinámicos y cálculos básicos en ingeniería.

Esta asignatura será el cimiento de la especialidad, dando al alumno un enfoque general de la metalurgia, afianzará los conceptos básicos de las materias de termodinámica y balances de materia y energía

Al término del curso el alumno:

- ✓ Reconocerá los principales procesos metalúrgicos aplicados en la industria minera extractiva.
- ✓ Aplicará los principios termodinámicos y en balances macroscópicos de materia y energía para cuantificar procesos metalúrgicos.
- ✓ Tendrá una visión general de la Ingeniería Metalúrgica Extractiva lo que le permitirá desarrollar y profundizar en el conocimiento de los procesos metalúrgicos.

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

### Intención didáctica

El temario de organiza en cuatro unidades y un caso integrador, las cuatro primeras abarcan los contenidos introductorios de la Metalurgia; se incluye un caso integrador el cual se destina para afianzar el conocimiento determinando balances de materia y/o energía de un proceso metalúrgico, justificando los conocimientos adquiridos con una modelación matemática utilizando algún software matemático apropiado.

En la primera unidad se abordan los conceptos de metales, metalurgia, y su clasificación. Se busca aprender y familiarizarse con la terminología, además de conocer e identificar el proceso de transformación de un metal, por los diferentes tratamientos metalúrgicos hasta su producto terminado.

La segunda unidad considera balances de materia sin reacción química, con corrientes de recirculación y derivación, en una y diferentes etapas; se debe incluir en los balances un análisis de grados de libertad, para identificar los casos en los que probablemente el problema de balance de materia no producirá una solución, y que el alumno aprenda a identificar este tipo de balances antes de intentar resolverlo.

En la unidad tres se incluyen los conceptos básicos de balance de materia con una o varias reacciones química, reversibles, irreversibles o de combustión, en sistemas abiertos aplicados en procesos metalúrgicos, en donde se implica en algún momento un cambio en el estado de oxidación en la tecnología de producción para la gran mayoría de metales.

La cuarta unidad se da un repaso a al tema de energía y a la primera Ley de Termodinámica para iniciar con balances de energía en sistemas reaccionantes donde se revisarán, desarrollarán y resolverán problemas de los procesos de transporte de flujo momento y calor, que se aplicarán en el tratamiento ingenieril de las operaciones metalúrgicas.

Al término del curso el alumno tendrá una visión general de la Ingeniería Metalúrgica lo que le permitirá desarrollar y profundizar en el conocimiento de los procesos metalúrgicos, plasmándolos con el uso de algún software o bien el uso de la hoja electrónica. Es importante generar actividades en donde se promueva el desarrollo de las habilidades de análisis y toma de decisiones basada en la información que se genera a partir de los balances de materia y energía.

El docente actúa como guía, facilitador y asesor orientando al alumno en las actividades de aprendizaje y en la realización de proyectos, crea las condiciones para la construcción del conocimiento promoviendo el desarrollo de capacidades, habilidades y actitudes.

### 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
Proporciona al estudiante el conocimiento teórico básico, para la identificación de los metales y los procesos de transformación utilizados para facilitar su manejo y separación. Infunde el interés hacia el área de la metalurgia extractiva como rama de especialización en la carrera de Ingeniería Química.

### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplica los principios básicos de las ciencias químicas y matemáticas en el campo de la tecnología de procesos, así como el de interpretar las reacciones químicas y su estequiometría para la reunión de información relevante.</li> <li>✓ Emplea la ecuación general de balance de materia, análisis estadísticos de datos, dimensiones y unidades en procesos químicos industriales.</li> <li>✓ Utiliza adecuadamente las leyes de la termodinámica, y balances de energía sin reacción, así como los fundamentos en fisicoquímica, cinética y mecanismos de transferencia.</li> </ul>
---

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<p>1.1. Definición de metales, propiedades físicas y químicas</p> <p>1.2. Que son los minerales</p> <p>1.3. Definición de metalurgia y su clasificación.</p> <p>    1.3.1. Metalurgia ferrosa</p> <p>    1.3.2. Metalurgia No Ferrosa.</p> <p>1.4. Metalurgia Extractiva</p> <p>    1.4.1. Beneficio de Minerales.</p> <p>    1.4.2. Hidrometalurgia</p> <p>    1.4.3. Pirometalurgia</p> <p>    1.4.4. Electrometalurgia.</p> <p>1.5. Metalurgia Adaptativa.</p> <p>    1.5.1. Tratamientos Térmico</p> <p>    1.5.2. Conformado metálico</p>
2.	<b>BALANCES DE MATERIA SIN REACCIÓN EN PROCESOS METALÚRGICOS</b>	<p>2.1 Ecuación general de balances.</p> <p>2.2 Estrategias para realizar cálculos de balances de materia.</p> <p>2.3 Análisis de grados de libertad.</p> <p>2.4 Configuraciones especiales en Balances con múltiples dispositivos</p> <p>2.5 Uso de Herramientas de Excel para solución de problemas.</p>
3.	<b>BALANCES DE MATERIA CON REACCIÓN EN PROCESOS METALÚRGICOS</b>	<p>3.1 Procedimiento general de Balances de Materia en sistemas reaccionantes.</p> <p>3.2 Proceso de combustión</p> <p>    3.2.1 Combustibles gaseosos.</p> <p>    3.2.2 Combustibles líquidos</p> <p>    3.2.3 Combustibles sólidos</p> <p>3.3 Producción de un gas reductor.</p> <p>3.4 Proceso de Reducción-oxidación de Gas-Sólido.</p> <p>3.5 Procesos controlados por la Cinética de reacción química.</p> <p>3.6 Sistemas que contienen electrolitos acuosos.</p>

4.	<b>SISTEMA DE BALANCES DE ENERGÍA CON REACCIÓN EN PROCESOS METALÚRGICOS</b>	<b>4.1</b> Energía y primera Ley de Termodinámica <b>4.2</b> Limitaciones térmicas en balance de Materia. <b>4.3</b> Combustión de combustibles <b>4.4</b> Procesos Adiabáticos. <b>4.5</b> Calidad de calor y eficiencia térmica. <b>4.6</b> Procesos Electrolíticos.
----	---	---

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer aspectos conceptuales y temas básicos de la ingeniería química metalúrgica, así como aquellas áreas o disciplinas con las cuales se relaciona.</li> <li>✓ Explicar la transformación de los metales, por diferentes procesos, hasta su producto terminado.</li> </ul> <p>Genéricas:</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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaborar un video de la definición de metales.</li> <li>✓ Elaborar un cuadro sinóptico de la clasificación de la metalurgia.</li> <li>✓ Visitar una planta metalúrgica para conocer en forma general el proceso químico que se lleva a cabo.</li> <li>✓ Presentar un trabajo de investigación bibliográfica de la metalurgia extractiva aplicada en nuestra región.</li> <li>✓ Generar una investigación bibliográfica de la metalurgia adaptativa.</li> </ul>
Tema 2. Balances De Materia Sin Reacción en Procesos Metalúrgicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realiza balances de materia sin reacción en procesos metalúrgicos, incluyendo el análisis de proceso en una sola fase y en multifase.</li> </ul> <p>Genéricas:</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>✓ Analizar y aplicar en clase de la ecuación general de balances de materia.</li> <li>✓ Participar activamente en la realización de cálculos de balance, así como en la interpretación de resultados generados.</li> <li>✓ Realizar análisis de grados de libertad para la toma de decisiones.</li> <li>✓ Resolución y demostraciones de problemas con configuraciones especiales en balances con múltiples dispositivos.</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>	<p>Usar algún software matemático disponible y aplicable en la solución de problemas de balances</p>
<b>Tema 3. Balances de Materia con Reacción en Procesos Metalúrgicos.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer y aplicar las leyes fundamentales para balances globales y diferenciales de masa en diferentes sistemas de uso frecuente en los procesos químicos metalúrgicos</li> </ul> <p>Genéricas:</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>✓ Analizar y aplicar el procedimiento general de Balances de Materia en sistemas reaccionantes.</li> <li>✓ Realizar balances de masa con reacción en sistemas en equilibrio a ciertas condiciones de operación según los procesos metalúrgicos que intervienen.</li> <li>✓ Resolver problemas para entregar, sobre balances de masa en sistemas reaccionantes.</li> <li>✓ Generar las condiciones óptimas para las reacciones de combustión.</li> <li>✓ Realizar un cuadro comparativo de un proceso de reducción-oxidación de gas-sólido y proceso controlados por la cinética de reacción química, explicando las diferencias ventajas y desventajas.</li> <li>✓ Investigar e identificar procesos controlados por la cinética de reacción química.</li> <li>✓ Utiliza coeficientes de distribución en cálculos de balance de materia</li> </ul>
<b>Tema 4. Sistema de Balances de Energía con Reacción en Procesos Metalúrgicos</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar los fundamentos de fisicoquímica, cinética enfocados a los balances de energía en procesos con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Analizar y aplicar las definiciones de energía y primera Ley de Termodinámica.</li> <li>✓ Calcular la entalpía de reacción para</li> </ul>

<p>reacción química y en régimen transitorio para evaluar, explicar, y discutir los procesos.</p> <p>Genéricas:</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>una conversión dada en un sistema abierto y en condiciones preestablecidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar la cantidad de fluido de enfriamiento o calentamiento necesario para mantener a un reactor isotérmico.</li> <li>✓ Calcular la temperatura final alcanzada en un reactor adiabático en un proceso específico.</li> <li>✓ Realizar balances a partir de diagramas de procesos combinados con y sin reacción química.</li> <li>✓ Realizar balances en sistemas en estado estable.</li> <li>✓ Exponer el funcionamiento de los intercambiadores de calor según su propósito.</li> <li>✓ Realizar balances en sistemas abiertos que involucren más de una reacción para procesos acuosos, así como la interpretación de resultados.</li> <li>✓ Analizar y comentar los Procesos Electrolíticos</li> </ul>
---	---

## 8. Práctica(s)

No Hay Prácticas en la materia.

## 9. Proyecto de asignatura

Elaborar un caso integrador en donde se determine un caso real de un proceso de metalurgia extractiva que incluya el diagrama de flujo del proceso, el análisis de balances en sistemas reaccionantes de materia y energía, y donde se utilice como herramienta un software matemático para la modelación química y para la optimización del tiempo en el desarrollo del mismo.

**Fundamentación** los minerales extraídos en una operación minera están compuestos por diversas especies, algunas de ellas de valor comercial, usualmente las menos abundantes, y otras de menor valor o sin valor relativo. La metalurgia extractiva corresponde al conjunto de procesos que se llevan a cabo para separar selectivamente las especies de interés de aquellas sin valor. En términos generales se puede subdividir en cuatro grandes áreas: procesamiento de minerales, procesos hidrometalúrgicos, procesos electrometalúrgicos y procesos piro metalúrgicos.

**Planeación** Cada una de las áreas de la metalurgia extractiva, enfrenta desafíos de complejidad creciente como consecuencia de la disminución sostenida de las leyes en los yacimientos, aparición de elementos penalizados y regulaciones medioambientales cada vez más exigentes. Lo anterior releva la necesidad de mantener líneas de investigación, desarrollo e innovación que sustenten tecnologías adecuadas y eficientes.

**Ejecución:** Diseño de un proceso de la metalurgia extractiva (procesamiento de minerales, hidrometalurgia, pirometalurgia y electrometalurgia. Cada una de las áreas mencionadas enfrenta desafíos de complejidad.

**Evaluación:** se evalúa el trabajo en equipo, razonamiento del problema, la forma en la que se resolvió, además de la interacción desarrollada durante el trabajo entre sociedad, industria, alumno. Así como la vinculación y capacidad del alumno fuera del aula.

## 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)

Mediante el uso de instrumentos tales como:

- ✓ Rúbricas.
- ✓ Cuestionarios
- ✓ Listas de Cotejo

## 11. Fuentes de información

Morris A. Willey. *Handbook on Materia and Energy Balance*. Calculations in Materials Processing. Third Edition.

Rao, Y.K. *Stoichiometry and thermodynamics of metallurgical process*. Cambridge.

Hayes. *Process Principles in Minerals and Materials Production*. Ed. Hayes