

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Producción de Metales Ferrosos
Clave de la asignatura:	MAF-1021
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Materiales las competencias para comprender los aspectos básicos de los Procesos de Fabricación de Materiales Ferrosos, considerando las rutas de proceso desde la obtención de hierro hasta la colada del acero. Actualmente los materiales ferrosos siguen otorgando múltiples funcionalidades y aplicaciones de acuerdo con sus estructuras y propiedades, lo que implica que sean tan relevantes sus procesos de obtención, como sus, tratamientos de refinación.</p> <p>El enfoque de la presente asignatura se relaciona estrictamente en la mejora de las propiedades del hierro producido en el alto horno (arrabio), que se transforma en acero, considerando que el hierro, que es el componente mayoritario presenta cantidades relevantes de carbono y otros elementos, principalmente metales de transición como lo son el manganeso, cobalto, molibdeno, níquel, cromo y vanadio, lo que le permitirá al estudiante adquirir las competencias específicas para controlar los procesos de obtención y transformación de distintos productos provenientes de los metales ferrosos.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>La asignatura está integrada en cinco temas, que incluyen aspectos teóricos y de aplicación.</p> <p>El primer tema se enfoca hacia la reducción de los óxidos de hierro, donde se consideran materias primas (coque, pélet, sínter, fundentes, etc.), la termodinámica y cinética de la reducción de óxidos, el alto horno y la reducción directa, lo que le otorga al estudiante los elementos básicos para la adecuación de materias primas en la obtención de diversos productos de hierro.</p> <p>El segundo tema se enfoca hacia la refinación del hierro o aceración, donde se conduce al estudiante a adquirir los fundamentos fisicoquímicos de la refinación, las reacciones de oxidación y reducción, las teorías iónica y molecular de las escorias y la eliminación de elementos residuales (C, Si, Mn, P, S, etc.), que son funcionalmente trascendentes para entender el comportamiento de la interfase metal – escoria.</p> <p>El tercer tema se enfoca hacia los procesos de fabricación de acero, lo que le permite al estudiante involucrarse en el proceso del convertidor básico al oxígeno (BOF), el horno de arco eléctrico, y procesos alternativos (Q-BOP, Soplo Combinado, OBM, etc.), las cuales son tecnologías que la</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

industria utiliza actualmente para la obtención de acero a nivel mundial.

El cuarto tema se enfoca hacia la refinación secundaria que atenderá a que el estudiante entienda los procesos fundamentados por la inyección de gases inertes al metal líquido, el tratamiento del metal al vacío, el tratamiento del metal con escoria sintética, la inyección de materiales en forma de polvo, alambre y encapsulado y las tecnologías alternativas para la fabricación de aceros de alta calidad y/o especiales.

El quinto tema le permite al estudiante enfocarse hacia el proceso de la colada del acero, el cual es eficaz y económico, lo que le muestra la forma de verter el acero líquido, obteniendo muy diversas formas de productos. Además, se contemplan los procesos de colada continua, la colada en lingotera y la colada en moldes.

Todos los temas incluyen el propósito de que el estudiante reflexione y analice sobre el nivel industrial que guarda el país como productor de acero y su ubicación en el entorno global siderúrgico. También se deben incluir actividades de recopilación, procesamiento y presentación de información especializada que permita comparar los aspectos teórico-prácticos tratados en clase con los artículos especializados industriales, con el propósito que reflexionen, y permita el análisis sobre el nivel del país como productor de acero y su ubicación en el entorno global siderúrgico.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca,	Representantes de los Institutos	Reunión de Seguimiento

del 10 al 13 de febrero de 2014.	Tecnológicos de: Saltillo.	Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
----------------------------------	-------------------------------	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Conoce, aplica, y evalúa los aspectos termodinámicos, fisicoquímicos y prácticos involucrados en los procesos de fabricación del Hierro y del Acero, desde el proceso de Reducción en el alto Horno y Reducción Directa, hasta los procesos del Horno Eléctrico de Arco, BOF(LD), Soplo Combinado y de Refinación Secundaria, para obtener el acero acorde a una determinada especificación o estándar, con la mayor calidad, considerando el menor costo, tiempo, y consumiendo el mínimo de energía efectuando el menor daño o impacto ambiental.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica la preparación mecánica, para la concentración de las menas de hierro. • Aplica y analiza los fundamentos termodinámicos del equilibrio entre fases condensadas, la termodinámica de soluciones y la cinética de reacciones. • Identifica y aplica principios de fenómenos de transporte.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Reducción de los óxidos de hierro	1.1. Materias primas (Coque, Pelet, Sinter, Fundentes) 1.2. Termodinámica y Cinética de la reducción de óxidos. 1.2.1. Reducción de óxidos de hierro por medio de monóxido de carbono y de hidrógeno. 1.2.2. Reacción de Boudouard 1.3. Alto Horno. 1.3.1. Instalación y Equipo auxiliares 1.3.2. Operación del Proceso. 1.3.3. Balance de materia y energía. 1.3.4. Tratamiento Externo de Arrabio. 1.4. Reducción Directa. 1.4.1. Instalación y Equipo auxiliares 1.4.2. Operación del Proceso. 1.4.3. Balance de materia y energía.
2	Refinación del hierro	2.1. Fundamentos fisicoquímicos de la refinación 2.2. Reacciones de Oxidación y Reducción. 2.3. Teoría iónica y molecular de las escorias 2.4. Eliminación de elementos residuales (C, Si, Mn, P, S, etc)
		3.1. Convertidor básico al oxígeno (BOF). 3.1.1. Balance de materia y energía

3	Procesos de fabricación de acero	3.2. Horno de Arco eléctrico. 3.2.1. Balance de materia y energía 3.3. Procesos Alternativos (Q-BOP, Soplo Combinado, OBM, etc.)
4	Refinación secundaria	4.1. Procesos de Refinación Secundaria 4.1.1. Inyección de gases inertes al metal líquido 4.1.2. Tratamiento del metal al vacío 4.1.3. Tratamiento del metal con escoria sintética. 4.1.4. Inyección de materiales en forma de polvo, alambre y encapsulado. 4.1.5. Tecnologías alternativas para la fabricación de aceros de alta calidad y/o especiales
5	Colada del acero	5.1 Colada continua. 5.1.1. Fundamentos generales y componentes principales del proceso de colada continua. 5.1.2. Comportamiento y solidificación del acero en el molde. 5.1.3. Defectos del acero colado 5.2. Colada en lingotera 5.2.1. Tipo de lingoteras 5.3. Colada en Molde 5.3.1. Molde de arena 5.3.2. Molde permanente.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Reducción de los óxidos de hierro	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y comprende las propiedades, características y preparación de las materias primas, los fundamentos termodinámicos y cinéticos involucrados en los procesos de reducción para realizar balances de materia y energía en la reducción de óxidos de hierro.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades en el uso de tecnologías de 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar y organizar información de las propiedades y características de las materias primas para la elaboración de diagramas de flujo que le signifiquen la preparación y acondicionamiento idóneo previo al proceso de fusión. • Consultar y describir los fundamentos termodinámicos y cinéticos involucrados en los procesos de reducción para relacionarlos con el comportamiento de los procesos de los óxidos, aplicando Diagramas de Equilibrio, de Ellingham, etc. • Resolver e interpretar balances de materia y energía en los procesos de reducción de óxidos apoyándose en lo posible en software especializado.

<p>información y comunicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Comunicación oral y escrita. 	
Refinación del hierro	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comparar y aplicar los fundamentos fisicoquímicos de los procesos de refinación en base a sus reacciones de óxido-reducción para la relación entre las teorías de soluciones y escorias en las condiciones del proceso, así como la remoción de elementos residuales durante el proceso</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. Capacidad de investigación. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad de trabajo en equipo. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades en el uso de tecnologías de información y comunicación. Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> Detectar y resolver problemas aplicando los fundamentos físico-químicos en la refinación del hierro. Definir, interpretar y analizar la función del óxido de fierro en las reacciones de refinación. Interpretar y relacionar el proceso real con la interacción entre la escoria y el metal, de acuerdo al carácter químico del proceso. Analizar casos prácticos donde se observen las condiciones de las reacciones de oxidación y reducción de los elementos: C, Mn, Si, P y S.
Procesos de fabricación de acero	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer, comprender y analizar los diferentes procesos utilizados en la fabricación de acero.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. Capacidad de investigación. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad de trabajo en equipo. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades en el uso de tecnologías de 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una recopilación documental sobre los procesos de fabricación de acero enfocada hacia la configuración de los hornos, su operación, sistemas de protección ambiental, así como los nuevos desarrollos tecnológicos. Resolver problemas de balance de materia y energía relacionados con los procesos de fabricación de acero.

<p>información y comunicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Comunicación oral y escrita. 	
Refinación secundaria	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Identificar los diferentes procesos utilizados en la Refinación secundaria del acero.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. Capacidad de investigación. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad de trabajo en equipo. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades en el uso de TIC's. Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una recopilación documental sobre los Procesos de Refinación Secundaria enfocada hacia los fundamentos específicos de los procesos comerciales. Detectar y analizar las características de las tecnologías alternativas aplicadas para la fabricación de aceros de alta calidad y/o especiales.
Colada del Acero	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprender y analizar la formación de los diferentes productos obtenidos en los diversos tipos de colada.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. Capacidad de investigación. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad de trabajo en equipo. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades en el uso de tecnologías de información y comunicación. Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar y analizar la relación microestructura - propiedades mecánicas. Identificar los diferentes tipos de defectos sus características y forma de eliminarlos durante la colada del acero Realizar análisis de artículos científicos relacionados con el tema y presentar en plenaria

8. Práctica(s)

- Aglomeración de concentrados de hierro por peletización.
- Calcinación de la dolomita.
- Obtención de aceros comerciales al carbono.
- Obtención de aceros de baja aleación.
- Práctica de desoxidación del acero.
- Colado del acero en molde metálico.

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.

Como sugerencia:

Diseñar y construir un modelo y/o prototipo simulado en funcionamiento de un horno de cuba, horno de arco eléctrico y un horno básico de oxígeno que contenga las partes completas de un equipo industrial y ejecute operaciones simuladas del proceso de obtención de arrabio y acero respectivamente.

- **Fundamentación:** Al diseñar y modelar un prototipo, los estudiantes desarrollarán habilidades y destrezas en la construcción y funcionamiento de equipo industrial que actualmente opera en la industria, lo que permite que se apliquen los aprendizajes, se simule la producción, se detecten errores en la fabricación de hierro y acero, así como se obtengan productos con eficiencias y deficiencias, que posteriormente sean alcanzadas y/o mejoradas en todos los sentidos.
- **Planeación:** Se establece y delimita el tipo de horno prototipo que le fue asignado al estudiante para que realice con base a la documentación de equipos industriales, el diseño de cada parte que requiere para su construcción y gestione los materiales adecuados para su elaboración, lo que le implica que inicialmente realice un modelo esquematizado o gráfico del que tiene que construir, analizando la factibilidad de su idea y el tipo de resultado que debe de proyectar al estructurarlo.
- **Ejecución:** El estudiante establece y define en conjunto con el docente, las partes físicas del horno y los materiales que le son útiles para la construcción, implementando materiales que le proporcionen las características y propiedades para alcanzar las condiciones de proceso, además de adecuar dispositivos que le otorguen y propicien el funcionamiento energético y mecánico que sea requerido por el prototipo.

- **Evaluación:** Al haber diseñado y construido un modelo y/o prototipo de un horno que sea requerido en la producción de hierro o acero se propicia que el estudiante aplique y muestre las competencias adquiridas durante la asignatura, promoviendo que se realicen prácticas a nivel laboratorio y se produzca equipo que simule y genere la opción de producir materiales de características muy próximas a las reales y por ende el estudiante sea evaluado bajo situaciones en el alcance de las competencias específicas y genéricas de la asignatura que le puedan ser evaluadas y ponderadas.

10. Evaluación por competencias

- Reportes impresos y electrónicos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Trabajos de Investigación bibliográfica en equipo e individual.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos y electrónicos.
- Exámenes orales y/o escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y
 - declarativos.
- Integración del portafolio de evidencias.
- Mapas conceptuales y mentales.
- Informes de investigación tanto documentales como de campo.
- Reportes de cada una de las visitas a las empresas (ensayos).
- Reportes de visitas a las organizaciones y laboratorios.
- Resúmenes o informes sobre proyecciones de cada uno de los videos
- Exposiciones frente a grupo de temas relacionados con la asignatura.

11. Fuentes de información

1. [www. Aistmexico.com/revista/](http://www.Aistmexico.com/revista/) (Revista del hierro y Acero)
2. ILAFA . *Siderurgia Latinoamericana*, Revista bimestral.
3. Peacy, J. C. y Davenport, W. G. (2009). *El Alto Horno de Hierro*. LIMUSA.
4. Kudrin, V. A. (1984). *Metalurgia del Acero*. Moscú: Mir.
5. [www. Scholar. Google.com/iron making](http://www.Scholar.Google.com/iron%20making)
6. ISS.- Ironmaking Conference Proceedings, 1 vol por año. 2000 – 2013.
7. ISS .- Steelmaking Conference Proceeding ; 1 vol por año, 2000-2013.
8. Turkdogan, E.T. (1996). *Fundamentals of Steelmaking*. The Institute of Materials.
9. Peters, A. T. (1987). *Producción Siderúrgica*. LIMUSA.
10. Jaroslav, S y Zdenka, R. (2007). *Pelletization of Fines*. Elsevier. Amsterdam.