

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Caracterización Estructural
Clave de la asignatura:	MAC-1003
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Con la presente asignatura el estudiante selecciona y aplica la técnica de análisis (microscopía óptica, difracción de rayos X y microscopías electrónicas de barrido y transmisión) más adecuada para identificar la estructura de un material.

Específicamente esta asignatura habilita al estudiante en los principios teóricos de cada técnica, lo cual le permite la caracterización estructural de diferentes tipos de muestras, que incluye la identificación de morfologías, comprensión de la microestructura, reconocimiento de fases y análisis semicualitativo y cuantitativos del mismo. Con la información generada podrá ser capaz de predecir las propiedades y explicar los fenómenos involucrados para su comportamiento.

Esta asignatura complementa la materia de Técnicas de análisis, ubicada en el tercer semestre, donde son abordadas las técnicas que permiten el análisis cualitativo y cuantitativo de los materiales, mediante métodos espectrométricos y fisicoquímicos.

Intención didáctica

En la asignatura de caracterización estructural, se abordan cuatro técnicas y en cada una se analizan los principios fundamentales y leyes, las características de los equipos, así como los métodos de preparación de muestras.

El primer tema inicia con la técnica de microscopía óptica. Se identifica cada componente del microscopio óptico y su función en la formación de imágenes. Para lograr una mejor interpretación de la información obtenida en esta técnica se aplican los principios de la óptica clásica. Se concientiza sobre las limitantes de la técnica como son el poder de resolución y la profundidad de campo. Se capacita al estudiante en las técnicas adecuadas de preparación de muestras metalográficas para el análisis de la morfología superficial (porcentaje de fases, tamaño de grano, forma y distribución de fases).

El segundo tema corresponde a difracción de rayos X. Se inicia con el estudio de la naturaleza y la generación de los rayos X, con las leyes de difracción y ley de Bragg para establecer las condiciones de la interferencia constructiva de las ondas que permiten el fenómeno de difracción. El estudiante será capaz de identificar las características estructurales a nivel cristalográfico de una muestra a partir de sus difractogramas (cristalinidad, tipos de fases cristalográficas, tamaños de grano y distancias interplanares). Además, se analiza el principio de funcionamiento de un difractómetro de

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

rayos X y las partes que lo constituyen.

El tercer tema corresponde a la técnica de microscopía electrónica de barrido, se establecen ventajas y limitaciones con respecto a la microscopía óptica. Además, se identifica la morfología del material a partir de las imágenes resultantes.

El estudio del microscopio electrónico de transmisión corresponde al cuarto y último tema de la asignatura. Se parte del conocimiento general del equipo, componentes y principio de funcionamiento. El estudiante resuelve e interpreta patrones de difracción. Esta herramienta de análisis estructural requiere de métodos especiales para la preparación de muestras, por lo que se hace énfasis en ellas para obtener una muestra de buena calidad que permita el paso de los electrones.

El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis y trabajo en equipo.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente guíe a los estudiantes en el proceso de preparación de muestras y análisis, pero que ellos sean los responsables del proceso completo de la actividad práctica desde la planificación hasta la ejecución.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, se propicia que el estudiante se enfrente a los contenidos didácticos mediante la observación, la reflexión y la discusión de ejemplos específicos de cada tema.

Las estrategias metodológicas por parte del docente son la planeación de la asignatura evaluación y desarrollados de los mismos retroalimentado al estudiante en la adquisición de habilidades y comprensión de los temas, al estudiante le corresponde la resolución de problemas y ejercicios, búsqueda bibliográfica, valiéndose en el uso de internet, trabajo en equipo, debates, realización de prácticas, exposición de temas específicos, visitas a industrias referentes al ramo.

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	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica

	Zacatecas.	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, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento 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
Aplica las diferentes técnicas de caracterización estructural para el análisis de muestras interpretando la información obtenida de acuerdo a la técnica empleada.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Comprende la estructura atómica • Conoce las diferentes estructuras cristalinas • Aplica los conocimientos fundamentales de cristalografía • Comprende los fundamentos de óptica.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	Microscopía óptica	1.1. Principios de formación de imágenes 1.2. Partes y funcionamiento del microscopio óptico 1.3. Métodos de iluminación 1.4. Preparación de muestras 1.5. Interpretación de microestructuras 1.6. Análisis de imágenes.
2.	Técnicas de difracción de rayos X	2.1. Naturaleza de los rayos 2.2. Generación de rayos X 2.3. Ley de Bragg 2.4. Factor de estructura 2.5. Técnicas de difracción de rayos X 2.6. Patrones de difracción 2.7. Método Rietveld

3.	Microscopía electrónica de barrido	<p>3.1. Óptica electrónica</p> <p>3.2. Interacción haz de electrones – materia</p> <p>3.3. Formación de imágenes</p> <p>3.4. Microanálisis por dispersión de energía</p> <p>3.5. Microanálisis por dispersión de longitud de onda</p> <p>3.6. Preparación de muestras</p>
4.	Microscopía electrónica de transmisión	<p>4.1. Descripción y principios de funcionamiento</p> <p>4.2. Técnicas de preparación de muestras</p> <p>4.3. Poder de resolución</p> <p>4.4. Formación de imágenes</p> <p>4.5. Formación de patrones de difracción</p> <p>4.6. Reglas de indexación</p> <p>4.7. Teoría cinemática</p> <p>4.8. Teoría dinámica</p> <p>4.9. Microscopia de alta resolución</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Microscopía óptica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Aplica los principios de formación de imágenes del microscopio óptico y prepara muestras metalográficas para su análisis microestructural.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Capacidad de trabajo en equipo. • Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar e Ilustrar la formación de imágenes de acuerdo a los componentes del microscopio. • Identificar el efecto de los objetivos para amplificación de imágenes. • Preparar muestras metalográficas. • Distinguir formas características en las imágenes, asociándolas a alguna microestructura.
Técnicas de difracción de rayos X	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Aplica los principios de la difracción de los rayos X para el estudio de la estructura cristalina de un material</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resume de las fuentes de información la naturaleza y generación de los rayos X. • Explica la Ley de Bragg considerando el fenómeno de difracción. • Interpreta los patrones de difracción de una muestra para determinar sus propiedades estructurales.
3. Microscopía electrónica de barrido	

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Comprende y aplica los principios del funcionamiento del MEB para la caracterización de un material</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustrar la formación de imágenes de acuerdo a las leyes de la reflexión. • Contrasta entre los métodos de preparación de muestras para microscopía óptica y MEB. • Distingue entre fases presentes en las imágenes de muestras, asociándolas a características morfológicas.
4. Microscopía electrónica de transmisión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Comprende y aplica los principios del funcionamiento del MET para la caracterización de un material.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resume de las fuentes de información lo relativo a la cinemática y dinámica aplicable a MET. • Contrasta entre los métodos de preparación de muestras para microscopía óptica, MEB y MET. • Interpreta los patrones de difracción de una muestra para determinar sus propiedades estructurales.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización microestructural de diversos materiales mediante MO. • Metalografía cualitativa y cuantitativa. • Interpretación de patrones de difracción de muestras cristalinas de rayos X. • Observación e interpretación de imágenes obtenidas utilizando el microscopio electrónico de barrido. • Preparación de muestras para análisis en los diferentes microscopios. • Análisis de imágenes y patrones de difracción en el MET.

9. Proyecto de asignatura

<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.

10. Evaluación por competencias

- Reportes
- Exámenes
- Monografía
- Mapa conceptual y/o mental
- Listas de cotejo
- Rúbricas
- Proyecto integrador de asignatura

11. Fuentes de información

1. Girfkin, R. (1970) *Optical Microscopy of Metals*. Estados Unidos de América: American Elsevier
2. Vander Voort, George F. (1999) *Metallographic Principles*. Estados Unidos de América McGraw – Hill
3. Vander Voort, George F, (2004). *Metallography and Microstructures, Vol. 9*. American Society for Metals Handbook. USA.
4. Newby John, (1989) *Mechanical Testing Vol. 8*. American Society for Metals Handbook Estados Unidos de América.
5. Samuels, Leonard. (2003) *Metallographic Polishing By Mechanical Methods*. Estados Unidos de América: ASM.
6. Verhoven, J. D. (1987) *Fundamentos de Metalurgia Física*. Mexico: Limusa.
7. Huking, D. W. (1981) *X – Ray Diffraction by Disordered and Ordered Systems*. Pergamon Press.
8. Cullity Bernard. (1981) *X – Ray Diffraction*. McGraw – Hill.
9. Goldstein, J, Newbury D.E., Joy D.C., Lyman C.E. (2000) *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Estados Unidos de América: Springer.
10. Pennycook S.J., Nelli st P.D. (2011) *Scanning Transmission Electron Microscopy: Imaging and Analysis*, Estados Unidos de América: Springer.
11. Glauert, A. M., (1981) *Practical Methods in Electron Microscopy: Dynamic Methods in the Electron Microscope Vol. 1*. Elsevier.
12. Proyecto Multinacional de Tecnología de Materiales. Interpretación de Imágenes en Microscopia Electrónica de Barrido. Buenos Aires, Argentina.
13. Hirsh, P. B. (1977) *Electron Microscopy of Crystals*. Butterworths.
14. Amelincks. (1978) *Diffraction and imaging techniques in materials science volume 1: Electron Microscopy*. Estados Unidos de América: North Holland.
15. Amelincks. (1978) *Diffraction and imaging techniques in materials science volume 2: Imaging and diffraction techniques*. Estados Unidos de América: North Holland.
16. Yacaman, Reyes Gasca, (1995) *Microscopia Electrónica una visión del microcosmos*, Estados Unidos de América: Fondo de Cultura Económica.