

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Caracterización Estructural</b>
Carrera: <b>Ingeniería en Materiales</b>
Clave de la asignatura: <b>MAC – 0503</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos <b>4 2 10</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Saltillo del 20 al 24 de Septiembre de 2004.	Representantes de las Academias de Ingeniería en Materiales de los Institutos Tecnológicos.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería en Materiales.
Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Morelia, Saltillo y Zacatecas.	Academias de la carrera de Ingeniería en Materiales.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la Reunión nacional de evaluación curricular.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 28 de Febrero al 4 de Marzo de 2005.	Comité de Consolidación de la Carrera de Ingeniería en Materiales.	Definición de los Programas de Estudio de la Carrera de Ingeniería en Materiales.

## 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

### a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

<b>Anteriores</b>		<b>Posteriores</b>	
<b>Asignaturas</b>	<b>Temas</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Temas</b>
Física del Estado sólido	Estructura Cristalina I y II Defectos Estructurales Recuperación, Recristalización y Crecimiento de grano.	Materiales Cerámicos	Estructura Cristalina de Materiales Cerámicos Caracterización de Materias Primas.
Matemáticas IV Matemáticas III Física II Química Inorgánica	Matrices Análisis Vectorial Enlaces, Estructura Atómica y Teoría cuántica y estructura atómica	Materiales Poliméricos	Estructura.
Mineralogía y Procesamiento de Materias Primas	Cristalografía	Materiales Compuestos	Interfases, Materiales compuestos reforzados con fibras, Procesamiento de Materiales Compuestos, Nuevas Técnicas de Materiales Compuestos
Fisicoquímica II	Interpretación de los fenómenos superficiales	Materiales Avanzados	
Fenómenos de Transporte	Transporte de momento		

**b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado**

Determinar las características microestructurales mediante diversas técnicas para el control y evaluación de los materiales y su relación con sus propiedades.

**4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO**

Comprenderá los fundamentos de las principales técnicas de caracterización de la microestructura y las propiedades físicas de los materiales, así como los fenómenos físicos involucrados e interpretará y aplicará la información obtenida.

## 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Microscopía óptica	1.1 Principios básicos 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 Fotomicrografía 1.7 Analizador de imágenes.
2	Técnicas de Difracción de rayos X	2.1 Naturaleza de los rayos X. 2.2 Fundamentos de generación de rayos X. 2.3 Ley de Bragg. 2.4 Factor de estructura. 2.5 Técnicas de difracción de rayos X. 2.6 Patrón de difracción de rayos X. 2.7 Método de Rietveld.
3	Microscopía electrónica de barrido (MEB)	3.1 Descripción y principio de Funcionamiento. 3.2 Fenómenos físicos involucrados. 3.3 Interpretación de las imágenes. 3.4 Preparación de muestras. 3.5 Microanálisis por Dispersión de Energía (EDS). 3.6 Microanálisis por Dispersión de Longitud de Onda (WDS).
4	Microscopía electrónica de transmisión (MET)	4.1 Descripción y principio de Funcionamiento. 4.2 Partes fundamentales del MET. 4.3 Técnicas de preparación de muestras. 4.4 Poder de resolución. 4.5 Formación de imágenes. 4.6 Formación del patrón de difracción. 4.7 Reglas de indexación. 4.8 Teoría cinemática. 4.9 Teoría dinámica.
5	Análisis Térmico	5.1 Descripción y principio del

		<p>funcionamiento del análisis térmico diferencial y termogravimétrico.</p> <p>5.2 Fenómenos físicos involucrados.</p> <p>5.3 Tratamiento e interpretación de los datos.</p> <p>5.4 Dilatometría.</p>
6	Técnicas de caracterización de Propiedades Reológicas	<p>6.1 Viscosidad y Efecto de la Temperatura.</p> <p>6.2 Granulometría y Morfología</p> <p>6.3 Densidad de Suspensiones</p> <p>6.4 Modificación de las Propiedades Reológicas</p> <p>6.5 Potencial Z</p> <p>6.6 pH</p>
7	Otras Técnicas	<p>7.1 Espectrometría Mossbauer.</p> <p>7.2 Porosímetro.</p> <p>7.3 Microscopía de Fuerza Atómica. (AFM).</p> <p>7.4 Microscopía de Efecto Túnel.</p>

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Estructura atómica
- Estructura cristalina
- Concepto de Red Recíproca
- Conocer los Grupos Puntuales y Espaciales
- Identificar los tipos de Defectos
- Análisis vectorial
- Fenómenos de Superficie
- Fundamentos de óptica
- Transporte de momento

## 7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Análisis y discusión de temas
- Trabajo en equipo
- Visitas a industrias y centros de investigación
- Seminarios sobre las diversas técnicas de caracterización.
- Uso de software como apoyo para el análisis de resultados
- Prácticas de caracterización de una muestra.
- Prácticas demostrativas de funcionamiento de las técnicas.
- Analizar e interpretar resultados de las diferentes técnicas

- Determinación de parámetros cinéticos a partir de las curvas de DTA, TGA y Dilatometría

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes orales y escritos
- Presentación de resultados en seminarios
- Reporte de practicas
- Prácticas

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1.- Microscopia Óptica

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>El estudiante conocerá los principios de formación de imágenes en el microscopio óptico, sus principales componentes y sus aplicaciones para la determinación de la estructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y discutir los principios que rigen la formación de imágenes en el ojo humano, en lentes simples y compuestos para la caracterización de la imagen formada.</li> <li>• Calcular y comparar los aumentos en:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lente simples</li> <li>• En el microscopio óptico                 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aclarar y diferenciar los conceptos de:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia focal</li> <li>• Eje óptico</li> <li>• Rayos focales</li> <li>• Rayos paralelos</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Identificar en el microscopio todas sus partes fundamentales</li> <li>• Investigar la longitud de onda de filtros de diferentes colores y calcular el poder de resolución.</li> <li>• Seleccionar el tipo de objetivo y oculares para realizar observaciones con bajos y altos aumentos.</li> <li>• Observar la profundidad de foco de objetivos diferentes</li> <li>• Realizar prácticas de calibración de aumentos a través del microscopio en micrómetro objeto.</li> </ul> </li></ul>	<p>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Observar los efectos de abrir y cerrar los diafragmas de campo y apertura sobre la imagen producida.</li><li>• Operar el microscopio para enfocarlos correctamente.</li><li>• Utilizar el desenfoque para observar pequeños detalles en la muestra.</li><li>• Establecer en práctica el manejo del microscopio en condiciones de iluminación de campo claro.</li><li>• Realizar preparaciones de muestras de materiales diversos.</li><li>• Explicar y aplicar las técnicas utilizadas en la fotomicrografía de muestras e interpretación de resultados</li><li>• Comprender los fundamentos, limitaciones y funcionamiento del analizador de imágenes.</li><li>• Realizar e interpretar determinaciones cualitativas y cuantitativas de fases.</li><li>• Realizar y comparar mediciones de tamaños de grano.</li><li>• Realizar comparaciones de materiales cristalinos deformados y sin deformación</li></ul>	
--	---	--

## Unidad 2.- Técnicas de Difracción de Rayos X

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá los principios de la generación de RX, así como del análisis y de la aplicación de las técnicas de difracción de RX.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar y discutir la clasificación y características de las radiaciones en función de la longitud de onda.</li><li>• Analizar la interacción de los rayos X con la materia.</li><li>• Discutir el fundamento del espectro de rayos X.</li><li>• Investigar y discutir la generación de rayos X.</li><li>• Analizar la demostración general de la Ley de Bragg y su significado físico.</li><li>• Describir el efecto del contenido atómico de los cristales en la difracción de rayos X a través del factor de estructura.</li><li>• Calcular y comparar las condiciones de extinción específica.</li><li>• Discutir los principios de utilización de las técnicas de Laue y Debye-Scherrer.</li><li>• Identificar en el espectrómetro de rayos X, sus partes fundamentales.</li><li>• Comprender e interpretar los patrones de difracción.</li><li>• Aplicar técnica de difracción de los rayos X en los materiales condensados.</li><li>• Realizar prácticas de indexación de patrones de difracción.</li><li>• Contrastar resultados utilizando software de difracción.</li><li>• Realizar prácticas de cuantificación de fases por el método de Rietveld.</li></ul>	5, 7, 8, 9

### Unidad 3.- Microscopia Electrónica de Barrido

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá los principios del funcionamiento del MEB, la formación e interpretación de las imágenes y el microanálisis para su aplicación en el estudio de los materiales.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer el funcionamiento de cada una de las partes que constituyen el MEB.</li><li>• Conocer la trayectoria del haz de electrones dentro de la columna del microscopio, desde su generación hasta el impacto sobre la muestra.</li><li>• Analizar la función de los lentes en el MEB.</li><li>• Conocer la interacción del haz de electrones primarios con la muestra.</li><li>• Comprender la formación de los diferentes tipos de imágenes y de contraste e interpretarlas.</li><li>• Identificar las imágenes obtenidas por los modos: emisivo, reflectivo, cátodoluminiscente, de absorción, conductivo, de rayos X, transmisión y Auger.</li><li>• Preparar muestras de diferentes tipos de materiales para su análisis en el MEB</li><li>• Conocer el funcionamiento de los espectrómetros de dispersión de longitud de onda y de energía de los rayos X.</li><li>• Conocer e interpretar los diferentes tipos de microanálisis cualitativo y cuantitativo.</li><li>• Conocer los alcances y limitaciones del MEB.</li></ul>	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16



#### Unidad 4.- Microscopia Electrónica de Transmisión

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá los principios de formación de la imagen y del patrón de difracción para el estudio de microestructuras en el MET.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar y discutir los principios básicos del MET.</li><li>• Comprender los principios de formación de patrones de difracción e imágenes.</li><li>• Comparar la formación de imágenes en campo claro y en campo oscuro.</li><li>• Conocer los procedimientos de calibración del MET.</li><li>• Analizar la difracción de electrones en el MET, en base a muestras cristalinas y red recíproca.</li><li>• Investigar y discutir los diferentes tipos de patrones de difracción.</li><li>• Interpretar patrones de difracción.</li><li>• Comprender la Interpretación cinemática del contraste en cristales perfectos e imperfectos.</li><li>• Investigar y exponer la teoría dinámica para la interpretación de imágenes de imperfecciones cristalinas.</li><li>• Analizar el contraste dinámico de los defectos cristalinos.</li><li>• Conocer y aplicar las técnicas para la preparación de muestras.</li><li>• Aplicar la metodología en la caracterización estructural e identificar los defectos de estructura.</li><li>• Utilizar software para la indexación de patrones de difracción.</li></ul>	13, 14, 16, 17, 18

## Unidad 5.- Análisis Térmico

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Comprenderá el principio de los fenómenos que rigen el análisis térmico y la dilatometría para su aplicación en la ciencia de los materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los componentes de un equipo de análisis térmico.</li> <li>• Discutir los principios del análisis térmico, su definición y la velocidad de enfriamiento.</li> <li>• Diferenciar a través de las aplicaciones el análisis térmico diferencial y el análisis termo gravimétrico.</li> <li>• Entender e interpretar los fenómenos térmicos involucrados.</li> <li>• Obtener e interpretar los termogramas.</li> <li>• Comprender la importancia y el principio del análisis dilatométrico.</li> <li>• Interpretar los resultados obtenidos en el dilatómetro.</li> </ul>	<p>5, 7, 19</p>

## Unidad 6.- Propiedades Reológicas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Conocerá las diversas técnicas que se utilizan en la caracterización reológica de materiales en forma de polvos o suspensiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar sobre las diferentes técnicas para caracterizar sistemas particulados.</li> <li>• Elaborar un cuadro comparativo con las limitantes de cada técnica de caracterización de partículas.</li> <li>• Analizar los principios de funcionamiento de un picnómetro y un porosímetro</li> <li>• Discutir las diferencias entre un viscosímetro de cilindros concéntricos, de disco rotacional, de plato y de alambre de torsión.</li> <li>• Establecer la importancia de medir el potencial Z y el pH de una suspensión.</li> </ul>	<p>20, 22, 23</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar y exponer como se pueden modificar las propiedades reológicas de sistemas particulados.</li> </ul>	
--	--	--

## Unidad 7.- Otras Técnicas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá los fundamentos y alcances de las técnicas novedosas de caracterización estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discutir las aplicaciones de las técnicas de : <ul style="list-style-type: none"> <li>Mossbauer.</li> <li>Microscopia de fuerza</li> <li>Atómica. microscopia de efecto túnel</li> </ul> </li> <li>Realizar mediciones de porosidad por diferentes técnicas</li> </ul>	24, 25, 26

## 10.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kehl, G. *Fundamentos de la Práctica Metalográfica*. McGraw – Hill
2. Girkin, R. *Optical Microscopy of Metals*.
3. Van Der Voor. *Metallographic Principles*. McGraw – Hill
4. ASM. *Metals Hand Book Vol. 8*. ASM.
5. Redd Hill , R. *Principios de Metalurgia Física*.
6. Samuels, Leonard . *Metallographic Polishing By Mechanical Methods*. ASM.
7. Verhoven, J. D. *Fundamentos de Metalurgia Física*. Limusa.
8. Huking, D. W. *X – Ray Diffraction by Disordered and Ordered Systems*. Pergamon Press.
9. Cullyti Bernard. *X – Ray Diffraction*. McGraw – Hill.
10. Goldstein, G. *Practical Scanning Electron Microscopy*. Plenum Press.

11. ASM. *Metals Handbook Vol. 9*. ASM.
12. Datley. C. W. *The Scanning Electron Microscopy*. Cambridge University Press.
13. Glavert, A. M. *Practical Methods in Electron Microscopy Vol. 1*.
14. Hall, C. E. *Introduction to Electron Microscopy*. McGraw – Hill.
15. Proyecto Multinacional de Tecnología de Materiales. *Interpretación de Imágenes en Microscopía Electrónica de Barrido*. Buenos Aires, Argentina.
16. Zworkyn, V. K. et. al. *Electron Optics and The Electron Microscopy*. John Wiley & Sons.
17. Hirsh, P. B. *Electron Microscopy of Crystals*. Butterworths.
18. Brooker, G. R., Amelincks. *Modern Diffraction and Techniques in Materials Science*. Scanning Electron Microscopy. North Holland.
19. Chaussin Hilly, G. C. *Curso Básico de Metalurgia Física*. José Montesó.
20. Phelps, G. W., Maguire, S. G., Kelly, W. J. y Wood, R. K. *Rheology and Rheometry of Clay – Water Systems*. Rutgers University.
21. Reed, J. S. *Introduction to the Principles of Ceramics Processing*. John Wiley & Sons.
22. Gaskell, David R. *An Introduction to Transport Phenomena in Materials Engineering*. Mac Millan.
23. BIRD, R. B., STEWART, W. E., Ligtfoot, E. N. *Fenómenos de Transporte*. Reverte.
24. *Mossbauer Spectroscopy*. Gonser.
25. Bhanu, P., Jena and Heinrich Horber, J. K. *Atomic Force Microscopy in Cell Biology*. Academic Press.
26. Coehen, Samuel H. and Bray, Mona T. *Atomic Force Microscopy: Scanning Tunneling Microscopy*. Kluwer Academic Press.

## **11. - PRACTICAS**

- 1 Operación del microscopio óptico.
- 2 Preparación de muestras por diferentes técnicas.
- 3 Interpretación de microestructuras.
- 4 Metalografía cuantitativa utilizando el analizador de imágenes.
- 5 Identificación de fases cristalinas mediante por difracción de rayos X.
- 6 Observación e interpretación de imágenes en el microscopio electrónico de barrido.
- 7 Realización e interpretación del microanálisis cuantitativo utilizando el microscopio electrónico de barrido.
- 8 Preparación de muestras para el microscopio electrónico de transmisión.
- 9 Obtención de imágenes y patrones de difracción en el MET.
- 10 Determinación de puntos de transformación por análisis térmico y dilatometría.