



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

1. DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE (UA) O ASIGNATURA			
Nombre de la Unidad de Aprendizaje (UA) o Asignatura			Clave de la UA
Laboratorio de Caracterización de Materiales I			IB081
Modalidad de la UA	Tipo de UA	Área de formación	Valor en créditos
Escolarizada	Laboratorio	Básica común	4
UA de pre-requisito	UA simultaneo	UA posteriores	
Laboratorio de síntesis de materiales	Caracterización de materiales I	Laboratorio de Caracterización de materiales II	
Horas totales de teoría	Horas totales de práctica	Horas totales del curso	
0	60	60	
Licenciatura(s) en que se imparte		Módulo al que pertenece	
Licenciatura en Ciencia de Materiales		Propiedades y desempeño	
Departamento		Academia a la que pertenece	
Departamento de Física		Ciencia de Materiales	
Elaboró		Fecha de elaboración o revisión	
Lorenzo Gildo Ortiz		25/octubre/2018	

*[Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'M.A. Santana A.', 'Lorenzo Gildo Ortiz', and others.]*



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**2. DESCRIPCIÓN DE LA UA O ASIGNATURA**

**Presentación**

En el Laboratorio de Caracterización de Materiales I los estudiantes aprenderán a utilizar e interpretar información de las principales técnicas para caracterizar la estructura, morfología y composición de los materiales. En esta asignatura se realizarán prácticas experimentales sobre las aplicaciones de las técnicas con el fin de que el estudiante adquiera una perspectiva amplia de su alcance en la resolución de problemas relacionados a la ciencia de materiales. En estas prácticas se conocerán físicamente equipos de caracterización y se resolverán ejercicios prácticos de interpretación y presentación de resultados con apoyo de programas especializados de cómputo. Además, se abordará la preparación de las muestras para su análisis.

**Relación con el perfil**

**Modular**

**De egreso**

El Laboratorio de Caracterización de Materiales I abona al módulo de Propiedades y Desempeño al proveer de habilidades prácticas para entender y aplicar las principales técnicas de caracterización de materiales. Estas herramientas permiten describir sus características físicas y químicas, principalmente su estructura, microestructura y composición. Estas características están íntimamente relacionadas con las propiedades particulares que presentan los materiales, lo cual, a su vez, determina su desempeño. Por ello, la caracterización óptima de un material antecede al desarrollo de nuevos dispositivos y aplicaciones.

Esta asignatura aporta al perfil del Licenciado en Ciencia de Materiales la capacidad para entender y utilizar las técnicas de caracterización para determinar la estructura, morfología y composición de los materiales.

**Competencias a desarrollar en la UA o Asignatura**

**Transversales**

**Genéricas**

**Profesionales**

- Conoce e identifica las principales técnicas para la determinación de la estructura y composición de los diversos tipos de materiales.
- Identifica la simetría e imperfecciones en los materiales cristalinos.
- Entiende el fenómeno de difracción de rayos X.
- Conoce los principios básicos de las técnicas de microscopía electrónica de barrido y transmisión.

- Comprende los fundamentos de las principales técnicas de caracterización estructural y de composición de los materiales.
- Identifica las técnicas de caracterización más adecuadas para resolver algún problema en particular.
- Analiza la estructura, microestructura y composición de los materiales.

- Conduce estudios para el desarrollo de nuevos materiales y/o aplicaciones.
- Analiza la estructura y composición de los materiales.
- Identifica problemas en la industria relacionados al desempeño de materiales.
- Propone soluciones mediante el estudio de materiales.

**Saberes involucrados en la UA o Asignatura**

**Saber (conocimientos)**

**Saber hacer (habilidades)**

**Saber ser (actitudes y valores)**

- Principios básicos de las principales técnicas de caracterización de los materiales:  
Difracción de rayos X  
Microscopía electrónica de barrido  
Microscopía electrónica de transmisión

- Determinación de la estructura de los materiales: estructura cristalina, parámetros de celda, grupo espacial, distorsiones estructurales, orientaciones preferenciales.
- Análisis microestructural de los materiales: forma, tamaño y distribución de partícula,

- Capacidad de trabajo en equipo.
- Mentalidad innovadora.
- Honestidad en el desarrollo de sus trabajos documentales y presentación de resultados.
- Compromiso con la sociedad y el medio ambiente para elegir y desarrollar métodos

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

<p>Microscopía de fuerza atómica Microanálisis químico por dispersión de energía Técnicas cromatográficas Espectrometría de masas Espectroscopias en general.</p>	<p>rugosidad, porosidad, textura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de composición: análisis elemental cuantitativo y cualitativo, estequiometría, enlace químico, estructura electrónica, estado de oxidación, mapeos, espectros de emisión, absorción y fluorescencia, determinación de estructura química, identificación de grupos funcionales y modos vibracionales.</li> <li>• Manejo de programas de cómputo para interpretación y presentación de resultados.</li> </ul>	<p>sustentables de preparación de muestra y análisis.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

## Producto Integrador Final de la UA o Asignatura

**Título del Producto:** Desarrollo de un proyecto de investigación de caracterización estructural, microestructural y de composición de un material.

**Objetivo:** Desarrollar un proyecto de investigación con el fin de que el estudiante aplique e integre de manera teórica y práctica las principales técnicas que permitan tener una caracterización básica de la estructura, microestructura y composición elemental de un material.

**Descripción:** El estudiante podrá proponer y desarrollar un proyecto sobre caracterización de un material usando al menos tres técnicas revisadas en el curso: una de ellas para estructura, otra para morfología y por último de composición. El proyecto implica la propuesta de un material de interés por cada estudiante, ya sea que lo tenga sintetizado de algún proyecto académico o se le podrá facilitar algún compuesto como modelo de estudio. El estudiante analizará en laboratorio la estructura, microestructura y composición elemental de su compuesto. En este proceso se obtendrán resultados experimentales que se deben interpretar y concluir. Una vez realizada la parte experimental, se debe escribir el proyecto con las siguientes características:

1. Título del proyecto: Debe ser conciso y descriptivo del material de estudio en particular y las técnicas de caracterización usadas.
2. Nombre del estudiante y adscripción.
3. Resumen. Se debe incluir un resumen (máximo 200 palabras) del contenido de su trabajo.
4. Introducción. El estudiante hará una revisión de la literatura de ese material de estudio, así como incluir los fundamentos de las técnicas de caracterización usadas en su proyecto. En ese apartado también debe plantear el objetivo de su trabajo.
5. Experimental: En caso de haber sintetizado el material, se debe describir el método y condiciones de preparación. En este apartado se debe reportar cómo se preparó la muestra para realizar cada uno de los análisis de caracterización.
6. Resultados y discusión: Se debe describir con detalle los resultados encontrados en su trabajo. En esta sección se incluirán los espectros, gráficas e imágenes que se obtuvieron a partir de los análisis realizados. En particular, el estudiante debe evidenciar su habilidad para analizar la estructura de su material, morfología y tamaño de partícula, características texturales y la composición elemental. Esta sección debe organizarse por sub-secciones, donde cada una de ellas trate de una técnica de caracterización empleada.
7. Conclusiones: Debe explicar las principales conclusiones de su trabajo resaltando la importancia de cada técnica de acuerdo a la información que provee.
8. Perspectivas: El estudiante, de acuerdo a sus conocimientos adquiridos, podrá proponer perspectivas de investigación futura para una caracterización óptima de su material.
9. Bibliografía: Incluir todas las referencias usadas para el desarrollo de su trabajo.

Se recomienda convertir su reporte escrito a formato PDF y enviarlo por correo electrónico a la dirección: [lorenzo.gildo@gmail.com](mailto:lorenzo.gildo@gmail.com)  
Este producto evidenciará que el estudiante conoce y comprende los alcances de las diferentes técnicas de caracterización, permitiéndole analizar la estructura y microestructura de los materiales, lo cual abona al módulo de Propiedades y Desempeño.

*[Handwritten signature]*

*MA Santana*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

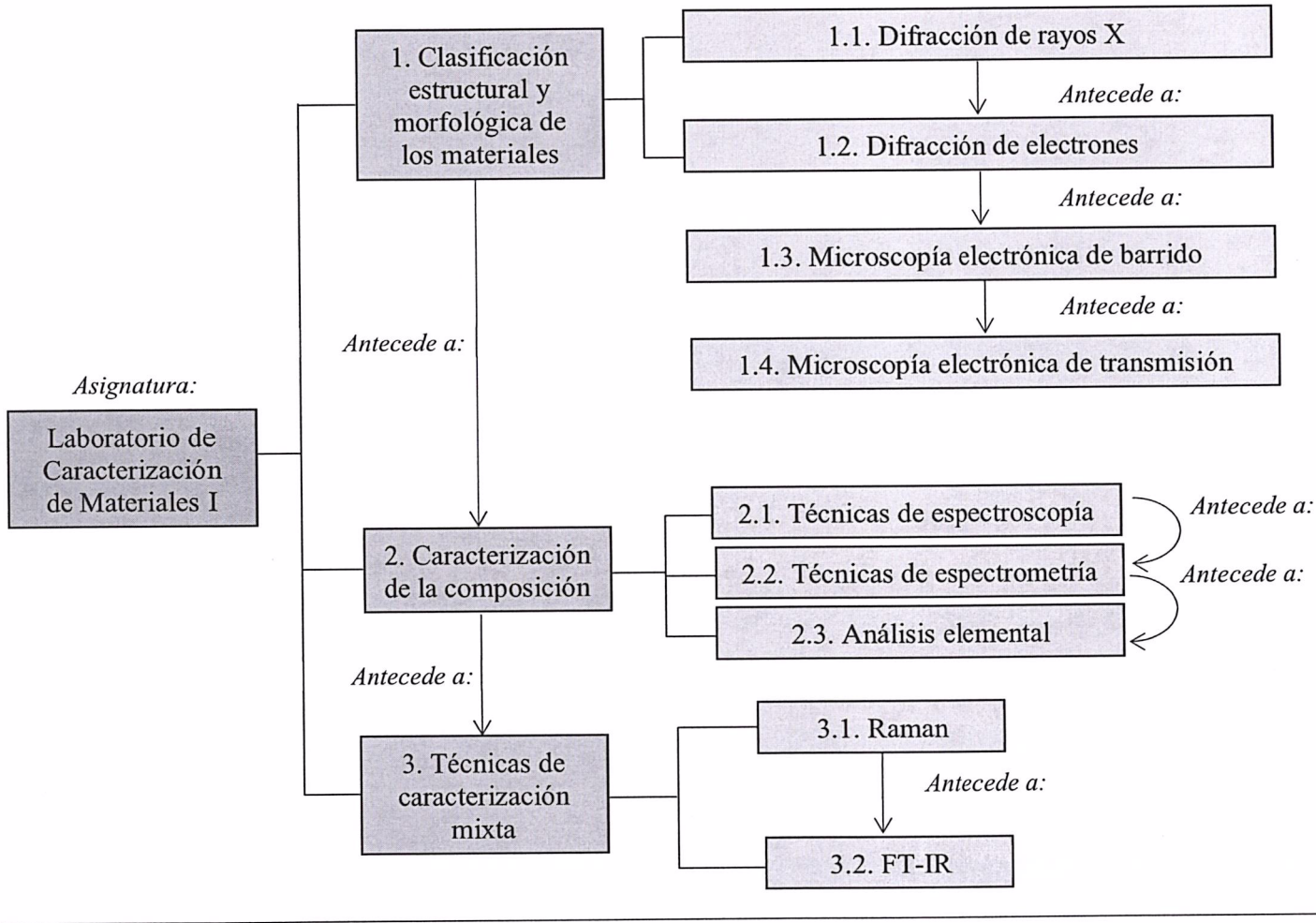
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



3. ORGANIZADOR GRÁFICO DE LOS CONTENIDOS DE LA UA O ASIGNATURA



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M.A. Antana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signatures]*



**4. SECUENCIA DEL CURSO POR UNIDADES TEMÁTICAS**

**Unidad temática 1: Caracterización estructural y morfológica de los materiales**

**Objetivo de la unidad temática:** El alumno analizará la estructura interna y morfología de los materiales usando las técnicas de caracterización correspondientes.

**Introducción:** En esta unidad temática se realizarán prácticas experimentales usando equipos de difracción de rayos X, microscopios electrónicos de barrido y de transmisión con el fin de analizar la estructura y morfología de los materiales. Esto implica la visita a los laboratorios de equipos de caracterización y el manejo de software especializado (en su versión de prueba) para interpretación de resultados, resolución de problemas y presentación de la información.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
<p>1.1 Difracción de rayos X</p> <p>1.1.1 Identificación de fases</p> <p>1.1.2 Cálculo de distancia interplanar</p> <p>1.1.3 Cálculo de tamaño de cristal</p> <p>1.1.4 Determinación cualitativa de tensiones</p> <p>1.1.5 Simulación de perfiles de difracción</p> <p>1.2 Difracción de electrones</p> <p>1.3 Microscopía electrónica de barrido</p> <p>1.4 Microscopía electrónica de transmisión</p>	<p><b>Conocimientos</b></p> <p>Difracción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura de materiales</li> <li>Direcciones y planos cristalográficos</li> <li>Generación de rayos X</li> <li>Geometría de difracción</li> <li>Perfil de los picos de difracción</li> <li>Aplicaciones de la difracción</li> <li>Preparación de muestras</li> </ul> <p>Microscopía electrónica de barrido (SEM):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interacción de electrones con la materia</li> <li>Principio de funcionamiento de un SEM</li> <li>Imágenes con electrones secundarios y retrodispersados</li> <li>Rayos X característicos</li> <li>Preparación de muestras</li> </ul> <p>Microscopía electrónica de transmisión (TEM):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Principio de funcionamiento de un TEM</li> <li>Óptica de un TEM</li> <li>Difracción de electrones</li> <li>TEM en alta resolución</li> <li>Preparación de muestras</li> </ul> <p><b>Habilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinación de la estructura, índices de Miller, parámetros de red, posiciones atómicas, tamaño de cristal y distorsiones estructurales.</li> <li>Interpretación de imágenes de microscopía electrónica con el fin de describir la microestructura.</li> <li>Manejo de programas de cómputo (versiones de prueba) para análisis de la información, por ejemplo: PowderCell (análisis de estructuras) Diamond (generación y visualización de estructuras)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes de prácticas donde se caractericen materiales usando las técnicas de difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (TEM). En ellas se determinará la estructura y características microestructurales del material. Deberá entregarse el reporte por cada práctica conteniendo una introducción teórica de las técnicas usadas, la descripción experimental y los resultados encontrados. El trabajo debe incluir una interpretación adecuada de los resultados, conclusiones y referencias.</li> </ul>

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M. A. Santana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

		Digital micrograph (análisis de micrografías) Origin (creación de gráficos)		
Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos materiales	Tiempo destinado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordina prácticas experimentales de caracterización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza prácticas experimentales, analiza, interpreta y reporta resultados. Para ello hace uso de programas de cómputo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras de material.</li> <li>Equipo de DRX</li> <li>Equipo de SEM</li> <li>Equipo de TEM</li> </ul>	Práctica: 30
<ul style="list-style-type: none"> <li>Propone problemas y ejercicios relacionados a la aplicación de las técnicas de caracterización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelve los problemas y ejercicios interpretando adecuadamente los resultados mediante el uso de software especializado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software (versión de prueba):</li> <li>1. PowderCell</li> <li>2. Diamond</li> <li>3. Origin</li> <li>4. Digital Micrograph</li> </ul>	

## Unidad temática 2: Caracterización de la composición de los materiales

**Objetivo de la unidad temática:** Aprender a determinar la composición química de los materiales mediante el uso de equipos de caracterización.

**Introducción:** En esta unidad se realizarán prácticas experimentales usando diferentes técnicas para analizar la composición de los materiales. Esto implica la visita a los laboratorios de caracterización. Estos análisis permiten obtener resultados cualitativos y cuantitativos de los elementos y/o compuestos presentes en la superficie y el volumen de una muestra. En particular se puede analizar la composición elemental, estequiometría, obtener información del enlace químico y estructura electrónica.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
2.1 Emisión, absorción y fluorescencias atómicas 2.2 Cromatografía 2.3 Microanálisis químico por dispersión de energía 2.4 Análisis de plasma acoplado inductivamente 2.5 Espectrometría de masas 2.6 Espectroscopía de fotoelectrones generados por rayos X	<b>Conocimientos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentos de absorción y emisión de la radiación electromagnética</li> <li>Teoría de técnicas cromatográficas</li> <li>Principios de técnicas de espectrometría</li> <li>Interacción de los electrones con la materia y señales generadas</li> <li>Emisión de fotoelectrones por excitación con rayos X.</li> <li>Principios de funcionamiento de los diferentes equipos</li> <li>Técnicas de preparación de muestra</li> </ul> <b>Habilidades:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación de muestras para análisis</li> <li>Determinación de la composición de un material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes de prácticas experimentales donde el estudiante determine la composición de un material con al menos dos de las técnicas revisadas, dependiendo de la información de interés por recabar y la disponibilidad de los equipos. Debe incluirse un análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos químicos presentes en su muestra. El reporte debe contener una introducción teórica de las técnicas usadas, la descripción experimental y los resultados encontrados. El reporte debe incluir una adecuada interpretación de los resultados y</li> </ul>



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

		Análisis cualitativo y cuantitativo Interpretación de espectros y diagramas	Conclusiones	
Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos materiales	Y Tiempo destinado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordina la experimentación práctica sobre las técnicas de caracterización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza prácticas experimentales, analiza, interpreta y reporta resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras de material.</li> <li>Equipos de caracterización</li> </ul>	Práctica: 18
<ul style="list-style-type: none"> <li>Propone problemas relacionados a las técnicas de caracterización de la composición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelve problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programas de cómputo (versiones de prueba)</li> </ul>	

## Unidad temática 3: Técnicas de caracterización mixta

**Objetivo de la unidad temática:** Usar las técnicas de espectroscopías vibracionales de dispersión Raman e infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR) para caracterizar la estructura y composición de los materiales.

**Introducción:** En esta unidad temática se usarán técnicas complementarias de caracterización como son la espectroscopía de dispersión Raman y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier. Mediante estas técnicas se identificarán modos vibracionales de enlaces químicos característicos de los compuestos. También se identificarán grupos funcionales que permiten conocer los tipos de compuestos presentes en una muestra, por ejemplo: alcoholes, compuestos aromáticos y demás grupos orgánicos. Este tipo de caracterización complementa la caracterización estructural, morfológica y de composición revisadas en las unidades temáticas anteriores.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
3.1 Espectroscopía de dispersión Raman 3.2 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)	<p><b>Conocimientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absorción infrarroja de moléculas</li> <li>Tipos de vibraciones moleculares</li> <li>Modos normales</li> <li>Reglas de selección</li> <li>Espectros infrarrojo</li> <li>Espectros Raman</li> <li>Características de las bandas de absorción</li> <li>Identificación de compuestos químicos</li> <li>Comparación entre las espectroscopías infrarroja y Raman</li> <li>Técnicas de preparación de muestras</li> </ul> <p><b>Habilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de bandas de absorción y modos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reporte de práctica sobre caracterización mediante la técnica de Raman. El reporte debe contener una introducción teórica de las técnicas usadas, la descripción experimental y los resultados encontrados. Además una serie de ejercicios donde el estudiante determine la estructura química de compuestos partiendo de espectros FTIR y su análisis elemental.</li> </ul>

*[Handwritten signatures and notes on the left margin]*

*[Handwritten signatures and notes on the right margin]*

*[Handwritten signatures and notes at the bottom of the page]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia o de la actividad	Recursos materiales	y Tiempo destinado
Coordina la práctica experimental mediante la técnica de Raman, además propone ejercicios de la técnica de FTIR para resolución de estructuras químicas.	<ul style="list-style-type: none"><li>Realiza prácticas experimentales, analiza, interpreta, reporta resultados y resuelve problemas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reportes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Muestra de material.</li><li>Equipo de caracterización.</li><li>Base de datos internacional SDBS (Spectral Database for Organic Compounds) del National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.</li></ul>	Práctica: 12

- vibracionales en espectros
- Interpretación de espectros
- Preparación de muestras

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*





**5. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN**

**Requerimientos de acreditación:**

El alumno deberá evidenciar el aprendizaje necesario para aprobar la asignatura, mismos que están definidos en los criterios de evaluación.

**Criterios generales de evaluación:**

Para acreditar la asignatura es necesario que el alumno apruebe el curso obteniendo por lo menos una calificación de 80 (ochenta) y cumplir con las asistencias según el reglamento de la institución. Los productos para la evaluación incluyen reportes de las prácticas experimentales en laboratorio y con software especializado, así como un proyecto de investigación final sobre caracterización estructural, morfológica y de composición de materiales. Todo reporte debe reflejar excelencia académica en presentación, estructura y contenido.

**Evidencias o Productos**

Evidencia o producto	Competencias y saberes involucrados	Contenidos temáticos	Ponderación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes por escrito de las prácticas experimentales y de resolución de problemas relacionadas a las técnicas de caracterización estructural, morfológica y de composición.</li> </ul> <p>Mediante las técnicas de difracción se analizarán fases cristalinas, distancias interplanares, tamaño de cristal, tensiones, simulación de patrones de difracción, refinamiento, generación de estructuras y distorsiones.</p> <p>Con las técnicas de microscopía se analizará la morfología de superficie, distribución y tamaño de partícula, así como textura.</p> <p>Mediante las técnicas de espectroscopía se analizará la composición cualitativa y cuantitativa, estequiometría e información del enlace químico.</p>	<p><b>Conocimientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentos de las técnicas de caracterización estructural, morfológica y de composición</li> <li>Instrumentación</li> <li>Preparación de muestras</li> </ul> <p><b>Habilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de estructuras cristalinas</li> <li>Interpretación de imágenes de microscopía electrónica</li> <li>Manejo de programas de cómputo (versiones de prueba): PowderCell (análisis de estructuras) Diamond (generación y visualización de estructuras) Origin (creación de gráficos) Digital Micrograph (análisis de micrografías)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difracción de rayos X</li> <li>Microscopía electrónica de barrido</li> <li>Microscopía electrónica de transmisión</li> <li>Difracción de electrones</li> <li>Emisión, absorción y fluorescencias atómicas</li> <li>Microanálisis químico por dispersión de energía</li> <li>Análisis de plasma acoplado inductivamente</li> <li>Espectrometría de masas</li> <li>Espectroscopía de fotoelectrones generados por rayos X</li> <li>Espectroscopía de dispersión Raman</li> <li>Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)</li> </ul>	70 %

**Producto final**

Descripción	Evaluación	Ponderación
<p><b>Título:</b> Desarrollo de un proyecto de investigación de caracterización estructural, microestructural y de composición de un material.</p> <p><b>Objetivo:</b> Desarrollar un proyecto de investigación con el fin de que el estudiante aplique e integre de manera teórica y práctica las principales técnicas que permitan tener una</p>	<p><b>Criterios de fondo:</b> Los alumnos deberán demostrar conocimiento teórico - práctico sobre las técnicas de caracterización revisadas en el curso, de tal</p>	30 %

*[Handwritten signatures and notes on the left margin]*

*[Handwritten signatures and notes on the right margin]*

*[Handwritten signatures and notes at the bottom of the page]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

caracterización básica de la estructura, microestructura y composición elemental de un material.

**Caracterización** El estudiante podrá proponer y desarrollar un proyecto de investigación acerca del estudio de un material usando al menos tres de las técnicas de caracterización revisadas en el curso: una de ellas para estructura, otra para morfología y por último de composición. El proyecto implica la propuesta de un material de interés por cada estudiante, ya sea que lo tenga sintetizado de algún proyecto académico o se le podrá facilitar algún compuesto como modelo de estudio. El estudiante analizará en laboratorio la estructura, microestructura y composición elemental de su compuesto. En este proceso se obtendrán espectros, micrografías y/o diagramas experimentales que se deben de interpretar y concluir. Una vez realizada la parte experimental, se debe escribir el proyecto con las siguientes características:

1. Título del proyecto: Debe ser conciso y descriptivo del material de estudio en particular y las técnicas de caracterización usadas.
  2. Nombre del estudiante y adscripción.
  3. Resumen. Se debe incluir un resumen (máximo 200 palabras) del contenido de su trabajo.
  4. Introducción. El estudiante hará una revisión de la literatura de ese material de estudio, así como incluir los fundamentos de las técnicas de caracterización usadas en su proyecto. En ese apartado también debe plantear el objetivo de su trabajo.
  5. Experimental: En caso de haber sintetizado el material, se debe describir el método y condiciones de preparación. En este apartado se debe reportar cómo se preparó la muestra para realizar cada uno de los análisis de caracterización.
  6. Resultados y discusión: Se debe describir con detalle los resultados encontrados en su trabajo. En esta sección se incluirán los espectros, gráficas e imágenes que se obtuvieron a partir de los análisis realizados. En particular, el estudiante debe evidenciar su habilidad para analizar la estructura de su material, morfología y tamaño de partícula, características texturales y la composición elemental. Esta sección debe organizarse por sub-secciones, donde cada una de ellas trate de una técnica de caracterización empleada.
  7. Conclusiones: Debe explicar las principales conclusiones de su trabajo resaltando la importancia de cada técnica de acuerdo a la información que provee.
  8. Perspectivas: El estudiante, de acuerdo a sus conocimientos adquiridos, podrá proponer perspectivas de investigación futura para una caracterización óptima de su material.
  9. Bibliografía: Incluir todas las referencias usadas para el desarrollo de su trabajo.
- Se recomienda convertir su reporte escrito a formato PDF y enviarlo por correo electrónico a la dirección: [lorenzo.gildo@gmail.com](mailto:lorenzo.gildo@gmail.com)
- Este producto evidenciará que el estudiante conoce y comprende los alcances de las diferentes técnicas de caracterización, permitiéndole analizar la estructura y microestructura de los materiales, lo cual abona al módulo de Propiedades y Desempeño.

forma que tengan la habilidad de analizar la estructura interna, morfología y composición de un material de estudio.

### Criterios de forma:

Como se menciona en la Caracterización del Producto, deberá entregarse un reporte por escrito de la investigación realizada por los estudiantes. El reporte deberá tener la siguiente estructura:

1. Título del proyecto
2. Nombre del estudiante y adscripción.
3. Resumen
4. Introducción
5. Procedimiento experimental
6. Resultados y discusión
  - 6.1 Caracterización por difracción de rayos X
  - 6.2 Caracterización por microscopía... etc.
7. Conclusiones
8. Perspectivas
9. Bibliografía

La descripción de cada sección se menciona en la parte de Caracterización.

### Resultados a reportar:

El estudiante seleccionará al menos una técnica para caracterizar la estructura del material, por ejemplo: difracción de rayos X (DRX) y/o difracción de electrones. Para caracterizar la microestructura podrá usar microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y/o microscopía de fuerza atómica. Mientras que en el caso de la caracterización de composición podrá aplicar una de las técnicas revisadas en la unidad temática 2.

En los resultados de difracción de rayos X (DRX), deben incluirse los difractogramas obtenidos con los índices de Miller asignados identificando todos los picos de difracción. Compararse con bases de datos y asignar el sistema cristalino, grupo espacial y parámetros de red. Además se deben identificar fases secundarias y determinar el tamaño de cristal. También se incluirá una imagen de la estructura cristalina del material generada a partir del difractograma experimental

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

	<p>obtenido.</p> <p>Mediante microscopía electrónica en su versión de barrido (SEM) se obtendrán micrografías que deberán incluirse en el reporte señalando la escala de referencia. Cada micrografía se acompañará de la descripción de la morfología de superficie observada y, de acuerdo al curso previo de Ciencia de Materiales, discutir mecanismos de formación y crecimiento de microestructuras.</p> <p>Si se usa microscopía electrónica de transmisión (TEM) deberán incluirse las imágenes obtenidas donde se observen las partículas que conforman el material. Se sugiere incluir un análisis estadístico de la distribución del tamaño de las partículas e incluir el histograma correspondiente.</p> <p>En las demás técnicas que se incluyan deben incluirse los espectros y/o diagramas que se obtengan con una adecuada interpretación.</p> <p>El reporte debe reflejar una alta calidad académica por parte de los estudiantes. Se espera una buena redacción, ortografía, ideas claras y orden lógico de ellas, así como homogeneidad en la presentación de los gráficos, diagramas y micrografías.</p> <p>Se recomienda convertir su reporte escrito a formato PDF y enviarlo por correo electrónico a la dirección: <a href="mailto:lorenzo.gildo@gmail.com">lorenzo.gildo@gmail.com</a> en la fecha señalada por el profesor.</p>	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

*[Handwritten signature]*

M.A. antana A.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



**6. REFERENCIAS Y APOYOS**

**Referencias bibliográficas**

**Referencias básicas**

Autor (Apellido, Nombre)	Año	Título	Editorial	Enlace o biblioteca virtual donde esté disponible (en su caso)
Brundle, Richard; Evans, Charles; Wilson, Shaun	1992	Encyclopedia of Materials Characterization	Butterworth-Heinemann	Versión digital proporcionada por el profesor
Guinier, André	1994	X-ray Diffraction in Crystals, Imperfect Crystals, and Amorphous Bodies	Dover Publications	Biblioteca central del CUCEI. Clasif. QD945.G8513 1994
Williams, David Bernard	1996	Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science	Plenum Press	Biblioteca central del CUCEI. Clasif. TA417.23.W56 1996

**Referencias complementarias**

Kittel, Charles	2004	Introduction to Solid State Physics	Wiley	Biblioteca central del CUCEI. Número de sistema 000243563
Callister, William	2001	Fundamentals of Materials Science and Engineering	Wiley	Biblioteca central del CUCEI. Número de sistema 000451123
Brandon, D. G.	2008	Microstructural Characterization of Materials	Wiley	Biblioteca central del CUCEI. Número de sistema 000322965

**Apoys (videos, presentaciones, bibliografía recomendada para el estudiante)**

**Unidad temática 1:**

- Página libre de internet de cristalografía: <http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/>
- Programa de cómputo (versión de prueba): PowderCell
- Programa de cómputo (versión de prueba): Diamond
- Programa de cómputo (versión de prueba): Micrograph digital
- Programa de cómputo (versión de prueba): Origin

**Unidad temática 2:**

- Skoog, D., Holler, J., Nieman, T. (1992), Principios de Análisis Instrumental. España, McGraw Hill. ISBN: 9789706868299 (Biblioteca central del CUCEI: Número de Sistema: 000326724)
- Programa de cómputo (versión de prueba): Origin

**Unidad temática 3:**

- Base de datos internacional SDBS (Spectral Database for Organic Compounds) del National Institute of Advanced Industrial Science and Technology para ejercicios de interpretación de espectros. Consulta libre por internet: [http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre\\_index.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre_index.cgi)

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M. A. Santana A.*

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*