

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Diagramas de Equilibrio
<b>Clave de la asignatura:</b>	MAC-1007
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-4
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Materiales

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta materia aporta al Ingeniero en Materiales los fundamentos teóricos y prácticos relacionados con los cambios de estructura de los materiales para hacer la adecuación a las propiedades de los materiales, así como para la investigación, identificación, desarrollo de nuevos materiales y modelación de procesos. Permite vincular los cambios de estado en sistemas unitarios, binarios y ternarios para comprender los cambios estructurales que ocurren durante el proceso de solidificación, con dicha información podrá ser capaz de predecir las propiedades de los diversos materiales.

Dado que esta materia da soporte a otras vinculadas directamente con otros desempeños profesionales, está ubicada en el quinto semestre de las materias que integran la retícula de la carrera de Ingeniería en materiales. Los diagramas de fases son una herramienta útil para identificar las fases presentes en diferentes sistemas unitarios, binarios y ternarios en función de las variables de composición, temperatura y presión, así como su relación para predecir varios aspectos del comportamiento de los materiales.

### Intención didáctica

El temario se organiza en tres unidades, agrupando contenidos conceptuales al inicio de cada unidad, aborda también ejemplos de aplicaciones para identificar y analizar las transformaciones líquido- sólido o sólido –sólido y su relación con las propiedades de los materiales.

En la primera unidad se abordan los principios termodinámicos que permiten la construcción, análisis y aplicación de los diagramas de equilibrio unitarios en la obtención y desarrollo de nuevos materiales.

En la segunda unidad se analizan los fundamentos que permiten la construcción, análisis y aplicación de los diagramas de equilibrio de sistemas binarios de solubilidad total o parcial en los que ocurren una o varias transformaciones de fase estableciendo el desarrollo estructural y de propiedades alcanzado en diferentes condiciones de enfriamiento para diversos materiales.

En la tercera unidad se analizan los fundamentos que permiten la construcción, análisis y aplicación de los diagramas de equilibrio de sistemas ternarios de solubilidad total o parcial en los que ocurren una o varias transformaciones de fase estableciendo el desarrollo estructural y de propiedades alcanzado en diferentes condiciones de enfriamiento para diversos materiales.

La materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación y simulación de diagramas de fase mediante el uso de software especializado.

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

### 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, 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 los conceptos básicos que permitan construir los diagramas de equilibrio de fases, en sistemas unitarios, binarios y ternarios haciendo énfasis especial en aquellos de mayor interés y retomando la información suministrada por dichos sistemas como un elemento esencial para diseñar, analizar, controlar, mejorar y desarrollar los materiales

### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica los conceptos fundamentales sobre las características entre los estados de agregación de la materia.</li> <li>• Determina la clasificación de sistemas y variables termodinámicas así como la identificación de procesos reversibles e irreversibles, para conocer e interpretar leyes termodinámicas.</li> <li>• Aplica los fundamentos fisicoquímicos al procesamiento de los materiales y al estudio de las reacciones de los sistemas en equilibrio químico y físico y a soluciones homogéneas y heterogéneas para aplicarlos en las transformaciones de fases presentes en los materiales y sus procesos de obtención y transformación</li> </ul>
--

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos termodinámicos	1.1 Sistemas, fases y componentes. 1.2 Condiciones termodinámicas de equilibrio. 1.3 Diagrama $\Delta G$ – Composición. 1.4 Diagramas P - T 1.5 Regla de las fases de Gibbs. 1.4 Ejemplos e interpretación de diagramas unitarios
2	Sistemas binarios	2.1 Sistemas ideales. 2.2 Sistema binario isomorfo 2.3 Regla de la palanca 2.4 Sistemas tipo eutéctico. 2.5 Sistemas tipo eutectoide. 2.6 Sistemas peritéticos. 2.7 Sistemas peritectoide 2.8 Compuestos intermedios. 2.9 Fusión congruente e incongruente. 2.10 Ejemplos e interpretación de diagramas binarios
3	Sistemas ternarios	3.1 Métodos de representación. 3.2 Caminos de enfriamiento. 3.3 Triángulos de conexión. 3.4 Cálculos de solubilidad. 3.5 Compuestos intermedios. 3.6 Regla de Alkemade. 3.7 Sistemas con un eutéctico y un peritético. 3.8 Ejemplos e interpretación de diagramas ternarios

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Fundamentos termodinámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> Interpretar y construir los diagramas de equilibrio G-composición y P-T, aplicando los principios y leyes termodinámicas</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Solución de Problemas.</li> <li>• Habilidad para búsqueda de información.</li> <li>• Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>• Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las definiciones de las principales propiedades termodinámicas y su relación con los diagramas de fase en equilibrio.</li> <li>• Calcular y establecer las relaciones entre las propiedades termodinámicas y los diagramas de fases en equilibrio.</li> <li>• Demostrar gráficamente las condiciones de equilibrio entre fases en función de las energías libres parciales molares.</li> <li>• Establecer la relación entre los diagramas de fases en equilibrio y las curvas de energía libre</li> <li>• Construir diagramas de fases energía libre -</li> </ul>

<p>la interpretación de resultados teórico prácticos.</p>	<p>composición</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir diagramas de fases Presión - Temperatura</li> <li>• Describir los puntos, líneas y áreas en los diagramas de fases de sustancias puras aplicando la regla de las fases</li> <li>• Calcular mediante la ecuación de Clausius-Clapeyron las pendientes de las líneas de equilibrio entre dos fases en un diagrama presión-temperatura</li> <li>• Por equipos, investigar los factores termodinámicos involucrados en la regla de las fases de Gibbs y analizar las diferentes condiciones que permiten la existencia de una, dos o tres fases en condiciones de equilibrio.</li> <li>• Emplear software para la construcción de diagramas de equilibrio unitarios e interpretar la información</li> </ul>
<p>Sistemas binarios</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica(s):</b> Describir e interpretar los diferentes tipos de diagramas de fases en equilibrio binarios en base a la reacciones o transformaciones que ocurren durante el calentamiento y/o enfriamiento de aleaciones dentro y fuera del equilibrio</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Solución de Problemas.</li> <li>• Habilidad para búsqueda de información.</li> <li>• Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>• Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los estados de equilibrio de los diagramas de fases binarios e isomorfos, tipo eutéctico y tipo peritético.</li> <li>• Conocer las relaciones entre el estado líquido y el estado sólido de las aleaciones binarias</li> <li>• Establecer los factores que determinan el tipo de diagramas y las fases meta estables en los diagramas binarios</li> <li>• Describir la solidificación en equilibrio y fuera de equilibrio comparando las micro estructuras para diferentes aleaciones</li> <li>• Interpretar y relacionar las micro estructuras de las aleaciones binarias con sus propiedades físicas y mecánicas</li> <li>• Aplicar los principios de diagramas de fases binarios</li> <li>• Aplicar los conocimientos en solución de problemas en diagramas de equilibrios binarios</li> <li>• Por equipos, investigar los factores termodinámicos involucrados en la regla de las fases de Gibbs y analizar las diferentes condiciones que permiten la existencia de una, dos o tres fases en condiciones de</li> </ul>

	<p>equilibrio en sistemas binarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplear software para la construcción de diagramas de equilibrio binarios e interpretar la información</li> </ul>
<b>Sistemas Ternarios</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><b>Específica(s):</b> Identificar y analizar las características de los diagramas ternarios, así como el desarrollo estructural y propiedades durante las transformaciones de fase en condiciones equilibrio y reales</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Solución de Problemas.</li> <li>• Habilidad para búsqueda de información.</li> <li>• Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>• Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los principios del modelo del espacio ternario</li> <li>• Analizar mediante cortes isotérmicos y secciones verticales los diferentes tipos de sistemas ternarios</li> <li>• Describir la solidificación de las aleaciones ternarias analizando los cambios de fase que ocurren en cada caso</li> <li>• Investigar, por equipos las condiciones que favorecen la presencia de dos, tres o cuatro fases en equilibrio en sistemas ternarios</li> <li>• Analizar diagramas de fases ternarios de materiales cerámicos, aceros y escorias</li> <li>• Emplear software para la construcción de diagramas de equilibrio ternarios e interpretar la información</li> </ul>

### 8. Práctica(s)

*Se sugiere que de acuerdo al equipo disponible se seleccionen las prácticas.*

- Transformación durante el enfriamiento de metales puros y aleaciones binarias con metales puros, obtención de curvas de enfriamiento.
- Construir un diagrama de temperatura de ebullición contra composición.
- Construir un diagrama de fases de sistemas binarios como Pb-Sn, Pb-Sb, a partir de curvas de enfriamiento y comprobar las microestructuras obtenidas.
- Determinar temperaturas de transformación en diversas aleaciones.
- Observación de microestructuras para relacionarlas con las diferentes reacciones isotérmicas que les dieron origen.
- Uso de software especializado para construir diagramas unitarios, binarios y ternarios.

### 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.

### 10. Evaluación por competencias

- Exámenes escritos para una evaluación individual acerca de: Conocimientos previos (diagnóstico) y Dominio de temas (incluidos en el curso)
- Reportes escritos sobre las investigaciones realizadas en forma: Individual a fin de evaluar el auto-aprendizaje según el nivel de calidad mostrado en el reporte y en equipo para evaluar habilidades de trabajo en equipo a través de cuestionarios elaborados por los miembros del equipo con el fin de que se evalúen unos a otros y se autoevalúen.
- Proyecto integrador

### 11. Fuentes de información

1. Zhao, J.C. (2011). *Methods for Phase Diagram Determination*. Springer.
2. Rhines, F.N. (1956), *Phase Diagrams in Metallurgy*, Ed. McGraw-Hill.
3. Askeland, D.A. (2001). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Ediciones Paraninfo.
4. Burke, J. (1965). *The Kinetics of the Phase Transformations in Metals*, Ed. Pergamos Prees.
5. ASM. (2005). *Heat Treating*. Metals Handbook, vol. 4, ASM
6. Zhao, M., Song, L. y Fan, X. (2009). *The boundry theory of phase diagrams and its application*. Springer.