

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Tratamientos Térmicos
Clave de la asignatura:	MAC-1030
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Materiales los fundamentos teóricos y prácticos que le permiten transformar la estructura de los materiales mediante la aplicación de ciclos térmicos en condiciones controladas de temperatura, tiempo de mantenimiento y enfriamiento. Además, será capaz de interpretar y relacionar los cambios estructurales obtenidos con las propiedades finales de la pieza. Debido a que es una asignatura que permite integrar diferentes competencias es posible que en ella se puedan generar proyectos integradores tanto formativos como resolutivos. Para cursar Tratamientos Térmicos, el estudiante debe poseer las siguientes competencias:

- Aplica diferentes técnicas de caracterización y análisis de las asignaturas Caracterización Estructural y Técnicas de Análisis para identificar la microestructura resultante de los tratamientos térmicos y la composición química cualitativa y/o cuantitativa de las piezas, respectivamente.
- Mediante las competencias adquiridas en la asignatura de Comportamiento Mecánico de Materiales, aplica y argumenta la metodología de ensayos mecánicos para determinar cuantitativamente las propiedades mecánicas de los materiales, antes y después del tratamiento térmico.
- Mediante la asignatura de Análisis de Fallas mecánicas, reconoce los mecanismos de iniciación y propagación de grietas en el material con base a su forma, localización y orientación, para determinar las posibles causas de falla en los materiales.
- Conoce y explica el mecanismo de transformación de una fase mediante la asignatura del mismo nombre, lo anterior le permite predecir la estructura final de la pieza en función de las condiciones de temperatura, tiempo y condiciones de enfriamiento a que se someten las piezas metálicas y no metálicas.

Tratamientos Térmicos es una asignatura que apoyará a asignaturas del modulo de especialidad en función (Fundición de Aleaciones Ferrosas y Fundición de Aleaciones no Ferrosas), ya que mediante las competencias adquiridas el estudiante será capaz de diseñar Tratamientos Térmicos específicos para adecuar las propiedades mecánicas mediante el cambio de la microestructura de las aleaciones obtenidas para su aplicación.

Como actividad integradora de la asignatura se pretende que al concluir Tratamientos Térmicos el estudiante explique con el lenguaje técnico científico apropiado el mecanismo de transformación involucrado durante la aplicación de un ciclo térmico y lo relacione con la morfología del producto estructural y propiedades del mismo.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

La asignatura de Tratamientos Térmicos se organiza en cuatro temas, en los que se incluyen tanto aspectos teóricos como prácticos.

En el primer tema se introduce al estudiante en la definición de un tratamiento térmico, su objetivo y herramientas gráficas necesarias para diseñar un tratamiento térmico. Se analiza de manera detallada la forma de construir los diagramas Temperatura – Tiempo – Transformación, los factores que afectan su forma y posición; además se hace énfasis en la interpretación de los mismos. En este mismo tema se identifican los problemas y defectos que se originan durante un tratamiento térmico y la forma de solucionarlos. Se revisan las características de los hornos empleados y buscando el cuidado con el medio ambiente se analiza un tema relacionado con la disposición de residuos.

En el segundo tema se analizan de manera detallada los tratamientos térmicos más empleados para adecuar la estructura y propiedades de las aleaciones base Fe-C como son los aceros y fundiciones. Los conceptos teóricos se llevan a la práctica con la finalidad de que el estudiante pueda definir y diseñar ciclos térmicos adecuados para obtener las propiedades y estructuras especificadas por el docente. Los tratamientos térmicos que se utilizan para adecuar la estructura y propiedades de aleaciones no ferrosas de importancia industrial se estudian en el tema tres. Se identifican las características de las aleaciones no ferrosas tratables térmicamente de las que no son tratables térmicamente.

Finalmente en el tema cuatro se estudian los tratamientos térmicos de de materiales no metálicos como el vidrio y polímeros. También se identifican las condiciones de temperatura-tiempo y tipo de aleaciones que presentan transformaciones martensíticas inducidas por esfuerzo.

Es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía pero también el trabajo colaborativo, la tolerancia hacia sus compañeros, a sus ideas y enfoques, además debe tomar en cuenta sus responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.

El docente de la asignatura de “Tratamientos Térmicos”, debe poseer las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales que le permitan explicar y precisar el sentido y alcance de la asignatura considerando no solo el conocimiento significativo en un contexto determinado, sino también su relación con el entorno local, nacional o internacional, de tal forma que los estudiantes obtengan la formación teórica-práctica que contribuya al logro de las competencias del Ingeniero en Materiales para su inserción profesional en el ámbito industrial, de servicios o de investigación.

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	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en

	Zacatecas.	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
Diseña tratamientos térmicos considerando el uso y las propiedades requeridas en el material.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica diferentes técnicas de caracterización y análisis de las asignaturas identificar la microestructura y la composición química cualitativa y/o cuantitativa de las piezas, respectivamente. • Aplica y argumenta la metodología de ensayos mecánicos para determinar cuantitativamente las propiedades mecánicas de los materiales, antes y después del tratamiento térmico. • Reconoce los mecanismos de iniciación y propagación de grietas en el material para determinar las posibles causas de falla en los materiales y proponer acciones correctivas en procesos de tratamientos térmicos • Conoce y explica el mecanismo de transformación de una fase. • Interpreta diagramas de equilibrio

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Tratamientos Térmicos	<p>1.1. Definición y clasificación de los tratamientos térmicos.</p> <p>1.2. Características de los diagramas temperatura, tiempo, transformación (TTT).</p> <p>1.3. Construcción de diagramas TTT.</p> <p>1.4. Factores que afectan la forma y posición de las curvas TTT.</p> <p>1.5. Tipos diagramas TTT.</p> <p>1.6. Velocidad crítica de temple.</p> <p>1.7. Interpretación de los diagramas TTT.</p> <p>1.8. Problemas y defectos de un tratamiento térmico.</p> <p>1.9. Tipos de atmósferas.</p> <p>1.10. Tipos de hornos usados en tratamientos térmicos.</p> <p>1.11. Disposición de residuos.</p>
2	Tratamientos Térmicos de Aleaciones Fe-C	<p>2.1. Tratamientos térmicos en volumen:</p> <p>2.1.1. Enfriamiento continuo: Recocido, Normalizado, Temple y Revenido.</p> <p>2.1.2. Isotérmicos: Bainitizado, Martempering, Patenting, Austemperizado (para obtener ausferrita).</p> <p>2.2. Tratamientos térmicos superficiales.</p> <p>2.2.1. Temple superficial a la flama.</p> <p>2.2.2. Temple por inducción.</p> <p>2.2.3. Temple por rayo láser.</p> <p>2.3. Tratamientos termoquímicos.</p> <p>2.3.1. Carburización.</p> <p>2.3.2. Nitruración.</p> <p>2.3.3. Carbonitrurado</p> <p>2.3.4. Borizado</p> <p>2.3.5. Tratamientos térmicos especiales (CVD, PVD, plasma, etc).</p>
3	Tratamientos Térmicos de Aleaciones no Ferrosas.	<p>3.1. Aleaciones de aluminio.</p> <p>3.2. Aleaciones de cobre.</p> <p>3.3. Tratamiento térmico de aleaciones ligeras (Mg).</p> <p>3.4. Tratamiento térmico de superaleaciones (Ti).</p>
4	Tratamientos térmicos de otros Materiales.	<p>4.1. Tratamiento térmico del vidrio</p> <p>4.2. Vidrios metálicos y aleaciones amorfas.</p> <p>4.3. Transición vítrea en polímeros.</p> <p>4.4. Transición martensítica inducida por esfuerzo.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tratamientos Térmicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y aplica los fundamentos teórico – prácticos de los tratamientos térmicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico-prácticos. • Compromiso con el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una investigación bibliográfica de los tratamientos térmicos (TT) y elaborar un mapa metal o conceptual sobre definición y clasificación de los TT. • Representar gráficamente un ciclo de tratamiento térmico y explicar detalladamente la importancia de cada etapa. • Construir un diagrama TTT a partir de datos experimentales. • Identificar y explicar las causas que afectan la forma y posición de las curvas TTT • Investigar las condiciones que deben reunir los materiales metálicos para ser tratados térmicamente. • Analizar mediante el uso de los diagramas TTT los cambios en estructura en función de las condiciones de enfriamiento continua o isotérmica. • Establecer la velocidad crítica de temple y su importancia. • Realizar una recopilación de los hornos utilizados en los TT. • Identificar y explicar los defectos y problemas que se presentan durante un TT • Analizar las atmósferas de TT, elaborar un cuadro sinóptico con las características y forma de elaboración de cada tipo de atmósfera. • Indagar y realizar un ensayo sobre la disposición de residuos de tratamientos térmicos.
Tratamiento Térmico de Aleaciones Fe-C	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Identifica y aplica tratamientos térmicos para aceros y fundiciones. Relaciona los cambios estructurales generados por el tratamiento térmico con las propiedades resultantes.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los parámetros de tratamientos térmicos que permiten adecuar las aleaciones Fe-C. • Explicar la diferencia entre recocido y normalizado y la influencia que la velocidad de enfriamiento tiene sobre la fineza de la perlita.

<ul style="list-style-type: none"> • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico práctico. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una clasificación de los diferentes tratamientos térmicos de recocido. • Documentar la influencia de la temperatura de austenitización sobre la morfología de la perlita durante el tratamiento de recocido. • Elaborar un mapa mental con las características de los tratamientos térmicos de endurecimiento en volumen. • Explicar el concepto de templabilidad y describir los métodos empleados para medirla. • Establecer las características de los baños de temple. • Comparar la naturaleza de la estructura y propiedades entre los tratamientos térmicos de ablandamiento y endurecimiento. • Explicar bajo qué condiciones se realiza un tratamiento térmico de revenido • Identificar las etapas de un tratamiento térmico de revenido y los cambios estructurales asociados. Establecer que es el endurecimiento secundario y en qué tipo de aceros se observa. • Realizar tratamientos térmicos superficiales y analizar su influencia sobre la estructura y propiedades de las aleaciones Fe-C • Lograr que el alumno seleccione el TT adecuado para los aceros y las fundiciones para obtener la estructura y propiedades definidas por el docente.
<p>Tratamiento Térmico de Aleaciones no Ferrosas</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Identifica y aplica tratamientos térmicos para las principales aleaciones no ferrosas de uso industrial.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y discutir las condiciones que hacen susceptible de tratar térmicamente una aleación no ferrosa • Identificar los tratamientos térmicos aplicables a aleaciones base aluminio u su efecto en las propiedades • Analizar los mecanismos que provocan endurecimiento en las aleaciones de aluminio tratables térmicamente • Investigar las condiciones para realizar tratamientos térmicos en aleaciones de cobre

<p>información y comunicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico práctico. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las condiciones para aplicar tratamientos térmicos en otras aleaciones no ferrosas (Mg, Ti) • Diseñar un tratamiento térmico y realizar la práctica correspondiente al material seleccionado por cada equipo. • Discutir en forma grupal los resultados de los TT aplicados, enfocándose al cambio o mejora de las propiedades.
<p>Tratamientos Térmicos de otros Materiales</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Identifica y analiza los tratamientos térmicos aplicables a otros materiales no metálicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las reacciones de precipitación que se presentan en cerámicos y semiconductores. • Establecer las características que presenta la descomposición espinodal en los materiales cerámicos. • Descubrir en qué consiste la transición vítrea en un polímero. • Conocer los procesos industriales de recocido y temple en vidrios. • Investigar en diversas fuentes las características de la transformación martensítica inducida por esfuerzo.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos térmicos para aceros y fundiciones • Ensayo de templabilidad • Tratamiento térmico de envejecido en aleaciones base aluminio • Tratamientos superficiales de calentamiento y termoquímicos
--

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

- 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. Molera S., (1991). *Tratamientos térmicos de metales*. España: Prouctica.
2. Totten, G.E. y Howes M.A., (2006). *Steel Heat Treatment Handbook*. CRC Press
3. Bryson, W., (2005). *Heat Treatment, Selection, and Application of Tool Steels*. Hanser Publications
4. Rajan, T.V., Sharma, C.P y Sharma, A., (2013). *Heat Treatment: Principles and Techniques*. PHI Learning
5. Oberg, E., (2012). *Heat-Treatment of Steel: A Comprehensive Treatise on the Hardening, Tempering, Annealing*. Forgotten Books.
6. ASM Handbook, (1992). *Heat Treating*, vol. 4, ASM, USA.
7. ASM Handbook, (1992). *Alloy Phase Diagrams*, vol. 3, ASM, USA.
8. ASM Handbook, (1995). *Metallography and Microstructures*, vol. 9, ASM, USA.
9. ASM. (1980). *Atlas of continuous cooling transformation diagrams for engineering steels*, American Society for Steels and British Steel Corporation.
10. Barreiro, J. (2002). *Tratamientos Térmicos de los Aceros*, CIE Inversiones Editoriales DOSSAT.