



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Ingeniería de Materiales
<b>Clave de la asignatura:</b>	AOF-1312
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3 -2 -5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Aeronáutica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Aeronáutico, la capacidad de conocer, seleccionar y emplear los materiales adecuados para la fabricación, control y mantenimiento de elementos y estructuras aeronáuticas con base en el conocimiento de las propiedades y microestructura, fomentando el desarrollo de las siguientes competencias:

Seleccionar y emplear los materiales adecuados para la fabricación y mantenimiento de elementos aeronáuticos. Elaborar, interpretar y comunicar en forma oral, escrita y gráfica, los informes, propuestas, análisis y resultados de ingeniería. Formar parte de grupos multidisciplinarios en proyectos integrales con una actitud que fortalezca el trabajo de equipo, ejerciendo diversos roles contribuyendo con su capacidad profesional.

Conocer, aplicar las normas y especificaciones nacionales e internacionales relacionadas con el tratamiento adecuado de las materias primas, productos obtenidos, así como, los materiales residuales generados. Aplicar sus conocimientos, habilidades y aptitudes para cursar estudios de posgrado.

La integración de esta asignatura se basa en el hecho de que los materiales constituyen una parte importante en nuestra sociedad y están presentes en todas aquellas situaciones que requieran estabilidad estructural considerable. Las propiedades mecánicas junto con las características microestructurales son el principal interés de estos materiales.

La asignatura en Ingeniería de Materiales, ubicada en el segundo semestre de la carrera de Ingeniería Aeronáutica, surge del análisis del diseño e innovación curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales de la misma carrera del SNIT en noviembre de 2012. Por otra parte, esta asignatura es correlativa de la asignatura de Química, la cual se encuentra ubicada en el primer semestre de dicha carrera. Asimismo, Ingeniería de Materiales aporta bases para las asignaturas de nivel superior de Materiales Aeronáuticos, Procesos de Fabricación y Mecánica de Materiales.

Con esta asignatura se contribuye en el perfil de egreso con los atributos siguientes:

- Identifica, formula y resuelve problemas complejos de ingeniería aeronáutica mediante el conocimiento del funcionamiento de sistemas, subsistemas, componentes y diversas partes que conforman las aeronaves y el uso de legislaciones, regulación y normas nacionales e internacionales vigentes para mantener las condiciones de aeronavegabilidad.
- Utiliza herramientas matemáticas, físicas, experimentales y computacionales para analizar, modelar y diseñar sistemas, componentes y dispositivos aplicados en la industria aeronáutica, implementando procesos de manufactura para que

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



los productos y componentes aeronáuticos cumplan con las regulaciones de calidad vigentes

- Evalúa el comportamiento y desempeño de sistemas, subsistemas, componentes, partes y materiales mediante la experimentación para analizar y establecer conclusiones a través de equipo especializado para el sector aeronáutico
- Trabaja efectivamente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos e incertidumbre para los distintos proyectos aeronáuticos multidisciplinares

**Intención didáctica**

La presente asignatura se encuentra dividida en cinco temas. En el primer tema se abordan las configuraciones estructurales, en el tema dos se estudian las propiedades generales de los materiales, el tema tres trata sobre los diferentes tipos de materiales en ingeniería, mientras que el tema cuatro comprende las aleaciones más comunes empleadas en el ámbito aeronáutico. Finalmente, en el tema cinco se estudian los tratamientos térmicos.

Tema uno. Configuraciones Estructurales.

Este tema comprende los conceptos de sistemas y redes cristalinas a nivel atómico que aparecen en las principales aleaciones metálicas, metales puros, polímeros, cerámicos y materiales compuestos de interés aeronáutico. Se estudian las distintas imperfecciones estructurales presentes en los materiales y sus consecuencias en el comportamiento mecánico y microestructural del material. Además, se estudia el movimiento de los átomos y su interacción con los defectos cristalinos a través de la red cristalina. Finalmente, se aborda el tema de la microestructura presente en los materiales formada por fases primarias, de segunda fase y partículas de diferente morfología y tamaño. Lo anterior es para comprender la interrelación entre la estructura – propiedades - procesamiento en los materiales de Ingeniería.

Tema dos. Propiedades Generales de los Materiales.

En este tema se estudian las propiedades físicas, mecánicas, térmicas, eléctricas y magnéticas de los materiales, lo que implica conocer las propiedades químicas para determinar la susceptibilidad a sufrir procesos químicos tales como la oxidación, corrosión y degradación. Discutir la relación entre la composición química, estructura y defectos con las propiedades de los materiales y su importancia en los procesos tecnológicos. Conocer la información e interpretación de los ensayos de tensión, dureza e impacto con el objetivo de establecer comparaciones y clasificaciones entre los materiales. Establecer la diferencia entre la deformación elástica y plástica mediante sus mecanismos presentes en los materiales. Estudiar la conductividad eléctrica de los materiales de interés industrial bajo la acción de un campo eléctrico exterior aplicado para entender la clasificación eléctrica. Estudiar las propiedades magnéticas mediante las curvas de histéresis a partir de una fuerza magnética exterior resultando la magnetización, así como, entender la clasificación magnética. Además, conocer los efectos que tiene la temperatura sobre las propiedades mencionadas de los materiales.

Tema tres. Materiales cerámicos, polímeros, compuestos y metálicos.

En este tema se abordan los conceptos de los cuatro grupos de materiales, así como, conocer los procesos de producción a partir de sus materias primas. Ofrecer el conocimiento sobre su clasificación en función de las propiedades mecánicas y aplicaciones, así como, conocer las ventajas y limitaciones de cada uno de estos materiales. Se adquirirán los conocimientos sobre los grupos más importantes de los materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos en función de su composición química, microestructura, propiedades mecánicas y su utilización en la industria aeronáutica, así como la clasificación de acuerdo a la normatividad. Conocer los criterios de selección óptima de los materiales para aplicaciones concretas según sus propiedades.

Tema cuatro. Aleaciones no ferrosas



Considerando que de los metales utilizados para la industria, el 20% son no ferrosos cubriendo los requerimientos de ingeniería. Las propiedades fundamentales de las aleaciones no ferrosas son la resistencia a la tensión, corrosión, conductividad eléctrica y maquinabilidad, las cuales se abordarán en este tema incluyendo sus aplicaciones.

Tema cinco. Fundamentos de Tratamientos Térmicos.

En este tema se profundizará sobre el conocimiento e importancia de las transformaciones de fase en estado sólido a partir del diagrama Fe-C. Describir los diferentes microconstituyentes, fases, partículas de segunda fase en los aceros. Además, se hará énfasis en los mecanismos por los que ocurren las transformaciones de fase tales como la perlítica y martensítica en los materiales de interés industrial.

Se aborda la importancia de los diagramas de equilibrio Fe-C, de transformación TTT y de enfriamiento CCT en la determinación de la estructura y propiedades de los materiales. Saber interpretar estos diagramas de las principales aleaciones de interés industrial en términos de fases presentes, cantidades y composiciones. También se abordarán los diferentes tratamientos térmicos y termoquímicos utilizados en la industria como son el temple y revenido, recocido, nitrurado y cementado.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, del 5 al 8 de noviembre de 2012	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, de Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, San Luís Potosi, IPN, UNAQ, UANL,	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 12 de noviembre 2012 al 22 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tlalnepantla, Querétaro	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería Aeronáutica del SNIT.
Instituto Tecnológico de Querétaro, del 25 al 28 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, IPN, UNAQ	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica.



Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, de Tijuana, Superior de Irapuato, de Veracruz, de Boca del Río, de Tepic y de Zacatepec.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de; Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Biotecnología del Tecnológico Nacional de México.
---	---	--

#### 4. Competencias a desarrollar

##### Competencias específicas de la asignatura

- Aplica adecuadamente la clasificación y normatividad de los materiales metálicos, cerámicos, polímeros y compuestos en función de su procesamiento, microestructura, imperfecciones cristalinas, propiedades mecánicas, eléctricas, magnéticas, comportamiento a la corrosión-degradación y condición de tratamiento térmico para una selección óptima dentro de las diversas aplicaciones de ingeniería

#### 5. Competencias previas

- Comprender la estructura de la materia y su relación con las propiedades físicas y químicas, enfocadas a sus aplicaciones a los dispositivos eléctricos, electrónicos, así como, a las técnicas requeridas para la construcción de equipos o sistemas electrónicos.

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Configuraciones estructurales	1.1. Red, base, celdas unitarias y estructuras cristalinas 1.1.1. Sistemas cristalinos 1.1.2. Redes cristalinas 1.2. Clasificación de imperfecciones: defectos lineales, puntuales, superficiales y volumétricos 1.3. Difusión 1.3.1. Mecanismos de difusión 1.3.2. Leyes de Fick 1.4. Microestructura de los materiales
2	Propiedades generales de los materiales	2.1. Propiedades físicas, químicas y térmicas 2.2. Propiedades mecánicas: tensión, impacto, dureza y fatiga 2.3. Resistencia, resistividad y conductividad eléctricas 2.4. Propiedades magnéticas 2.4.1. Curva de histéresis: magnetización de saturación, residual y campo coercitivo 2.5. Materiales cerámicos, polímeros, compuestos y metálicos
3	Materiales cerámicos, polímeros, compuestos y metálicos.	3.1. Composición química 3.2. Procesos de obtención 3.3. Normatividad 3.4. Criterios de selección
4	Aleaciones	4.1 Aleaciones usadas en el ámbito aeronáutico 4.1.1 Aleaciones de aluminio 4.1.2 Aleaciones de titanio 4.1.3. Aleaciones de acero 4.1.4. Aleaciones de magnesio

		3.2. Producción de aleaciones base aluminio, titanio y níquel 3.3. Propiedades y aplicaciones de aleaciones no ferrosas 3.4. Normatividad y criterios de selección
5	Fundamentos de tratamientos térmicos	4.1. Diagramas de fase binarios y ternarios. 4.2. Diagrama Fe-C 4.3. Diagramas TTT y CCT 4.4. Temple y revenido 4.5. Recocido 4.6. Nitrurado y cementado (recubrimientos superficiales) 4.7. Transiciones de fase en estado sólido

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>1: Configuraciones Estructurales</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreta la interrelación entre la estructura y propiedades de los materiales para diferenciarlos e identificarlos.</li> </ul> <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la dirección de los átomos y planos cristalográficos, así como las familias de las direcciones y planos.</li> <li>Investigar la clasificación de las imperfecciones cristalinas para entender los mecanismos de deformación en las estructuras cristalinas.</li> <li>Comprender los mecanismos de difusión básicos en estado sólido.</li> <li>Investigar tres materiales que correspondan a los sistemas cristalinos.</li> <li>Investigar por equipos los materiales que presentan cambios estructurales alotrópicos.</li> </ul>
<b>2: Propiedades Generales de los Materiales</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce las propiedades físicas, mecánicas, eléctricas, químicas, térmicas y magnéticas de los materiales para clasificarlos.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender las diferentes propiedades de los materiales mediante ensayos de laboratorio para su clasificación y selección.</li> <li>Definir correctamente los conceptos de: propiedades físicas, químicas, mecánicas, eléctricas, térmicas y magnéticas.</li> <li>Realizar prácticas de laboratorio para identificar y evaluar las propiedades mecánicas de distintos materiales.</li> <li>Elaborar reportes de práctica.</li> </ul>
<b>3: Materiales cerámicos, polímeros, compuestos y metálicos.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>



<p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce los principios básicos del proceso de obtención de los materiales para identificar las principales familias de los materiales.</li> </ul> <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza una investigación por equipo y discute en grupo los resultados obtenidos.</li> <li>Investiga la clasificación de aceros, hierros, cerámicos, polímeros y compuestos en función de su composición química y propiedades mecánicas.</li> <li>Busca tablas de composición química y propiedades mecánicas de los materiales para ver sus diferencias.</li> </ul>
<b>4: Metales y Aleaciones no Ferrosas</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Describe las principales características y usos de los materiales no ferrosos más importantes para su identificación.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de organizar, y planificar el tiempo.</li> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza investigación bibliográfica de las propiedades y microestructuras características de las aleaciones base aluminio, cobre, titanio y níquel</li> <li>Realiza la discusión grupal de las aleaciones no ferrosas</li> <li>Ejecuta prácticas de laboratorio para evaluar las propiedades de las aleaciones no ferrosas mencionadas.</li> </ul>
<b>5: Fundamentos de tratamientos térmicos</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce los fundamentos del diagrama de equilibrio Fe-C, así como lo que respecta a las fases microestructurales posibles, además de utilizar los fundamentos térmicos de los materiales más utilizados industrialmente para entender el comportamiento de las propiedades.</li> </ul> <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudia los diferentes tratamientos térmicos convencionales y termoquímicos de los aceros.</li> <li>Realiza tratamientos térmicos para diferenciarlos.</li> <li>Investiga las fases microestructurales generadas por los tratamientos térmicos mencionados.</li> <li>Describe los diferentes microconstituyentes de los aceros.</li> <li>Realiza una investigación individual de la regla de fases.</li> <li>Investiga y explica por equipo, la secuencia de construcción para un ejemplo real de un material de dos componentes solubles en estado líquido y parcialmente soluble en estado sólido.</li> <li>Realiza una visita para investigar la aplicación de los diagramas de fase en la industria metalúrgica y metal mecánica.</li> <li>Explica los diagramas TTT y CCT para las transformaciones fuera del equilibrio.</li> </ul>



- Describe los factores que afectan los diagramas TTT y CCT.

## 8. Prácticas

- Ensayo de tensión en polímeros, metales y materiales compuestos
- Pruebas de dureza
- Ensayo de impacto en materiales
- Tratamientos térmicos de temple-revenido, recocido y cementado
- Análisis microestructural mediante microscopía óptica de materiales tratados térmicamente

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de las competencias 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.

Proyectos propuestos:

1. Elaboración de un grupo de muestras patrón de materiales usados en la industria aeronáutica con información técnica.
2. Caracterización de materiales física, química, microestructural y mecánicamente.

## 10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser formativa y continua por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje. Los instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje son:
- Investigación documental de temas a través ensayos.
- Elaboración de informes y reportes de prácticas mediante un portafolio de evidencias.
- Presentación de resultados de prácticas de laboratorio mediante reportes
- Trabajo individual realizado por el estudiante a través de rubrica.
- Trabajo en equipo mediante mapa conceptual.
- Participación en clase y en el laboratorio a través de lista de cotejo.



## 11. Fuentes de información

- Shackelford J.F. (2005); Ciencia de materiales para ingenieros. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana; México.
- Askeland D. (2004); Ciencia e ingeniería de los materiales. Ed. grupo editorial Iberoamericana; México.
- Avner S.H. (1988); Introducción a la metalurgia física. 2ª Ed. McGraw-Hill; México.
- Chandler H. (2010); Heat treater's guide: practices and procedures for irons and steels; 2<sup>nd</sup> Ed.; ASM International, USA.
- ASTM E 3; (2001); Standard guide for preparation of metallographic specimens. ASTM International, USA.
- ASTM E 384; (2005); Standard test method for microindentacion hardness of materials. ASTM International, USA.
- ASTM E8M; (2004) Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International, USA.
- ASTM E23M; (2006); Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials; ASTM International; USA.
- Van Vlack, L.H. Tecnología de materiales. Ed. Representaciones y servicios de Ingeniería.
- V. B. John. Conocimientos de materiales en ingeniería. Ed. Gustavo Gill, S. A.
- Guliaev. Metalografía. Moscú. Ed Mir.
- Flin R.A. Trojan P.K. Materiales de ingeniería y sus aplicaciones. Ed. Mc Graw Hill, México.
- Thornton P.A. Colangelo V.J. Ciencia de Materiales para Ingeniería. Ed. Prentice - Hall Hispanoamericana.