



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	CAE Aplicado a la Aeronáutica
<b>Clave de la asignatura:</b>	AOC-1305
<b>SATCA:</b>	2-2-4
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Aeronáutica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La asignatura aporta las bases teóricas del método del elemento finito para simulación de esfuerzos y deformaciones en componentes de un sistema aeronáutico bajo cargas estáticas, dinámicas, térmicas y aerodinámicas. La comprensión de los conceptos permite al estudiante el uso eficiente del software de ingeniería asistida por computadora (CAE) y a partir de los resultados computacionales; definir y seleccionar formas, dimensiones y materiales de componentes o sistemas aeronáuticos.

- Comunica de manera asertiva las ideas para los diferentes niveles o ámbitos laborales, reconociendo sus responsabilidades éticas y morales de forma profesional en situaciones en donde se deba considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto económico global, ambiental y social.
- Reconoce la necesidad permanente de educación continua para evaluar, integrar y aplicar los conocimientos adquiridos en el ámbito aeronáutico.
- Colabora efectivamente en equipos de trabajo que establecen metas, planes, tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos y oportunidades para los distintos proyectos aeronáuticos multidisciplinares.
- 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.
- Diseña y desarrolla sistemas, partes, componentes y procesos aplicados en la industria aeronáutica, mediante el uso de herramientas matemáticas, físicas, experimentales y computacionales cumpliendo con las regulaciones de calidad vigentes
- Evalúa el comportamiento y desempeño de sistemas, componentes, partes y materiales mediante la experimentación para analizar y establecer conclusiones a través de equipo especializado para el sector aeronáutico

### Intención didáctica

La asignatura consta de seis temas que permiten al estudiante interpretar los resultados computacionales de software de ingeniería asistida por computadora (CAE).

En el tema uno se introduce al concepto y fundamentos matemáticos del método del elemento finito.

En el tema dos se desarrollan métodos a elementos y estructuras sometidos a cargas estáticas puntuales y distribuidas. A partir de este tema es necesario el uso de software CAE.

En el tema tres el estudiante utiliza las herramientas de un software CAE para el análisis de vibraciones y sus efectos sobre el sistema, así como sobre los materiales.

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



En el tema cuatro se aplican las herramientas computacionales para analizar a partir de la teoría esfuerzo deformación el comportamiento de los materiales al ser expuestos a diferentes tipos de flujo, en este tema se aborda el fenómeno de sustentación y arrastre.  
El tema cinco corresponde a la aplicación del CAE en el análisis de fenómenos relacionados con la transferencia de calor y sus efectos en sistemas aeronáuticos.  
Se sugiere el uso de materiales audiovisuales y el uso del laboratorio de termofluidos.

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

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones</b>
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 Potosí, 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: Superiores de Ecatepec	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, Tijuana, Superior de Irapuato, Veracruz, Boca del Río, Tepic y 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. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica la teoría de elementos finitos en cálculo de esfuerzos y deformaciones en elementos y estructuras aeronáuticas.</li> <li>• Maneja las herramientas de un software CAE para el análisis de elementos y sistemas aerodinámicos y es capaz de modificar formas, dimensiones y materiales.</li> </ul>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantear y resolver problemas que requieren del concepto de función de una variable para modelar y de la derivada para resolver.</li> <li>• Resolver problemas de cálculo de áreas, centroides, longitud de arco y volúmenes de sólidos de revolución. · Reconocer el potencial del Cálculo integral en la ingeniería.</li> <li>• Identificar, modelar y manipular sistemas dinámicos para predecir comportamientos, tomar decisiones fundamentadas y resolver problemas. · Integrar los conceptos construidos en su periodo de formación matemática y vincularlos con los contenidos de las asignaturas de la ingeniería en estudio.</li> <li>• Analiza y resuelve problemas de equilibrio de partículas y cuerpo rígido tanto en dos como tres dimensiones para identificar el comportamiento de los elementos mecánicos bajo la acción de cualquier tipo de carga.</li> <li>• Aplica las leyes de la Termodinámica a los sistemas de la industria aeronáutica donde ocurren conversiones de energía para cuantificar su comportamiento bajo diferentes condiciones operativas en términos de la eficiencia térmica o el coeficiente de realización.</li> <li>• Comprender, modelar y aplicar las leyes y teorías del movimiento de partículas y cuerpos rígidos. Para su posterior aplicación a las asignaturas de la carrera de Ingeniería Mecánica.</li> <li>• Aplica las leyes y principios que rigen el comportamiento de los fluidos para el análisis de fenómenos orientados a la solución de problemas en ingeniería aeronáutica</li> <li>• Determina esfuerzos y deformaciones que afecta el comportamiento del material en elementos mecánicos sujetos a carga simple y combinada.</li> <li>• Determina esfuerzos y deformaciones que afectan el comportamiento de los elementos estructurales sometidos a diversas condiciones de carga.</li> <li>• Aplica los conocimientos fundamentales de los mecanismos de transferencia de calor así como las herramientas matemáticas y de computación necesarias en el análisis y simulación de procesos de intercambio de calor; para proporcionar las bases del diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas térmicos.</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a CAE	1.1. Aplicación de los métodos numéricos. 1.2. Ecuaciones no lineales de una variable. 1.2.1. Búsqueda de valores iniciales. Tabulación y graficación. 1.2.2. Métodos cerrados y abiertos 1.3. Interpolación lineal. 1.4. Polinomio de interpolación y aplicaciones 1.5. Uso de herramientas computacionales.
2	Bases del elemento finito	2.1 Mallado. 2.2 Condiciones iniciales. 2.3 Cargas.
3	Simulación y análisis estático y dinámico	3.1. Análisis estático 3.1.1. Esfuerzos y deformación 3.1.2. Cargas puntuales. 3.1.3. Esfuerzo y deformaciones por cargas distribuidas. 3.1.4. Esfuerzos combinados. 3.2. Análisis Dinámico

		3.2.1. Análisis de estructuras. 3.2.2. Vibraciones Mecánicas. 3.2.3. Resonancia y armónicas. 3.3. Análisis de fatiga.
4	Simulación de flujo.	4.1. Flujo interno. 4.2. Flujo externo. 4.3. Recipientes a presión.
5	Simulación de transferencia de calor.	5.1. Sistemas de conducción. 5.2. Sistemas de convección. 5.3. Sistemas de radiación.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>1. Introducción a CAE</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce los conceptos básicos de los métodos numéricos para su implementación en programas de computadora.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar investigación documental del uso de métodos numéricos en ingeniería aeronáutica presentando un informe documental de casos prácticos.</li> <li>Resolver ejemplos para calcular errores de aproximación, realizando talleres en clase.</li> <li>Elaborar un informe escrito del desarrollo de solución de problemas resueltos en extraclase.</li> <li>Diseñar un programa de computadora para resolver funciones a través de series.</li> </ul>
<b>2. Bases del elemento finito.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica las herramientas de software CAE al análisis de elementos bajo cargas estáticas, concentradas y distribuidas para la interpretación de los resultados.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionarse con el ambiente de trabajo de un software CAE mediante la revisión de manuales y tutoriales.</li> <li>Localizar y manejar las herramientas básicas de un software CAE.</li> <li>Emplear un software CAE para el cálculo de fuerzas de reacción, deformación y esfuerzos en elementos mecánicos individuales, sometido a cargas concentradas y distribuidas.</li> <li>Proponer diversos materiales, observar sus efectos y obtener conclusiones.</li> <li>Emplear un software CAE para el cálculo de fuerzas de reacción, deformación y esfuerzos en elementos mecánicos individuales, modificando formas y dimensiones.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los efectos de cambio de formas y dimensiones y obtener conclusiones.</li> <li>• Emplear un software CAE para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructuras. Analizar los efectos de cambio de materiales, formas y dimensiones. Obtener conclusiones.</li> </ul>
<b>3. Simulación y análisis estático y dinámico.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica las herramientas de software CAE al análisis de elementos, para ver los resultados.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar y manejar las herramientas básicas de un software CAE para el análisis de vibraciones.</li> <li>• Emplear un software CAE para el cálculo de frecuencias y amplitudes en elementos mecánicos individuales, sometidos a una carga dinámica de frecuencia constante, analizar los resultados. Proponer diversos materiales y dimensiones y observar sus efectos en la magnitud de los esfuerzos que se generan.</li> <li>• Analizar este caso variando la frecuencia hasta provocar resonancia y elaborar conclusiones.</li> <li>• Emplear un software CAE para el cálculo de frecuencias y amplitudes en estructuras aeronáuticas, sometidas a cargas dinámicas de frecuencia variable, analizar los resultados. Proponer diversos materiales y dimensiones y observar sus efectos.</li> <li>• Analizar casos variando la frecuencia hasta provocar resonancia y elaborar conclusiones.</li> </ul>
<b>4. Simulación de flujo.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica las herramientas de software CAE al análisis de fluidos internos y externos para la interpretación de los resultados del software.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar las herramientas básicas de un software CAE para el análisis de fluidos.</li> <li>• Proponer cambios en las propiedades físicas de los fluidos y las características geométricas de los sólidos que interactúan y analizar sus efectos. Obtener conclusiones.</li> <li>• Proponer cambios en las propiedades físicas de los fluidos y las características geométricas de los sólidos que interactúan y analizar sus efectos. Obtener conclusiones.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	
<b>5. Simulación transferencia de calor.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica las herramientas de software CAE al análisis de transferencia de calor en elementos y sistemas aeronáuticos para interpretar los resultados del software.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar las herramientas básicas de un software CAE para el análisis térmico.</li> <li>• Usar las herramientas de software CAE para analizar y resolver problemas de ingeniería aeronáutica que involucran el fenómeno de transferencia de calor por convección, radiación y convección combinada con radiación.</li> <li>• Proponer cambios en las propiedades físicas de los fluidos y sólidos que interactúan y analizar sus efectos en el fenómeno en estudio. Elaborar conclusiones.</li> <li>• Proponer cambios en las geometrías y dimensiones de los elementos sólidos involucrados en el fenómeno térmico y analizar su efecto. Elaborar conclusiones.</li> </ul>

### 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción al ambiente CAE.</li> <li>• Localización y manejo de las herramientas CAE para análisis estático.</li> <li>• Cálculo de esfuerzos y deformaciones en elementos individuales sometidos a cargas puntuales y distribuidas.</li> <li>• Cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructuras aeronáuticas sometidos a cargas puntuales y distribuidas.</li> <li>• Herramientas del software CAE para la elaboración de Informes.</li> <li>• Localización y manejo herramientas del software CAE para análisis de vibraciones.</li> <li>• Cálculo de frecuencias y amplitudes en sistemas aeronáuticos sometidos a vibraciones.</li> <li>• Cálculo de esfuerzos en elementos de sistemas aeronáuticos sometidos a vibraciones.</li> <li>• Análisis del fenómeno de resonancia en sistemas aeronáuticos.</li> <li>• Localización y manejo herramientas del software CAE para análisis de fluidos.</li> <li>• Aplicación de las herramientas del CAE en el cálculo de velocidades en perfiles aerodinámicos.</li> <li>• Aplicación de las herramientas del CAE en el cálculo de fuerzas de sustentación y arrastre.</li> <li>• Análisis de recipientes a presión.</li> <li>• Localización y manejo herramientas del software CAE para análisis térmico.</li> <li>• Aplicación de las herramientas del CAE en el cálculo de temperaturas en elementos aeronáuticos.</li> <li>• Aplicación de las herramientas del CAE en el cálculo de esfuerzos térmicos en sistemas aeronáuticos.</li> </ul>
---

## 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 y el 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 y el 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

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Evaluación escrita para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reporte de prácticas realizadas en software CAE.
- Portafolio de evidencias
- Rubricas
- Cuestionarios

## 11. Fuentes de información

- Bathe K. J. (1996), *Finite Element Procedures*, Ed. Prentice-Hall.
- Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., (1996), *The Finite Element Method Vol. 1, The Basis*, Ed. Butterworth-Heinemann.
- Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., (2000), *The Finite Element Method. Vol. 2 Solid Mechanics*.Ed. Butterworth-Heinemann.
- Chappelle D., Bathe K. J., (2003), *The Finite Element Analysis of Shells – Fundamentals*, Ed. Springer.
- Rubio, G.C. (2010). *Método del elemento finito fundamentos y aplicaciones*. Ed. Autor-Editor
- Oñate E. (1992). *Cálculo de estructuras por el método de los elementos Finitos*. Barcelona. Ed. C.I.M.N.E.
- Gómez, S. (2012). *El gran libro de solidworks*. Ed. Alfaomega.
- Gómez, S. (2010). *Solid Works simulation*. Ed. Alfaomega.



- 9. Gutierrez, O.R., Viñado E. L., Pascual, A.E. (2010), *Solid Edge ST Tradicional y Sincrono*. Ed. RA-MA.
- 10. Unigraphics Solution Inc. (2001). *Introducción a Solid Edge Manual de Usuario*
- 11. Leire G. O. (2010), *Manual práctico de solid edge ST2*. Ed. Servicios Informáticos DAT.
- 12. Vázquez A. J.A. (2012), *Análisis y diseño de piezas con CATIA V5*. Ed. Alfaomega.
- Atkinson, Kendall. *Elementary Numerical Analysis*. John Wiley.
- 13 Chapra, Steven C. *Método Numéricos para Ingenieros*. McGraw – Hill, 2006.
- 14 Luthe, Olivera, Schutz. *Métodos Numéricos*. Limusa, 1986.
- 15 Mathews, John H. & Fink, Kurtis D. *Métodos Numéricos con Matlab*. Prentice – Hall.
- 16 Keller, Howard. *Mastering Mathcad*. McGraw – Hill.
- 17 Nakamura, Shoichiro. *Métodos Numéricos Aplicados con Software*. Prentice – Hall, 1992.
- 18 The Student Edition of Matlab 5. Prentice – Hall.