

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Análisis de Vibraciones
<b>Clave de la asignatura:</b>	AOF-1303
<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 aplicar herramientas matemáticas y computacionales para elaborar, solucionar y analizar modelos relacionados con las vibraciones mecánicas.

La asignatura integra el conocimiento para determinar las frecuencias naturales de distintos sistemas mecánicos. Proponiendo una especial atención en las frecuencias naturales de sistemas de un grado de libertad ya que estos conocimientos son la base para realizar un adecuado diagnóstico de fallas en equipos rotativos, estructuras y mecanismos presentes en distintos equipos mecánicos.

Esta asignatura se encuentra ubicada en el sexto semestre del plan de estudios, por lo que se puede considerar que las competencias adquiridas en ella den soporte a temas avanzados en el área de la dinámica de sistemas mecánicos y en la realización de planes adecuados de mantenimiento.

### Intención didáctica

El contenido del programa está dividido en cinco temas principales, además de proponer una serie de prácticas para lograr la mejor asimilación de los conocimientos e incrementar de esta forma la calidad del proceso de enseñanza aprendizaje.

El tema uno abarca los conceptos fundamentales de vibraciones mecánicas, tales como frecuencia natural, frecuencias de resonancia, elementos de masa, inercia y amortiguamiento, así como la modelación matemática de cada uno de estos componentes.

El tema dos abarca el estudio de los sistemas mecánicos de un grado de libertad sometidos a vibración libre con y sin amortiguamiento.

El tema tres presenta el estudio de distintos sistemas mecánicos de un grado de libertad

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

sometidos a excitación armónica y excitación periódica.

El tema cuatro trata sobre el balanceo estático y dinámico de rotores y elementos rotativos, así como las tolerancias que estos pueden tener para lograr un funcionamiento adecuado.

Finalmente el tema cinco estudia los sistemas de dos grados de libertad, los cuales son la base para comprender sistemas de más grados de libertad.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables, además de datos relevantes. Así mismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente busque sólo guiar a sus estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar, para que aprendan a planificar, que no planifique el docente todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias; se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el estudiante se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

Se deja como recomendación incluir durante el desarrollo de la asignatura, la resolución de problemas de libros o la lectura de artículos técnicos relacionados con los temas de la misma que estén escritos en inglés, para que el estudiante se familiarice con los términos técnicos de la misma y mejore la comprensión y el manejo de un segundo idioma.

El docente que imparta la materia debe propiciar casos de estudios lo más apegado a los problemas que el estudiante puede enfrentar durante su vida profesional, dejando de lado los problemas poco realistas.

Se propone que los problemas sean resueltos también mediante la utilización de un software de análisis matemático.

### 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: Irapuato, Chihuahua	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.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Modela y analiza sistemas mecánicos oscilatorios para determinar y analizar sus características dinámicas.

### 5. Competencias previas

- Aplicación de los métodos para la solución de ecuaciones diferenciales de segundo orden.
- Aplicación de los métodos para la resolución de sistemas de ecuaciones lineales
- Elaboración de diagramas de cuerpo libre para realizar la correcta formulación de los modelos matemáticos
- Utilizar las herramientas de cálculo digital para la solución de la modelación matemática y la simulación de problemas de ingeniería (Matlab, Maple, Mathcad, Matematica).
- Aplicación de las leyes de Newton para la modelación matemática de sistemas mecánicos.
- Aplicación de los conceptos de análisis dinámico tanto cinemático como cinético para realizar la modelación matemática de sistemas mecánicos
- Aplicación del concepto de grados de libertad para determinar el número de grados de libertad de sistemas mecánicos

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos fundamentales de vibraciones	1.1 Clasificación de las vibraciones 1.2 Elementos de rigidez 1.3 Elementos de inercia 1.4 Elementos de amortiguamiento 1.5 Movimiento armónico
2	Vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad.	2.1 Vibración libre de un sistema no amortiguado en translación 2.2 Vibración libre de un sistema no amortiguado en torsión 2.3 Método de Rayleigh 2.4 Vibración libre con amortiguamiento viscoso
3	Vibraciones de sistemas de un grado de libertad con excitación	3.1 Sistemas no amortiguados con excitación armónica 3.2 Sistemas amortiguados con excitación armónica 3.3 Sistemas amortiguados con excitación armónica en la base 3.4 Sistemas amortiguados bajo la acción de un desbalance rotatorio 3.5 Aislamiento de vibración 3.6 Respuesta de sistemas excitados por fuerzas periódicas.
4	Balanceo de elementos rotativos.	4.1 Conceptos de desbalance, rotor rígido, flexible y su tolerancia.

		<p>4.2 Balanceo estático.</p> <p>4.3 Balanceo dinámico en uno y dos planos</p> <p>4.4 Tolerancia de desbalance.</p>
5	Sistemas de dos grados de libertad.	<p>5.1 Ecuaciones de movimiento de vibración forzada</p> <p>5.2 Análisis de vibración libre de un sistema no amortiguado</p> <p>5.3 Sistema de torsión</p> <p>5.4 Análisis de vibración forzada</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Conceptos fundamentales de vibraciones	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica:</b> Aplica los conceptos de vibraciones mecánicas utilizando distintos métodos matemáticos para la resolución de problemas del movimiento armónico.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación y exponer en clases los distintos tipos en los que se puede clasificar las vibraciones mecánicas, complementándola con videos donde se muestre el fenómeno de las vibraciones.</li> <li>• Resolver problemas donde se utilicen elementos de rigidez conectados en serie y en paralelo</li> <li>• Resolver problemas para determinar la masa equivalente de un sistema</li> <li>• Resolver problemas donde se utilicen elementos de amortiguamiento conectados en serie y en paralelo</li> <li>• Realizar una investigación sobre los conceptos que intervienen en el modelado de sistemas armónicos</li> <li>• Utilizar la serie de Fourier en la resolución de problemas</li> <li>• Exponer en clase los efectos del fenómeno de resonancia</li> </ul>
2: Vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad.	
Competencias	Actividades de aprendizaje

<p><b>Específica:</b> Resuelve problemas de sistemas mecánicos con un grado de libertad en vibración libre amortiguados y no amortiguados para la determinación de la frecuencia natural del sistema.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación sobre el estudio de las vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad y sus aplicaciones</li> <li>• Realizar una investigación donde se presenten ejemplos que puedan ser considerados como sistemas mecánicos sometidos a vibración libre</li> <li>• Resolver problemas de sistemas mecánicos no amortiguados en vibración libre sujetos a translación</li> <li>• Resolver problemas de sistemas mecánicos no amortiguados en vibración libre sujetos a torsión</li> <li>• Utilizar el método de Rayleigh para la resolución de problemas de sistemas de un grado de libertad en vibración libre.</li> <li>• Realizar una investigación de los distintos modos de amortiguamiento que existen.</li> <li>• Resolver problemas de sistemas mecánicos de un grado de libertad con amortiguamiento viscoso</li> </ul>
<p>3. Vibraciones de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica:</b> Resuelve problemas de sistemas mecánicos con un grado de libertad y excitación armónica para la determinación de la frecuencia natural del sistema.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Habilidades de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar sobre el estudio de las vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica y sus aplicaciones.</li> <li>• Organizar una discusión grupal sobre las teorías, métodos y aplicaciones relacionadas.</li> <li>• Exponer en clase ejemplos de las distintas formas de excitación que existen.</li> <li>• Resolver problemas de sistemas no amortiguados con excitación armónica</li> <li>• Resolver problemas de sistemas amortiguados con excitación</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<p>armónica en la base.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolver problemas de sistemas amortiguados excitados mediante desbalance rotatorio.</li> <li>Resolver problemas de sistemas que sufren excitación periódica.</li> </ul>
<p>4. Balanceo de elementos rotativos.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica): Aplica los principios de balanceo estático y dinámico para lograr el balanceo de elementos rotativos en uno y dos planos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>Solución de problemas</li> <li>Habilidades de investigación</li> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una investigar sobre las técnicas experimentales que existen para el balanceo de elementos rotativos.</li> <li>Realizar una exposición en clase de los conceptos utilizados en el balanceo de elementos rotativos</li> <li>Resolver problemas de balanceo estático</li> <li>Resolver problemas de balanceo dinámico en uno y dos planos</li> <li>Realizar una investigación de las tolerancias utilizadas en el balanceo de elementos rotativos.</li> </ul>
<p>5. Sistemas de dos grados de libertad.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica: Analiza sistemas mecánicos de dos grados de libertad para determinar su frecuencia natural.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>Solución de problemas</li> <li>Habilidades de investigación</li> <li>Habilidad para trabajar en forma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una exposición en donde se muestre como afecta el número de grados de libertad con los cuales se modela un sistema</li> <li>Obtener las ecuaciones de movimiento de vibración forzada de un sistema de dos grados de libertad.</li> <li>Resolver problemas de vibración libre de un sistema no amortiguado con dos grados de libertad</li> <li>Resolver problemas de sistemas sometidos a torsión con dos grados de libertad</li> <li>Resolver problemas de sistemas en</li> </ul>

autónoma	vibración forzada con dos grados de libertad
----------	--

## 8. Práctica(s)

1. Conocer el equipo existente para la medición de las vibraciones mecánicas.
2. Mediante la utilización de un péndulo simple realizar la medición de la gravedad de la localidad.
3. Realizar la medición de la constante de rigidez de un resorte
4. Realizar un barrido de frecuencias para determinar la frecuencia natural de un sistema
5. Analizar las vibraciones torsionales de un sistema no amortiguado.
6. Determinar el amortiguamiento de un sistema.
7. Observar el fenómeno de la resonancia y determinar su frecuencia para un sistema de amortiguamiento despreciable.
8. Realizar el balanceo de un rotor para reducir la vibración por debajo del nivel de tolerancia.

## 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

1. Rúbrica.
2. Mapa funcional.
3. Portafolio de evidencia.
4. Encuesta.
5. Examen escrito

## 11. Fuentes de información

1. Thomson W., Dillon M., (1997), Theory of Vibration with Applications, Prentice Hall, Fifth Edition, Estados Unidos.
2. Rao S.,(2010) Mechanical Vibrations, Fifth Edition, Prentice Hall, Estados Unidos.
3. Graham Kelly, (2011), Mechanical Vibrations: Theory and Applications, First Edition, CL Engineering
4. Mabie H. (1987) Mechanisms and Dynamics of Machinery, Wiley, fourth edition, Estados Unidos.