

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Vibraciones Mecánicas
Clave de la asignatura:	AED-1067
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecánico y Mecatrónico, la capacidad de aplicar herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales en la solución de problemas relacionados con las vibraciones. Para formular modelos, analizar y elaborar prototipos mecánicos y mecatrónicos.

Formular, evaluar, administrar proyectos de diseño, manufactura, diagnóstico, instalación, operación, control y mantenimiento de sistemas en los cuales se involucren las vibraciones mecánicas.

Crear, innovar, transferir y adaptar tecnologías en el campo de las vibraciones mecánicas, con actitud emprendedora y de liderazgo, respetando los principios éticos y valores universales, ejerciendo su profesión de manera responsable en un marco legal.

Participar en proyectos tecnológicos y de investigación científica con el objetivo de restituir y conservar el medio ambiente para propiciar un desarrollo sustentable.

Aplicar sus conocimientos, habilidades y aptitudes para cursar estudios de posgrado en diseño mecánico y/o mecatrónico.

Para integrarla, se ha hecho un análisis del campo de la física, identificando los temas de vibraciones mecánicas que tienen una mayor aplicación en el quehacer profesional de este ingeniero.

Puesto que esta asignatura dará soporte a otras, más directamente vinculadas con desempeños profesionales; se inserta en el sexto semestre de la trayectoria reticular. De manera particular, se aplica en el estudio de los temas: movimiento armónico, vibraciones libres con uno y varios grados de libertad, excitación armónica libre y forzada, y el balanceo de rotores entre otros.

Se relaciona con las materias de Diseño Mecánico I para Ingeniería Mecánica y Diseño de Elemento Mecánicos de Ingeniería Mecatrónica y Mantenimiento para ambas carreras, en el diseño de ejes por velocidad crítica y aplicación de conceptos como medición, análisis, diagnóstico, y balanceo de rotores, respectivamente, desarrollando competencias de los temas anteriores.

Esta asignatura aporta al perfil de los Ingenieros Mecánicos y Mecatrónicos la capacidad de utilizar los diferentes instrumentos de medición de las vibraciones para analizar y conocer las diferentes patologías

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

de fallas comunes en equipos mecánicos y mecatrónicos analizando la forma de onda en el tiempo y el espectro en el dominio de la frecuencia para el control de la vibración.

Intención didáctica

Se organiza el temario, en cinco temas, tratando los contenidos conceptuales de la asignatura en la parte inicial de cada tema; se incluyen problemas de aplicación, reforzando los conceptos a través de prácticas que realizan los propios estudiantes con la guía del facilitador.

Se abordan los conceptos básicos de vibraciones mecánicas al comienzo del curso buscando una visión de conjunto de este campo. Al estudiar cada tema, tales como grado de libertad, movimiento armónico y su representación fasorial; aplicación de las Series de Fourier al movimiento armónico, se incluyen los conceptos involucrados con ellos, para hacer un tratamiento más significativo, oportuno e integrado de dichos conceptos.

En el segundo tema se inicia caracterizando las relaciones constitutivas de los elementos resorte, inercia y amortiguador, para dar una visión de conjunto del sistema característico y precisar luego el estudio de sus variables mecánicas y sus relaciones; posteriormente, se aplican diversos métodos de solución para determinar la frecuencia natural y determinación de la masa efectiva.

En el tercer tema se trata el análisis de sistemas sujetos a fuerzas armónicas externas, desbalanceo y cabeceo de flechas rotatorias, excitación armónica en la base y aislamiento e instrumentos de medición de vibraciones.

En el cuarto tema se analiza lo relacionado con el balanceo de rotores y elementos rotativos. Tratándose los conceptos de: desbalance, rotor rígido y flexible. Los diferentes métodos de balanceo, así como también lo referente a las tolerancias.

En el quinto tema, se mencionan los sistemas de vibraciones de modo normal con varios grados de libertad, el acoplamiento de sus coordenadas, sus propiedades ortogonales y la matriz modal para encontrar la solución del sistema. Se añaden los temas de vibración forzada y absorción de vibraciones.

Se sugiere una actividad integradora, que permita aplicar los conceptos estudiados. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en asignaturas posteriores.

El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, 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, lo que proporciona la oportunidad de conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el facilitador busque sólo guiar a sus estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico de Aguascalientes del 15 al 18 de junio de 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Acapulco, Aguascalientes, Apizaco, Boca Río, Celaya, Chetumal, Chihuahua, Chilpancingo, Chiná, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Victoria, Colima, Comitán, Cautla, Durango, El Llano de Aguascalientes, Huixquilucan, Valle Bravo, Guaymas, Huatabampo, Huejutla, Iguala, La Laguna, La Paz, La Zona Maya, León, Lerma, Linares, Los Mochis, Matamoros, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Puebla, Querétaro, Reynosa, Roque, Salina Cruz, Saltillo, San Luis Potosí, Tehuacán, Tepic, Tijuana, Tlaxiaco, Toluca, Torreón, Tuxtepec, Valle de Oaxaca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas, Zacatepec, Altiplano de Tlaxcala, Coatzacoalcos, Cuautitlán Izcalli, Fresnillo, Irapuato, La Sierra Norte Puebla, Macuspana, Naranjos, Pátzcuaro, Poza Rica, Progreso, Puerto Vallarta, Tacámbaro, Tamazula Gordiano, Tlaxco, Venustiano Carranza, Zacapoaxtla, Zongólica y Oriente del Estado Hidalgo.</p>	<p>Elaboración del programa de estudio equivalente en la Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Morelia del 10 al 13 de septiembre de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, CRODE</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Asignaturas Equivalentes del SNIT.</p>

	<p>Celaya, Cerro Azul, Chihuahua, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Hidalgo, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Valles, Coacalco, Colima, Iguala, La Laguna, Lerdo, Los Cabos, Matamoros, Mérida, Morelia, Motúl, Múzquiz, Nuevo Laredo, Nuevo León, Oriente del Estado de México, Orizaba, Pachuca, Progreso, Purhepecha, Salvatierra, San Juan del Río, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tepic, Tlatlauquitpec, Valle de Morelia, Venustiano Carranza, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p>	
--	---	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

Modela sistemas mecánicos oscilatorios para determinar sus características y comportamiento dinámico y aplicar técnicas de: balanceo dinámico de maquinaria, medición, uso de instrumentos y software para el análisis de vibraciones.

5. Competencias previas

- Utiliza conocimientos disciplinares (Ecuaciones diferenciales, algebra lineal, Transformadas de Laplace, Mecanismos, Métodos numéricos) para la solución de problemas.
- Analiza reacciones y esfuerzos en sistemas mecánicos y mecatrónicos para su modelado.
- Utiliza las herramientas de cálculo digital para la modelación matemática y la simulación de problemas de ingeniería (Matlab, Maple, Mathcad, Matematica).
- Identifica, plantea y aplica conocimientos para la resolución de problemas reales en la práctica.
- Analiza y formula proyectos de productos o sistemas mecánicos atendiendo todos los requerimientos para su operación en base a criterios de ingeniería.
- Comprende las propiedades de los materiales de las partes, componentes del producto o sistema mecánico de acuerdo con los requerimientos de diseño y construcción.
- Aplica métodos numéricos a la solución de problemas matemáticos.
- Analiza la cinemática de mecanismos para determinar las variables del movimiento armónico.
- Identifica los grados de libertad en los sistemas Mecánicos y Mecatrónicos para su modelado.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Cinemática de la vibración	1.1 Grados de libertad. 1.2 Movimiento armónico y su representación. 1.2.1 Uso de fasores para la suma, resta, multiplicación y división. 1.3 Serie de Fourier. 1.3.1 Método analítico 1.3.2 Método analítico 1.3.3 Método numérico 1.4 Aplicación del análisis armónico 1.5 Análisis espectral en el dominio del tiempo y la frecuencia.
2	Vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad	2.1 Relaciones constitutivas del elemento resorte, inercia y amortiguador. 2.2 Método de las fuerzas para el análisis de sistemas. 2.3 Método de la energía para sistemas sin amortiguamiento. 2.4 Masa efectiva. 2.5 Amortiguamiento viscoso.
3	Vibraciones de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica	3.1 Análisis de un sistema sujeto a fuerza armónica externa. 3.2 Desbalanceo rotatorio y cabeceo de flechas rotatorias y elementos rotativos. 3.3 Excitación armónica en la base. 3.4 Aislamiento de la vibración. 3.5 Instrumentos de medición de vibración.
4	Balaceo de rotores y elementos rotativos	4.1 Conceptos de desbalance, rotor rígido, flexible y su tolerancia. 4.2 Balanceo estático. 4.3 Balanceo dinámico en uno y dos planos por el método de coeficientes de influencia. 4.4 Tolerancia de desbalance.
5	Sistemas de varios grados de libertad	5.1 Vibración de modo normal para sistemas de dos grados de libertad. 5.2 Acoplamiento de coordenadas. 5.3 Propiedades ortogonales. 5.4 Matriz modal. 5.5 Vibración libre. 5.6 Vibración forzada y absorción de vibraciones.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Cinemática de la vibración	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Utiliza los conceptos de grados de libertad, fasores, movimiento armónico simple y los análisis espectrales para comprender la cinemática de la vibración.</p> <p>Aplica métodos de resolución de series de Fourier para determinar la función a partir de una gráfica.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el estudio de las vibraciones y aplicaciones en diversos medios. • Organizar una discusión grupal acerca de las aplicaciones y diferencias con la dinámica básica. • Resolver problemas relacionados al tema en forma analítica y utilizando software. • Hacer prácticas de laboratorio relacionadas con el tema.
Vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica los métodos de segunda ley de Newton, conservación de la energía y masas equivalentes para determinar la frecuencia natural y las características de amortiguamiento de los sistemas mecánicos sujetos a vibración libre.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Capacidad de comunicación en un segundo idioma • Capacidad de investigación • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el estudio de las vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad y sus aplicaciones. • Discusión grupal de las teorías, métodos y aplicaciones. • Resolver problemas designados para el tema. • Hacer prácticas de laboratorio correspondientes al tema. • Efectuar simulación y modelación numérica mediante el uso de software.

3. Vibraciones de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Determina el desbalanceo rotatorio y cabeceo en flechas rotatorias para calcular las fuerzas y amplitudes de excitación de forma analítica y experimental con instrumentos de medición.</p> <p>Analiza el aislamiento de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica y utiliza instrumentos de medición para obtener las características de la vibración.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Capacidad de investigación • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el estudio de las vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad con excitación armónica y sus aplicaciones. • Organizar una discusión grupal sobre e las teorías, métodos y aplicaciones relacionadas. • Analizar sistemas sujetos a una fuerza armónica externa para determinar las características de la vibración. • Resolver problemas designados para la unidad. • Hacer prácticas de laboratorio correspondientes al tema. • Efectuar simulación y modelación numérica mediante el uso de software.
Balanceo de rotores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica técnicas de balanceo estático y dinámico a los diferentes tipos de rotores y elementos rotativos para caracterizar la vibración.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Capacidad de investigación • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre balanceo de rotores y elementos rotativos y aplicaciones. • Discusión grupal de las teorías, métodos y aplicaciones. • Resolver problemas designados para el tema. • Hacer prácticas de laboratorio correspondientes al tema. • Utilizar software de aplicación. • Exponer temas seleccionados.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	
Sistemas de varios grados de libertad	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y caracteriza sistemas de varios grados de libertad para generar los modelos correspondientes.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Capacidad de investigación • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidad para trabajar en forma autónoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el estudio de sistemas de varios grados de libertad y sus aplicaciones. • Organizar una discusión grupal acerca de las teorías, métodos y aplicaciones. • Resolver problemas designados para la unidad. • Hacer prácticas de laboratorio correspondientes al tema. • Efectuar simulación y modelación numérica mediante el uso de software. •

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Análisis armónico: Conocer el equipo de medición de las vibraciones mecánicas y efectuar un análisis armónico como determinar velocidad angular con tacómetro y lámpara estroboscópica. • Realizar análisis para determinar la frecuencia natural. • Péndulo simple: Demostrar que el período de oscilación de las partículas no depende de la masa sino de la longitud de la cuerda. • Péndulo compuesto: Determinar el momento de inercia de un cuerpo por el método del péndulo compuesto. • Sistema masa-resorte: Determinar la relación constitutiva de resortes, así como su masa efectiva. • Determinación del momento de inercia: Determinar experimentalmente el momento de inercia por el método del cuerpo en caída. • Oscilaciones torsionales de un rotor simple: Analizar las vibraciones torsionales de un sistema no amortiguado. • Vibraciones libres amortiguados de un sistema resorte-masa rígida: Determinar el amortiguamiento de un sistema. • Vibración forzada de un sistema masa resorte sin amortiguamiento: Observar el fenómeno de la resonancia y determinar su frecuencia para un sistema de amortiguamiento despreciable. • Balanceo dinámico en un plano: Reducir la vibración del rotor por debajo del nivel de
--

tolerancia.

- Balanceo dinámico en dos planos: Aplicar el método de balanceo en dos planos para reducir la vibración por debajo del nivel de tolerancia.
- Medición de equipo con diferente cimentación.
- Analizar las diferentes patologías de fallas en base a espectro y formas de onda.

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

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Lista de cotejo o rubrica, por tema.
- Guías de observación.
- Portafolio de evidencias.
- Exposiciones orales.
- Proyectos.
- Exámenes.

11. Fuentes de información

1. Balachandran, B., & Magrab, E. B. (2006). *Vibraciones*. México: Thomson.
2. Inman, D. J. (2014). *Engineering Vibration*. Estados Unidos de América: Pearson Higher Education.
3. Kelly, S. G. (1996). *Schaum's Outline of Mechanical Vibrations*. Estados Unidos de América: McGraw Hill Professional.
4. Kelly, S. G. (2011). *Mechanical Vibration: Theory and Applications*. Estados Unidos de América: Cengage Learning.
5. Lalanne, M., & Ferraris, G. (1998). *Rotordynamics Prediction in Engineering*. Estados Unidos de América: Wiley.

6. Newland, D. E. (2006). *Mechanical Vibration Analysis and Computation*. Estados Unidos de América: Wiley.
7. Rao, S. S. (2011). *Vibraciones mecánicas*. México: Pearson.
8. Thomson, W. T. (1982). *Teoría de Vibraciones*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
9. Thomson, W. T., & Dahleh, M. D. (1997). *Theory of Vibration with Applications*. Estados Unidos de América: Prentice Hall.
10. Weaver, W., Young, D. H., & Timoshenko, S. P. (1990). *Vibration Problems in Engineering*. Estados Unidos de América: Wiley.