

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Fundamentos de Vibraciones
Clave de la asignatura:	NVE-1021
SATCA¹:	3-1-4
Carrera:	Ingeniería Naval

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta un elemento de competencia al perfil profesional del Ingeniero Naval para adquirir las capacidades y habilidades en una competencia profesional:

- Diseña y evalúa vehículos y artefactos marinos para la aplicación de procesos de diseño e ingeniería naval, así como de las normas, reglamentos y códigos pertinentes.

Este elemento de competencia se integra con otros en las unidades de competencia siguientes:

- ✓ Formula procesos y sistemas para aplicar los requerimientos de la arquitectura y de la ingeniería de los productos navales.

El elemento de competencia consiste en el siguiente desempeño específico:

- Especifica las vibraciones de sistemas dinámicos y continuos para la modelación matemática.

Su importancia es relevante en el área de desempeño de ingeniería ya que es una herramienta básica para el análisis y diseño de todas las máquinas y estructuras.

La asignatura consiste en un curso de fundamentos de vibraciones de sistemas dinámicos y continuos donde el énfasis se centra en los métodos de análisis mediante modelación matemática y su solución mediante software.

Tiene como pre-requisito Ecuaciones Diferenciales, está relacionada con Álgebra Lineal, Computación, Dinámica, Dinámica de Vehículos Marinos y Proyecto de Diseño de Vehículos Marinos.

Intención didáctica

Se organiza el temario en cinco temas, delimitando claramente los procedimientos de análisis de sistemas dinámicos y continuos.

El primer tema se subdivide en cuatro subtemas. El primer subtema aborda el estudio de las vibraciones, la modelación matemática, las coordenadas generalizadas, un breve repaso de los principios de dinámica, la clasificación de la vibración, los resortes, los amortiguadores viscosos y, los cuerpos flotantes y sumergidos. El segundo subtema describe el método del diagrama de cuerpo libre, el método de sistemas equivalentes, las vibraciones libres de sistemas no amortiguados de un grado de libertad, vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad con amortiguamiento viscoso, el amortiguamiento de Coulomb, el amortiguamiento de histéresis y, otras formas de amortiguamiento. El

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

tercer subtema trata las ecuaciones diferenciales que rigen las vibraciones forzadas, la respuesta forzada de un sistema sin amortiguamiento debido a una sola excitación de frecuencia, la respuesta forzada de un sistema con amortiguamiento viscoso sujeto a una sola excitación armónica de frecuencia, las excitaciones de frecuencia al cuadrado, la respuesta debido a excitación armónica de soporte, los sistemas con amortiguamiento de Coulomb y de histéresis, las excitaciones de múltiple frecuencia, representación con series de Fourier de funciones periódicas, los instrumentos de medición de vibración sísmica y, la representación compleja. El cuarto subtema discute la derivación de la integral de convolución, las excitaciones cuyas formas cambian en tiempos discretos, el modo transitorio debido a una base de excitación, las soluciones con transformada de Laplace, el espectro de choque y, los métodos numéricos.

El segundo tema se subdivide en tres subtemas. El primer subtema aborda la derivación de las ecuaciones diferenciales usando los principios básicos de dinámica, las ecuaciones de Lagrange, la formulación matricial de las ecuaciones diferenciales para sistemas lineales, los coeficientes de influencia de rigidez, los coeficientes de influencia de flexibilidad y, la modelación de masa globalizada de sistemas continuos. El segundo subtema describe la solución del modo normal, las frecuencias naturales y las formas de modo, la solución general, los casos especiales, los productos escalares de energía, las propiedades de las frecuencias naturales y las formas de modo, las formas normalizadas de modo, el cociente de Rayleigh, las coordenadas principales, la determinación de las frecuencias naturales y las formas de modo, el amortiguamiento proporcional y, el amortiguamiento general viscoso. El tercer subtema trata las excitaciones armónicas, las soluciones de transformada de Laplace, el análisis modal para sistemas sin amortiguamiento y sistemas con amortiguamiento proporcional, el análisis modal para sistemas con amortiguamiento general y, las soluciones numéricas. El tercer tema se subdivide en seis subtemas. El primer subtema aborda las formas en que se puede controlar la vibración y se analizan las dos clases de problemas para aislar la vibración. El segundo subtema describe la teoría general la excitación de frecuencia al cuadrado y, las excitaciones de múltiple frecuencia y periódica general. El tercer subtema trata los aspectos prácticos en el aislamiento de la vibración. El cuarto subtema discute los pulsos de duración corta y de duración larga. El quinto subtema examina los absorbedores sin amortiguamiento, los absorbedores de vibración amortiguada y, los sistemas de múltiples grados de libertad. El sexto subtema trata el sistema auxiliar llamado amortiguador de vibración.

El cuarto tema se subdivide en cinco subtemas. El primer subtema aborda el método general de análisis y las partes del método, la formulación del problema (parte 1), la solución de vibración libre (parte 2) y, la solución de vibración forzada (parte 3). El segundo subtema describe la aplicación del método general de análisis aplicado a las oscilaciones torsionales de un eje circular. El tercer subtema describe la aplicación del método general de análisis aplicado a vibraciones de una viga transversal. El cuarto subtema examina el método de Rayleigh-Ritz. El quinto subtema discute el método del elemento finito, el procedimiento de modos asumidos, el procedimiento general, el elemento de barra, el elemento de viga y, las matrices globales.

El quinto tema se subdivide en seis subtemas. El primer subtema aborda el análisis de las fuentes de no linealidad. El segundo subtema describe el análisis cualitativo de sistemas no lineales. El tercer subtema trata los métodos cuantitativos de análisis. El cuarto subtema proporciona el análisis de vibraciones libres de sistemas de un grado de libertad. El quinto subtema discute el análisis de vibraciones forzadas de sistemas de un grado de libertad con no linealidades cúbicas. El sexto subtema examina el análisis de de sistemas de múltiples grados de libertad para vibración libre y vibración

forzada. El séptimo subtema discute los sistemas continuos.

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 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, 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.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; 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. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero 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.

En el transcurso de las actividades programadas 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.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río, Mazatlán, Pachuca y San Luis Potosí.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.

Instituto Tecnológico de Boca del Río del 26 al 30 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.
Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> Especifica las vibraciones de sistemas dinámicos y continuos para la modelación matemática.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Utiliza los principios y métodos de Ecuaciones Diferenciales para el análisis y modelación de sistemas dinámicos y continuos Utiliza los principios y métodos de Dinámica para el análisis de cuerpos rígidos con movimiento Utiliza las técnicas de Computación para el análisis de problemas de ingeniería
--

6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Sistemas de un grado de libertad.	1.1 Procedimiento de modelación 1.2 Vibración libre de sistemas de un grado de libertad 1.3 Excitación armónica de sistemas de un grado de libertad 1.4 Vibración transitoria de sistemas de un grado de libertad
2	Sistemas de varios grados de libertad.	2.1 Derivación de ecuaciones diferenciales que rigen las vibraciones de sistemas de varios grados de libertad 2.2 Vibración libre de sistemas de varios grados de libertad 2.3 Vibración forzada de sistemas de varios grados de libertad
3	Control de vibración.	3.1 Teoría de aislamiento de vibración 3.2 Teoría de aislamiento de vibración para excitación armónica

		3.3 Aspectos prácticos del análisis de vibración 3.4 Aislamiento de choque 3.5 Absorbedores de vibración dinámica 3.6 Amortiguadores de vibración
4	Vibraciones de sistemas continuos.	4.1 Método general de análisis de vibraciones de sistemas continuos 4.2 Oscilación torsional de un eje circular 4.3 Vibración transversal de vigas 4.4 Métodos de energía 4.5 Método de elemento finito
5	Vibraciones no lineales.	5.1 Fuentes de no linealidad 5.2 Análisis cualitativo de sistemas no lineales 5.3 Métodos cuantitativos de análisis 5.4 Vibración libre de sistemas de un grado de libertad 5.5 Vibración forzada de sistemas de un grado de libertad con no linealidades cúbicas 5.6 Sistemas de múltiples grados de libertad 5.7 Sistemas continuos

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Sistemas de un grado de libertad.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): <ul style="list-style-type: none"> Formula los sistemas de un grado de libertad para analizar las vibraciones. Genéricas: <ul style="list-style-type: none"> Habilidad en identificar, formular y resolver problemas. Destreza para generar análisis y síntesis. Capacidad para usar herramientas computacionales. Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás. Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos. Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> Explicar el proceso de modelación matemática Identificar las coordenadas generalizadas Analizar los principios de la dinámica Identificar la clasificación de las vibraciones Analizar los resortes Comprender el concepto de amortiguadores viscosos Aplicar el proceso de modelación a cuerpos flotantes y sumergidos Definir el concepto de vibración libre Explicar el método del diagrama de cuerpo libre Comprender el método de sistemas equivalentes Entender la vibración libre de sistemas de un grado de libertad sin amortiguamiento Analizar la vibración libre de sistemas de un grado de libertad con amortiguamiento viscoso Explicar el amortiguamiento de Coulomb y sus aplicaciones

	<ul style="list-style-type: none"> • Definir qué es y cómo se aplica el concepto de histéresis de amortiguamiento • Identificar otras formas de amortiguamiento • Definir el concepto de vibración forzada • Desarrollar análisis de ecuaciones diferenciales que rigen la vibración forzada • Comprender la respuesta forzada de un sistema sin amortiguamiento debida a la excitación de una sola frecuencia • Entender la respuesta forzada de un sistema amortiguado viscosamente sujeto a una excitación armónica de una sola frecuencia • Analizar las excitaciones con frecuencias elevadas al cuadrado • Explicar la respuesta debida a la excitación armónica de soportes • Entender los sistemas con amortiguamiento de Coulomb • Comprender los sistemas con amortiguamiento de histéresis • Identificar la excitación debida a varias frecuencias y su tratamiento a través del principio de la superposición lineal • Representar mediante series de Fourier funciones periódicas • Conocer los instrumentos de medición de vibraciones sísmicas • Analizar la aplicación de el álgebra de variable compleja como método alternativo a la solución de ecuaciones diferenciales que rigen la respuesta forzada de los sistemas • Definir el concepto de vibración transitoria • Desarrollar la derivación de la integral de convolución • Entender las excitaciones cuyas formas cambian en tiempo discreto • Comprender el movimiento transitorio debido a una base de excitación • Explicar el método de la transformada de Laplace y cómo se aplica en la obtención de la respuesta de un sistema debida a
--	--

	<p>cualquier excitación</p> <ul style="list-style-type: none"> Entender el concepto de espectro de choque Aplicar métodos numéricos en la solución aproximada de la ecuación diferencial en valores discretos de tiempo
2.- Sistemas de varios grados de libertad.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Formula los sistemas de varios grados de libertad para analizar las vibraciones. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad en identificar, formular y resolver problemas. Destreza para generar análisis y síntesis. Capacidad para usar herramientas computacionales. Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás. Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos. Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> Definir el concepto de sistemas de varios grados de libertad Desarrollar la derivación de ecuaciones diferenciales mediante los principios básicos de la dinámica Explicar cómo se aplica el método de las ecuaciones de Lagrange Formular la matriz de ecuaciones diferenciales para sistemas lineales Entender que los coeficientes de influencia de rigidez proporcionan un medio alternativo para la determinación de los elementos de la matriz de rigidez Comprender que los coeficientes de influencia de flexibilidad son una alternativa conveniente para sistemas con muchos grados de libertad Analizar la modelación de masa globalizada de sistemas continuos Definir el concepto de vibración libre de sistemas de varios grados de libertad Conocer la solución en modo normal y sus suposiciones Analizar las frecuencias naturales y las formas de modo Conocer la solución general y sus aplicaciones Identificar los casos especiales Conocer los productos escalares de energía Identificar las propiedades de frecuencias naturales y formas de modo Conocer las formas de modo normalizado Identificar el cociente de Rayleigh Comprender las coordenadas principales Analizar la determinación de las frecuencias naturales y las formas de modo Conocer el concepto de amortiguamiento

	<p>proporcional</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprender el concepto de amortiguamiento viscoso general Definir el concepto de vibración forzada de sistemas de varios grados de libertad Explicar las excitaciones armónicas Determinar las soluciones mediante la transformada de Laplace Entender el análisis modal para sistemas sin amortiguamiento y con amortiguamiento proporcional Entender el análisis modal para sistemas con amortiguamiento general
3.- Control de vibración.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza el control de la vibración para verificar la seguridad de los sistemas continuos <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad en identificar, formular y resolver problemas. Destreza para generar análisis y síntesis. Capacidad para usar herramientas computacionales. Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás. Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos. Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> Definir el concepto de control de vibración y cuáles son las maneras en que se puede alcanzar el control de la vibración Conocer la teoría de aislamiento de la vibración Analizar la teoría de aislamiento de la vibración para excitación armónica Comprender los aspectos prácticos del aislamiento de la vibración Analizar el aislamiento de choque Analizar los Absorbedores de vibración dinámica Conocer el concepto de amortiguador de vibración
4.- Vibraciones de sistemas continuos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza las vibraciones de sistemas continuos para aplicar un diseño mecánico seguro <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad en identificar, formular y resolver problemas. Destreza para generar análisis y síntesis. Capacidad para usar herramientas computacionales. Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás. 	<ul style="list-style-type: none"> Definir el concepto de vibraciones de sistemas continuos Explicar el método general de análisis de vibraciones de sistemas continuos Analizar las oscilaciones torsionales de un eje circular Analizar las vibraciones en vigas Conocer los métodos de energía y sus aplicaciones a sistemas continuos Conocer el método de elemento finito y sus aplicaciones a sistemas continuos

<ul style="list-style-type: none"> • Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos. • Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica. 	
5.- Vibraciones no lineales.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza las vibraciones no lineales para problemas donde no se puede aplicar el principio de superposición <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidad en identificar, formular y resolver problemas. • Destreza para generar análisis y síntesis. • Capacidad para usar herramientas computacionales. • Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás. • Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos. • Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el concepto de vibraciones no lineales • Entender la no validez del principio de superposición en sistemas no lineales • Conocer las fuentes de la no linealidad • Comprender el análisis cualitativo de sistemas no lineales • Conocer los métodos cuantitativos de análisis de vibraciones no lineales • Analizar la vibración libre de sistemas de un grado de libertad • Analizar la vibración forzada de sistemas de un grado de libertad con no linealidades cúbicas • Identificar sistemas de varios grados de libertad • Conocer el procedimiento de análisis para sistemas continuos

8. Prácticas

Prácticas sugeridas para desarrollar las competencias específicas y genéricas:

- Experimentar con software para vibraciones análisis de sistemas de un grado de libertad
- Experimentar con software para vibraciones análisis de sistemas de varios grados de libertad
- Experimentar con software para vibraciones análisis de sistemas continuos
- Experimentar con software para vibraciones análisis de sistemas no lineales.

9. Proyecto de asignatura (Para fortalecer la(s) competencia(s) de la asignatura)

El objetivo del proyecto que plantee 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 (específicas y genéricas de la asignatura)

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Bitácora
- Cuestionario
- Debate
- Ensayo
- Escala de apreciación
- Examen (preguntas de respuestas abiertas, cerradas o múltiples)
- Exposición
- Investigación
- Lista de cotejo
- Mapa conceptual
- Portafolio
- Proyecto
- Prueba de conocimiento
- Prueba de desempeño
- Rúbrica
- Solución de problemas (cerrados o abiertos)
- Técnica de casos
- Técnica de ejecución
- Técnica de pregunta
- Trabajo en equipo o colaborativo.

11. Fuentes de información

NECESARIA PARA EL ESTUDIO Y PRESENTACIÓN DE EXAMENES

- Rao S. S. (2005) *Vibraciones Mecánicas*. (5ª Ed). México: Editorial PEARSON

RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

- Balachandran B. & Magrab E. B. (2006) *Vibraciones*. México: Editorial THOMSON.
- De Silva C. W. (2005) *Vibration and Shock Handbook*. USA: Editorial Taylor & Francis.
- Harris C. M. & Piersol A. G. (2010) *Harris 'Shock and Vibration Handbook*. (5ª Ed). USA: Editorial Mc Graw Hill.
- Kelly S. G. (2000) *Fundamentals of Mechanical Vibrations*. (2ª Ed). USA: Editorial Mc Graw Hill.
- Rao S. S. (2007) *Vibration of Continuous Systems*. USA: Editorial WILEY.