

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: **Análisis Estructural Naval I**

Carrera: **Ingeniería Naval**

Clave de la asignatura: NVD-1005

(Créditos) SATCA¹: **2-3-5**

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 dos competencias profesionales:

- Diseñar y evaluar vehículos y artefactos marinos mediante procesos de diseño e ingeniería naval así como las normas, reglamentos y códigos correspondientes.
- Inspeccionar vehículos y artefactos marinos, sus sistemas, maquinarias, equipos y materiales, en base a las normas, reglamentos y códigos que regulan su operación.

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

- ✓ Diseñar, analizar y evaluar la arquitectura naval de los productos navales de acuerdo con los requerimientos hidrodinámicos, estructurales, y de su normativa.
- ✓ Distinguir el funcionamiento de la arquitectura, sus sistemas, maquinarias y equipos de embarcaciones y artefactos navales, de acuerdo con sus requerimientos de funcionalidad, ciencias de ingeniería y su normativa.

El elemento de competencia consiste en el siguiente desempeño específico:

- Analizar la resistencia estructural de armaduras, marcos y vigas hiperestáticas por medio de los procedimientos de análisis estructural y de arquitectura naval.

Su importancia es relevante en las áreas de desempeño de ingeniería y de inspección y certificación ya que es una herramienta esencial en el análisis, diseño

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

y evaluación estructural de la arquitectura de vehículos y artefactos marinos.

La asignatura consiste en un primer curso de análisis estructural donde el énfasis se centra en los métodos de análisis estructural a armaduras, marcos, vigas y columnas, relacionando esas estructuras y elementos estructurales típicos con la estructura y componentes estructurales del buque.

Tiene como pre-requisito Mecánica de Materiales II, está relacionada hacia atrás con Cálculo Diferencial, Cálculo Integral y Cálculo Vectorial y, hacia adelante como pre-requisito de Análisis Estructural Naval II, y relacionada con Diseño Estructural Naval, Diseño de Vehículos Marinos, y Proyecto de Diseño de vehículos Marinos

Intención didáctica.

Se organiza el temario en tres unidades, delimitando claramente la introducción a la estructura y componentes estructurales del buque y las cargas que soporta, los procedimientos de análisis estructural clásico y matricial y, el procedimiento de elemento finito.

La primera unidad se subdivide en cuatro subtemas. El primer subtema introduce de manera general los modelos conceptuales para el análisis y la síntesis estructural, presentando el modelo de la viga equivalente de Attwood, el modelo de la jerarquía de esfuerzos de Lienau, la modelación de viga dependiendo de las condiciones de frontera en los extremos (transmisión de carga), el modelo del ancho efectivo, los modelos de síntesis del casco bajo los métodos de la sección y del panel bruto y, el modelo de la espiral de diseño para cualquier sistema complejo. El segundo subtema proporciona la función de los componentes estructurales del buque, la filosofía y procedimientos de diseño, la relación de la estructura con las líneas moldeadas, la alineación y continuidad estructural, las secciones usadas para cuadernas, vigas y atiesadores, la separación transversal de cuadernas, el armado longitudinal, la construcción de doble y simple fondo, la placa del forro del casco, la placa de cubierta, el armado transversal de costado, las vigas transversales de cubierta, los atiesadores y paneles de placa de mamparos, las columnas, trabes y brazolas de escotillas, los mamparos de separación del espacio de cámara de máquinas, las superestructuras y casetas sobre cubierta, las bancadas de maquinaria, las estructuras de proa y popa, bossings y soportes de ejes y, las quillas de pantoque y defensas. El tercer subtema describe las unidades básicas estructurales del buque, paneles de placa, combinaciones placa-atiesador, armazones y accesorios, y relaciona cuáles son los métodos de análisis estructural más utilizados para esas unidades estructurales básicas. El cuarto subtema discute las cargas de diseño de la estructura y sus componentes estructurales, divididas en seis grandes grupos, momentos flexionantes y fuerzas cortantes en aguas tranquilas, momentos y fuerzas cortantes inducidas por olas, cargas vibratorias e impulsivas, cargas térmicas, cargas dinámicas, y otras cargas, presentando de forma introductoria las reglas de construcción y clasificación de buques de acero de alguna casa clasificadora e indicando las formulaciones para determinar las cargas de los primeros dos grandes grupos de cargas (aguas tranquilas y olas).

La segunda unidad se subdivide en seis subtemas. El primer subtema describe el procedimiento general de análisis de los desplazamientos, las ecuaciones pendiente-desviación, y la aplicación del análisis en marcos y vigas. El segundo subtema proporciona los principios generales y definiciones, la distribución de momentos para vigas, las modificaciones al factor de rigidez, la distribución de momentos para marcos sin y con desplazamiento lateral, y la distribución de momentos para marcos de varios niveles. El tercer subtema trata con el trabajo externo y la energía de deformación, el principio del trabajo y de la energía, el principio del trabajo virtual, el procedimiento de análisis para armaduras y, el procedimiento de análisis para vigas y marcos. El cuarto subtema proporciona el teorema de Castigliano, el procedimiento de análisis para armaduras y, el procedimiento de análisis para vigas y marcos. El quinto subtema describe las estructuras estáticamente indeterminadas, el procedimiento general de análisis de las fuerzas o flexibilidades, el teorema de Maxwell de los desplazamientos recíprocos, la ley de Betti, el procedimiento de análisis para vigas, los diagramas de momentos generales para vigas, el procedimiento de análisis para marcos y armaduras, las estructuras compuestas y, las observaciones adicionales al método y su tratamiento matricial. El sexto subtema discute los fundamentos del método de la rigidez o desplazamiento, la matriz de rigidez de un miembro de armadura, las matrices de transformación de desplazamientos y fuerzas, la matriz de rigidez global de un miembro, la matriz de rigidez de la estructura, la aplicación del método de la rigidez al análisis de armaduras, las observaciones del método para aplicarlo a marcos y vigas, la matriz de rigidez de un miembro de un marco, las matrices de transformación de desplazamientos y fuerzas, la matriz de rigidez global de un miembro de un marco, la matriz de rigidez global de una viga y, la aplicación del método de la rigidez al análisis de vigas y marcos.

La tercera unidad se subdivide en cinco subtemas. El primer subtema introduce los conceptos fundamentales necesarios en el desarrollo del método del elemento finito bajo los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, iniciando con los conceptos de esfuerzo y equilibrio, las condiciones de frontera, las relaciones deformación unitaria-desplazamiento, las relaciones esfuerzo-deformación unitaria (una dimensión y dos dimensiones (esfuerzo plano y deformación unitaria plana)), los efectos por temperatura, la energía potencial y equilibrio (principio de la energía potencial mínima), el método de Rayleigh-Ritz, el método de Galerkin en la elasticidad (principio del trabajo virtual), el principio de Saint Venant, el esfuerzo de Von Mises, las herramientas básicas del álgebra de matrices y los métodos de eliminación de Gauss y del gradiente conjugado para resolver ecuaciones y, la descripción de los software comerciales para elemento finito, eligiendo alguno para complementar el proceso de aprendizaje. El segundo subtema describe cómo se usarán la energía potencial total y las relaciones esfuerzo-deformación unitaria y deformación unitaria-desplazamiento para desarrollar el método del elemento finito para un problema unidimensional (una barra unidimensional cargada por tracción, cargas de cuerpo y puntuales, se modela como una flecha de sección variable), la construcción del modelo del elemento finito a partir de la división del elemento y el esquema de numeración, las coordenadas y las funciones de forma, el enfoque de la

energía potencial vía matriz de rigidez del elemento y los términos de fuerza, el enfoque de Galerkin vía matriz de rigidez del elemento y los términos de fuerza, el ensamble de la matriz de rigidez global y del vector de carga, las ecuaciones del elemento finito y el manejo de las condiciones de frontera (tipos de condiciones de frontera, los enfoques de eliminación y de la penalización, así como las restricciones de multipunto), las funciones de forma cuadrática y, los efectos por cambios de temperatura. El tercer subtema presenta la aplicación del método de elemento finito a armaduras bidimensionales y tridimensionales iniciando con las armaduras planas, los sistemas de coordenadas locales y globales, las fórmulas para calcular l y m , la matriz de rigidez de un elemento, el cálculo de esfuerzos, los efectos por temperatura, extendiendo la aplicación a las armaduras tridimensionales mediante el ensamble de la matriz de rigidez global para soluciones en banda y perfil. El cuarto subtema discute la formulación bidimensional del elemento finito siguiendo los pasos usados en el segundo subtema ahora de forma general, describiendo cómo construir el modelo del elemento finito usando triángulos de deformación unitaria constante, la representación isoparamétrica, los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, los cálculos de esfuerzo y los efectos por temperatura, las directrices para el modelado del problema y las condiciones de frontera, las consideraciones para los materiales ortotrópicos en particular la madera, la extensión hacia problemas que implican sólidos tridimensionales de simetría axial sometidos a carga axial simétrica que se reducen a simples problemas bidimensionales mediante los enfoques de la energía potencial y de Galerkin y, el análisis de los elementos isoparamétricos bidimensionales e integración numérica. El quinto subtema presenta la aplicación del elemento finito a vigas simétricas y marcos planos y tridimensionales, iniciando con las vigas aplicándoles los métodos de la energía potencial y de Galerkin, la formulación del elemento finito, el vector de carga, las consideraciones de frontera, la fuerza cortante y el momento flexionante, las vigas sobre soportes elásticos y, la aplicación a marcos planos y tridimensionales mediante los enfoques de la energía potencial y de Galerkin, donde se considera que estas estructuras tienen miembros conectados rígidamente.

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 profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor 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 construidos, 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 alumno 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 alumno 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 profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:

Analizar la resistencia estructural de armaduras, marcos y vigas hiperestáticas por medio de los procedimientos de análisis estructural y de arquitectura naval.

Competencias genéricas

Competencias instrumentales

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de organizar y planificar
- Conocimientos generales básicos
- Conocimientos básicos de la carrera
- Comunicación oral y escrita en su propia lengua
- Conocimiento de una segunda lengua
- Habilidades básicas de manejo de la computadora
- Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y

analizar información proveniente de fuentes diversas

- Solución de problemas
- Toma de decisiones.

Competencias interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica
- Trabajo en equipo
- Habilidades interpersonales
- Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario
- Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas
- Apreciación de la diversidad y multiculturalidad
- Habilidad para trabajar en un ambiente laboral
- Compromiso ético

Competencias sistémicas

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- Liderazgo
- Conocimiento de culturas y costumbres de otros países
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Capacidad para diseñar y gestionar proyectos
- Iniciativa y espíritu emprendedor
- Preocupación por la calidad
- Búsqueda del logro

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Boca del Río y Mazatlán del 30 de noviembre del 2009 al 23 de abril del 2010	Representantes de la academia de ingeniería naval	Análisis y enriquecimiento

5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

Analizar la resistencia estructural de armaduras, marcos y vigas hiperestáticas por medio de los procedimientos de análisis estructural y de arquitectura naval.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Utilizar los principios y métodos de Mecánica de Materiales II para el diseño y análisis de vigas y ejes estáticamente determinados e indeterminados sujetos a diferentes condiciones de carga
- Utilizar los principios y métodos de Ecuaciones Diferenciales para el análisis y modelación de sistemas dinámicos y continuos

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a las estructuras y componentes estructurales del buque	1.1 Clasificación de estructuras y esfuerzos 1.2 Componentes estructurales 1.3 Unidades estructurales básicas 1.4 Cargas

2	Métodos de análisis estructural	2.1 Ecuaciones pendiente-desviación 2.2 Distribución de momentos 2.3 Trabajo virtual 2.4 Teorema de Castigliano 2.5 Fuerzas o flexibilidades 2.6 Rigidez o desplazamiento
3	Introducción a elemento finito	3.1 Conceptos fundamentales 3.2 Modelación de problemas en una dimensión 3.3 Armaduras 3.4 Modelación de problemas en dos dimensiones 3.5 Vigas y marcos

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo, orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo, y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de metacognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.

- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral.
- Facilitar el contacto directo con materiales, instrumentos y software, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente.
- Cuando los temas lo requiera, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura (procesador de texto, hoja de cálculo, base de datos, graficador, internet, paquetes de software, etc)

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

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:

- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Solución de casos prácticos, con participación individual o en grupo.
- Participación en proyectos y ensayos.
- Formulación de estrategias para resolver problemas.
- Exposiciones por parte del alumno.
- Prácticas de laboratorio o simulación con paquetes de software.
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Utilización de principios en la solución de problemas.
- Participación activa y crítica en clases.

- Asistencia a tutorías.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Introducción a las estructuras y componentes estructurales del buque.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Identificar la estructura y sus componentes, las unidades estructurales básicas y sus métodos de análisis, así como las cargas, su clasificación y sus formulaciones en reglamentos de construcción y clasificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la clasificación de la estructura y los esfuerzos en primarios, secundarios y terciarios • Explicar para qué se clasifica la estructura y los esfuerzos • Reconocer la relación entre la clasificación de la estructura y esfuerzos con los niveles de análisis de la resistencia de la estructura de vehículos marinos • Identificar los componentes estructurales en vehículos marinos • Analizar las funciones de los componentes estructurales y los sistemas de armado • Identificar las unidades estructurales básicas • Identificar cuáles son los métodos de análisis estructural pertinentes para el análisis de las unidades estructurales básicas • Examinar los tipos y características de las cargas que soporta la estructura de vehículos marinos

--	--

Unidad 2: Métodos de análisis estructural.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Resolver problemas de armaduras, marcos y vigas estáticamente indeterminadas mediante métodos clásicos y matriciales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar el método de ecuaciones pendiente-desviación • Aplicar el método de ecuaciones pendiente-desviación en vigas y en marcos • Explicar el método de distribución de momentos • Aplicar el método de distribución de momentos en vigas y en marcos • Explicar el método de trabajo virtual • Aplicar el método de trabajo virtual en armaduras, vigas y marcos • Explicar el método de Teorema de Castigliano • Aplicar el método de Teorema de Castigliano en armaduras, vigas y marcos • Explicar el método de fuerzas o flexibilidades • Aplicar el método de fuerzas o flexibilidades en vigas, marcos y armaduras • Explicar el método de rigidez o desplazamiento • Aplicar el método de rigidez o desplazamiento en vigas, marcos y

	armaduras
--	-----------

Unidad 3: Introducción a elemento finito.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Utilizar el método del elemento finito para resolver problemas de armaduras, marcos y vigas estáticamente indeterminadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los conceptos de esfuerzos y equilibrio, condiciones de frontera, relaciones deformación unitaria-desplazamiento, relaciones esfuerzo-deformación unitaria, y efectos por temperatura • Explicar la energía potencial y equilibrio, el método de Rayleigh-Ritz, y el método de Garlekin • Describir el principio de Saint Venant y el esfuerzo de Von Mises • Explicar la construcción del modelo del elemento finito, coordenadas y funciones de forma • Discutir los enfoques de la energía potencial y de Garlekin • Explicar el ensamble de la matriz de rigidez global y del vector carga • Describir las propiedades de la matriz de rigidez estructural • Examinar las ecuaciones del elemento finito y el manejo de las condiciones de frontera • Discutir ejemplos en problemas

	<p>sencillos unidimensionales de la aplicación del método de elemento finito</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar funciones de forma cuadrática • Examinar efectos por cambio de temperatura • Aplicar el método de elemento finito a armaduras planas y tridimensionales • Explicar cómo se construye el modelo del elemento finito en problemas bidimensionales mediante triángulos de deformación unitaria constante • Analizar el modelado del problema y las condiciones de frontera • Discutir ejemplos en problemas sencillos bidimensionales de la aplicación del método del elemento finito • Examinar los materiales ortotrópicos • Analizar los sólidos de simetría axial sometidos a carga axial simétrica • Discutir los elementos isoparamétricos bidimensionales e integración numérica • Aplicar el método del elemento finito a vigas así como a marcos planos y marcos tridimensionales
--	--

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

NECESARIA PARA EL ESTUDIO Y PRESENTACIÓN DE EXAMENES

1. Hibbeler, Russell C., Análisis Estructural 3ra. edición, Ed. PEARSON.
2. Chandrupatla, Tirupathi R., & Belegundu Ashok D., Introducción al Estudio del Elemento Finito, 2da. edición, Ed. PEARSON.

RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

1. Leet, Kenneth M., & Uang, Chia-Ming, Fundamentos de Análisis Estructural 2 edición, Ed. Mc Graw Hill.
2. Evans, J. Harvey, Ship Structural Design Concepts, Ed. CMP
3. Eyres, D. J., Ship Construction, Ed. HEINEMANN
4. Rawson, K. J., & Tupper, E. C., Basic Ship Theory (Vol. 1) 3nd. edition, Ed. LONGMAN
5. Desai, Chandrakant S. & Kundu, Tribikram, Introductory Finite Element Method, Ed. Taylor & Francis
6. Kwon, Young W. & Bang, Hyochoong, Finite Element Method Using MATLAB 2 edition, Ed. Taylor & Francis

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Resolver problemas de estructuras hiperestáticas mediante el método de la rigidez con asistencia de MATLAB
2. Resolver problemas de estructuras hiperestáticas mediante el método de elemento finito con asistencia de MATLAB
3. Experimentar con software para análisis estructural la determinación de esfuerzos y reacciones de estructuras hiperestáticas.
4. Formular el modelo de una viga sujeta a combinaciones de carga mediante elemento finito.
5. Formular el modelo de un marco cerrado sujeta a combinaciones de carga mediante elemento finito.
6. Experimentar con software para elemento finito análisis de estructuras hiperestáticas.