

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Análisis Estructural Naval II
Clave de la asignatura:	NVF-1006
SATCA¹:	3-2-5
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 dos competencias profesionales:

- 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.
- Inspecciona vehículos y artefactos marinos, sus sistemas, maquinarias, equipos y materiales, para verificar la aplicación de las normas, reglamentos y códigos que regulan su construcción y operación.

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

- ✓ Diseña, analiza y evalúa la arquitectura naval de los productos navales para aplicar los requerimientos hidrodinámicos, estructurales, y de su normativa.
- ✓ Inspecciona el funcionamiento de la arquitectura, sus sistemas, maquinarias y equipos de embarcaciones y artefactos navales, para la verificación de sus requerimientos de funcionalidad, ciencias de ingeniería, y su normativa.

El elemento de competencia consiste en el siguiente desempeño específico:

- Analiza la resistencia estructural del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.

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

La asignatura consiste en un segundo curso de análisis estructural donde el énfasis se centra en los procedimientos de análisis de la resistencia longitudinal y transversal del casco modelado como una viga, y los procedimientos de análisis a las casetas y superestructuras modeladas como marcos (pórticos), a la cuaderna maestra y su placa asociada modelada como un marco cerrado, a las combinaciones placa-atiesador modeladas simplemente como una viga unida a una placa o como varias vigas unidas a placas formando emparrillados ortogonales, y a paneles de placa modelados como una placa rectangular soportada en los cuatro bordes sujeta a cargas en su plano o normales a él.

Tiene como pre-requisito Análisis Estructural Naval I, está relacionada con Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales y Mecánica de Fluidos, y es pre-requisito de Diseño Estructural Naval y de Diseño de Vehículos Marinos.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

Se organiza el temario en tres temas, delimitando claramente los procedimientos de análisis de resistencia estructural longitudinal y transversal, y de placa-atiesador y placa.

El primer tema se subdivide en cuatro subtemas. El primer subtema introduce el modelo del casco como una viga y los cálculos a desarrollar conocidos coloquialmente como “cálculo estándar de resistencia longitudinal” donde se trata las curvas de peso y de empuje, las condiciones de arrufo y quebranto, la determinación de la curva de carga, la ecuación de la ola trocoidal, la distribución de peso, el empuje y el balance de fuerzas mediante las curvas de Bonjean y la ola trocoidal, la integración de la curva de carga para obtener las curvas de fuerza cortante, de momento flexionante, de pendiente y deflexión y, la determinación del módulo de sección, esfuerzos cortantes y flexionantes. El segundo subtema proporciona algunas extensiones y variaciones al cálculo estándar, como el efecto de añadir o quitar peso en la resistencia longitudinal (variar la condición supuesta para el cálculo estándar) mediante la técnica de líneas de influencia, los cambios al módulo de sección, el módulo de sección en posición inclinada (flexión asimétrica), la corrección por presión de ola (Smith correction) y, el cálculo estándar de resistencia longitudinal mediante reglas de construcción y clasificación aplicando la de alguna casa clasificadora. El tercer subtema trata sobre las discontinuidades más importantes del modelo del casco como una viga, las superestructuras y casetas, analizando los efectos de los extremos, el cortante longitudinal, la rigidez de soporte vertical, la discontinuidad de los lados de casetas, las uniones de expansión y las aleaciones de aluminio y, la determinación de los esfuerzos en fondo y cubierta superior del casco, así como el techo de la superestructura o caseta, mediante los parámetros de geometría de la sección Ω , de módulo de bancada ω , de rigidez de cortante J , y la eficiencia de superestructuras y casetas. El cuarto subtema discute la estimación de la probabilidad de que un buque exceda un valor de momento flexionante inducido por olas mediante la relación de la respuesta del buque a los estados del mar que pudiera encontrarse durante su ciclo de vida, analizando el proceso de la determinación de las probabilidades de alcanzar algún nivel de momento flexionante por olas.

El segundo tema se subdivide en tres subtemas. El primer subtema discute el esfuerzo cortante en secciones abiertas, en secciones multiceldas, el flujo cortante en secciones que contienen diferentes módulos de elasticidad, el efecto del retraso del cortante (shear lag) y, las modificaciones de la curva de fuerza cortante debido al doble fondo. El segundo subtema analiza los momentos transversales aplicados por el movimiento en el mar a la estructura del buque que causan un torcimiento de la estructura con respecto a algún eje longitudinal, siendo el momento neto causante de la torcedura el momento de torsión que produce esfuerzos cortantes en el plano de torsión. El tercer subtema desarrolla un análisis estructural de la cuaderna maestra típica de un buque de carga con doble fondo mediante el método de análisis de la distribución de momentos, modelando la cuaderna maestra como un marco cerrado y, mediante el método del elemento finito.

El tercer tema se subdivide en dos subtemas. El primer subtema introduce la teoría de placas y láminas estableciendo el análisis general para placas rectangulares simplemente apoyadas y con diversas condiciones de borde y, el uso generalizado de gráficas para el análisis de placas con distintas condiciones de borde y de cargas. El segundo subtema discute las combinaciones placa-atiesador, introduce el análisis general y establece el uso general de gráficas para realizar el análisis de diferentes condiciones de borde y de cargas. En ambos subtemas, el énfasis se hace en la aplicación de las gráficas al análisis de placas y de combinación placa-atiesador.

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 contruyendo 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	Representantes de los Institutos Tecnológicos de:	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas

2010.	Boca del Río y Mazatlán.	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"> Analiza la resistencia estructural del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Utiliza los principios y métodos de Análisis Estructural Naval I para el análisis de la resistencia de armaduras, marcos y vigas hiperestáticas. Utiliza los principios y métodos de Mecánica de Fluidos para el análisis del comportamiento de los fluidos en reposo o en movimiento y su interacción con sólidos o con otros fluidos.
--

6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Resistencia longitudinal.	1.1 Cálculo estándar de la resistencia longitudinal 1.2 Extensiones al cálculo estándar 1.3 Superestructuras y casetas 1.4 Determinación estadística del momento flexionante por olas
2	Resistencia transversal.	2.1 Análisis de esfuerzo cortante 2.2 Análisis de torsión 2.3 Análisis de la cuaderna maestra
3	Resistencia de placa-atiesador y de placa.	3.1 Análisis de paneles de placa 3.2 Análisis de combinaciones placa-atiesador

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Resistencia longitudinal.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especifica(s): <ul style="list-style-type: none"> Analiza la resistencia longitudinal del casco o artefacto naval para utilizar procedimientos de arquitectura naval. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar las relaciones básicas de carga cortante y momento flexionante Examinar las relaciones básicas mediante funciones de singularidad Identificar los requerimientos de

<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. 	<p>resistencia longitudinal</p> <ul style="list-style-type: none"> Calcular las curvas de resistencia longitudinal en agua sin y con olas Calcular el módulo de sección Examinar el módulo de sección estándar requerido y el esfuerzo estándar nominal Analizar el módulo de sección en condición escorada Examinar el módulo de sección con varios materiales Calcular la deflexión de la viga-casco Aplicar el cálculo estándar de la resistencia longitudinal en vehículos marinos Explicar el efecto de superestructuras y casetas en el modelo de la viga-casco Discutir el cortante longitudinal, la rigidez de soporte vertical, y la discontinuidad de los lados de superestructuras y casetas Investigar las uniones de expansión y las aleaciones de aluminio Explicar cómo se analiza el casco con la superestructura por medio de parámetros de las propiedades de la superestructura Examinar los parámetros de eficiencia de la superestructura ψ, geometría de la sección Ω, módulo de soporte de superestructura ω, longitud media de superestructura λ, y rigidez de cortante J Calcular los esfuerzos de flexión del fondo y cubierta del casco, y del techo de la superestructura o caseta Analizar el proceso de estimación estadística del momento flexionante por olas
2.- Resistencia transversal.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza la resistencia transversal del casco o artefacto naval para utilizar procedimientos de arquitectura naval. <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 	<ul style="list-style-type: none"> Reconocer la violación de la suposición de flexión pura Analizar el esfuerzo cortante en el buque Examinar la influencia del esfuerzo cortante en el esfuerzo flexionante Identificar torsión, momento de torsión, y esfuerzo cortante Analizar la torsión en secciones cerradas huecas de pared delgada

<p>computacionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> 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"> Examinar la torsión en secciones abiertas de pared delgada Calcular el flujo cortante en secciones abiertas, en secciones multiceldas, y en secciones con diferentes módulos elásticos Identificar los conceptos de el efecto del retraso del cortante y de el ancho efectivo asociado al efecto del retraso del cortante Analizar el ancho efectivo en placas atiesadas, y el efecto del retraso del cortante en placas de cubierta, en zonas de cubierta entre escotillas, y en el fondo Examinar la modificación de la curva de fuerza cortante debido al doble fondo Describir la cuaderna maestra y su relación con la resistencia transversal Explicar la modelación de la cuaderna maestra como un marco cerrado Examinar el procedimiento de análisis de la cuaderna maestra como un marco cerrado Desarrollar los cálculos del análisis estructural de la cuaderna maestra
3.- Resistencia de placa-atiesador y de placa.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza la resistencia de placas y de combinaciones placa-atiesador del casco o artefacto naval para utilizar procedimientos de arquitectura naval. <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"> Explicar cuáles son las consideraciones generales de la teoría de placas Describir el método de análisis de resistencia de placas mediante ecuaciones diferenciales Desarrollar el análisis de resistencia de placas en casos sencillos de carga mediante ecuaciones diferenciales Describir el método de análisis gráfico de resistencia de placa y de combinación placa-atiesador mediante diagramas Identificar los diagramas Design Data Sheets, Department of The Navy, Bureau of Ships, U.S., y de otras fuentes de información Explicar cómo se utilizan los diagramas de resistencia de placas Calcular la resistencia de placa y de combinación placa-atiesador mediante el método grafico

8. Prácticas

Prácticas sugeridas para desarrollar las competencias específicas y genéricas:

- Crear una hoja de cálculo electrónica para el análisis de la resistencia longitudinal de un vehículo marino variando las condiciones de carga.
- Experimentar con software para arquitectura naval análisis de resistencia longitudinal de un vehículo marino.
- Experimentar con software para arquitectura naval análisis de torsión de un vehículo marino
- Experimentar con software para arquitectura naval análisis de cuaderna maestra de un vehículo marino.
- Experimentar con software para arquitectura naval análisis de estructura secundaria de un vehículo marino.

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

- Okumoto Y., et al. (2010) *Design of Ship Hull Structures. A Practical Guide for Engineers*. German: Editorial Springer.
- Rawson K. J. & Tupper E. C. (2001) *Basic Ship Theory (Vol. 1)*. (5ª ed). UK: Editorial ELSEVIER B-H.

RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

- Bai Y. (2003) *Marine Structural Design*. UK: Editorial ELSEVIER.
- Chalmers D. W. (1993) *Design of Ships' Structures*. UK: Editorial HMSO.
- Comstock J. P. (1967) *Principles of Naval Architecture*. USA: Editorial SNAME.
- Evans J. H. (1983) *Ship Structural Design Concepts*. USA: Editorial CMP.
- Hughes O. F. (2005) *Ship Structural Design*. USA: Editorial SNAME.
- IACS, www.iacs.org.uk/
- IMO, www.imo.org/
- Lamb T. (2003) *Ship Design & Construction (Vol. 1&2)*. USA: Editorial SNAME.