

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: **Análisis de Estabilidad**

Carrera: **Ingeniería Naval**

Clave de la asignatura: NVF-1004

(Créditos) SATCA<sup>1</sup>: **3-2-5**

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta elementos 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.

Estos elementos de competencia se integran 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

Los elementos de competencia consisten en los siguientes desempeños específicos:

- Analizar la estabilidad del vehículo o artefacto marino en base a criterios de arquitectura naval y normativa aplicable.
- Analizar la estabilidad del vehículo o artefacto marino en base a condiciones intacta y dañada y normativa aplicable.

---

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

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 de la estabilidad de vehículos y artefactos marinos.

La asignatura consiste en un curso de análisis de estabilidad donde el énfasis se centra en los procedimientos de análisis y evaluación de la estabilidad intacta y dañada así como en la elaboración de la documentación técnica de estabilidad requerida por las normativas pertinentes para vehículos y artefactos marinos.

Tiene como pre-requisitos Cálculos de Forma y Estabilidad y, Dinámica, está relacionada hacia atrás con Cálculo Integral, Estática y Dibujo en Ingeniería Naval y, hacia adelante es pre-requisito de Métodos de Diseño de Vehículos Marinos.

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario en tres unidades, delimitando claramente los procedimientos de análisis y evaluación de la estabilidad en las condiciones intacta, dañada, botadura y flotadura.

La primera unidad se subdivide en cinco subtemas. El primer subtema aborda el principio de Arquímedes y la ley de flotación, las TPI ó TPC de inmersión, el efecto de la densidad del agua en el calado, el equilibrio de un cuerpo flotante y las condiciones de equilibrio estático, la estabilidad transversal, la estabilidad estática transversal inicial, la medida de la estabilidad transversal inicial, el metacentro y la altura metacéntrica, el centro de gravedad, la clasificación de pesos, el cálculo de la altura metacéntrica, cómo los cambios en carga afectan la estabilidad, el efecto de agregar, quitar o mover pesos, el experimento de inclinación, el efecto de pesos suspendidos libremente y, el efecto de líquidos con superficie libre. El segundo subtema describe el brazo y momento de adrizamiento, la estabilidad de un cuerpo de revolución, la determinación de brazos de adrizamiento para buques, los métodos de cálculo de cuerpo completo y el de cuñas, la construcción de curvas de estabilidad estática, el análisis de una curva de estabilidad estática, la estabilidad inicial negativa y la curva de estabilidad estática, los momentos de escoramiento y la curva de estabilidad estática, el momento de escoramiento y las curvas de momento de adrizamiento y, las aplicaciones de los cálculos de momento y brazo de escoramiento para pesos fuera del plano central de simetría, para fuerzas de viento por un costado, y para fuerza centrífuga al girar el buque en trayectoria circular. El tercer subtema proporciona el estudio sobre la geometría del trim, los mecanismos del trim, las suposiciones y la exactitud de la determinación de calados y cambios de desplazamiento con trim, los métodos de pesos pequeños y de pesos grandes y, el cálculo de la tabla de trim y el diagrama de trim. El cuarto subtema trata el conjunto de normas que reglamentan la estabilidad mínima que una embarcación o artefacto naval debe tener, en función de la altura metacéntrica, de la estabilidad estática, de la estabilidad estática y dinámica, de la estabilidad estática y la acción del viento, del periodo del buque y amplitud del balance, analizando las normativas de IMCO,

SOLAS, USCG y, SCT. El quinto subtema discute la información de estabilidad y la forma de presentación requerida en el cuaderno de estabilidad sin averías, analizando las normativas de USCG y de SCT.

La segunda unidad se subdivide en seis subtemas. El primer subtema aborda las consideraciones generales, el desarrollo histórico, la necesidad de estándares nacionales e internacionales, la extensión de una avería y la localización y número de mamparos, los efectos de una inundación, el empuje sin avería o intacto, las definiciones principales por Regulaciones (SOLAS), el criterio de servicio, el factor de subdivisión, las provisiones especiales, la permeabilidad y, las reglas con respecto a la separación mínima de mamparos, escalones, recesos y subdivisión local. El segundo subtema describe el método directo de cálculo de longitud inundable, procedimiento de Shirokauer y, la derivación de éste llamado método directo simplificado. El tercer subtema proporciona la estabilidad dañada o en avería, la localización de la avería, los mamparos escalonados, las cubiertas, los mamparos longitudinales, las divisiones internas, la permeabilidad, la extensión de la avería, la inundación asimétrica, los límites de escora permisible, la altura metacéntrica residual y, la línea de agua final y el rango de estabilidad. El cuarto subtema discute el procedimiento paso a paso del método de pérdida de empuje. El quinto subtema discute el procedimiento paso a paso del método de peso añadido. El sexto subtema trata las consideraciones generales, los estándares de la normativa internacional, la extensión de una avería, la localización de la avería, los requerimientos de supervivencia en avería y, los requerimientos especiales. El séptimo subtema introduce los paquetes de software para los cálculos de subdivisión y estabilidad dañada.

La tercera unidad se subdivide en seis subtemas. El primer subtema introduce la descripción general de las operaciones de lanzamiento por popa de un buque fabricado en grada de construcción. El segundo subtema discute el método de cálculo de la botadura, los factores que afectan los cálculos, las fuerzas involucradas en el lanzamiento, cálculos de retenidas, dispositivos de sujeción y lanzamiento, la estructura de soporte para el deslizamiento sobre la grada, las consideraciones de estabilidad y resistencia en la botadura y, las observaciones y análisis posterior de la botadura. El tercer subtema proporciona la descripción general de las operaciones de lanzamiento por costado de un buque fabricado en grada de construcción. El cuarto subtema discute el método de cálculo de la botadura, los factores que afectan los cálculos, las fuerzas involucradas en el lanzamiento, cálculos de retenidas, dispositivos de sujeción y lanzamiento, la estructura de soporte para el deslizamiento sobre la grada, las consideraciones de estabilidad y resistencia en la botadura y, las observaciones y análisis posterior de la botadura. El quinto subtema trata la descripción general de las operaciones de flotadura de un buque fabricado en un dique de construcción. El sexto subtema discute el método de cálculo de la flotadura.

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**

<b>Competencias específicas:</b>	<b>Competencias genéricas</b>
----------------------------------	-------------------------------

Analizar la estabilidad del vehículo o artefacto marino en base a criterios de arquitectura naval y normativa aplicable.

Analizar la estabilidad del vehículo o artefacto marino en base a condiciones intacta y dañada y normativa aplicable.

#### *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

	<p>autónoma</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos</li> <li>• Iniciativa y espíritu emprendedor</li> <li>• Preocupación por la calidad</li> <li>• Búsqueda del logro</li> </ul>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 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 las condiciones de estabilidad intacta, dañada y en botadura de embarcaciones y artefactos navales por medio de los procedimientos de arquitectura naval.

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Utilizar los principios y los métodos de Cálculos de Forma y Estabilidad para el análisis de las propiedades geométricas e hidrostáticas de la forma de embarcaciones y artefactos navales
- Utilizar los principios y métodos de Dinámica para el análisis de cuerpos rígidos con movimiento

- Utilizar los principios de Métodos Numéricos para el análisis de problemas que requieran álgebra y cálculo diferencial e integral
- Utilizar los principios y métodos de Cálculo Integral para el análisis de modelos que representan fenómenos de la naturaleza en los cuales interviene una variable continua

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Condición de estabilidad intacta	1.1 Equilibrio estático y estabilidad 1.2 Estabilidad transversal en ángulos grandes de escora 1.3 Estabilidad longitudinal y trim 1.4 Criterios de estabilidad 1.5 Cuaderno de estabilidad sin averías mediante paquetes de software
2	Condición de estabilidad dañada	2.1 Subdivisión estanca y longitud inundable 2.2 Método de cálculo de Shirokauer 2.3 Estabilidad dañada o en avería 2.4 Método de cálculo de empuje perdido 2.5 Método de cálculo de peso añadido 2.6 Criterios de subdivisión y estabilidad dañada 2.7 Cálculos de subdivisión y estabilidad dañada mediante paquetes de software
3	Condición de estabilidad en la puesta a flote	3.1 Botadura por popa/proa 3.2 Método de cálculo de botadura por popa/proa 3.3 Botadura por costado 3.4 Método de cálculo de botadura por costado 3.5 Flotadura 3.6 Método de cálculo de flotadura

## 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: Condición de estabilidad intacta.

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Analizar y evaluar la estabilidad sin averías de embarcaciones y artefactos navales.  Calcular el cuaderno de estabilidad sin averías de embarcaciones y artefactos navales.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar los principios de Arquímedes y de estabilidad</li><li>• Explicar el concepto de toneladas por pulgada o centímetro de inmersión</li><li>• Describir el efecto de la densidad del agua en el calado</li><li>• Discutir el equilibrio de un cuerpo flotante</li><li>• Reconocer el concepto de estabilidad</li></ul>

	<p>transversal y su medición inicial</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Explicar los conceptos de metacentro y de altura metacéntrica</li><li>• Describir la clasificación de pesos</li><li>• Calcular la altura metacéntrica</li><li>• Analizar los efectos en la estabilidad por cambios en la carga y por movimientos de pesos</li><li>• Examinar el experimento de inclinación</li><li>• Discutir los efectos en la estabilidad de pesos suspendidos y líquidos con superficies libres</li><li>• Explicar los conceptos de brazo y momento de adrizamiento</li><li>• Examinar la estabilidad de un cuerpo de revolución</li><li>• Describir la determinación de brazos de adrizamiento en vehículos marinos</li><li>• Aplicar el procedimiento de cálculo de las curvas cruzadas de estabilidad</li><li>• Examinar la anatomía de la curva de estabilidad estática</li><li>• Discutir la estabilidad inicial negativa y su efecto en la curva de estabilidad estática</li><li>• Examinar la geometría y el mecanismo del trim</li><li>• Identificar el concepto de estabilidad longitudinal</li><li>• Distinguir entre metacentro longitudinal</li></ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>y transversal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar los conceptos y relaciones entre momento trimeante, trim, y calados</li> <li>• Discutir el desplazamiento cuando hay trim y el momento para cambiar el trim</li> <li>• Analizar la determinación de calados mediante carga y descarga de pesos pequeños y grandes</li> <li>• Calcular tabla de trim y diagrama de trim</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Unidad 2: Condición de estabilidad dañada.**

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
<p>Analizar y evaluar la estabilidad con averías de embarcaciones y artefactos navales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los conceptos de la subdivisión estanca</li> <li>• Analizar las causas y efectos fundamentales de inundación</li> <li>• Examinar la normativa de definiciones y requerimientos de la longitud inundable de USCG y SOLAS</li> <li>• Distinguir las relaciones fundamentales en la determinación de la longitud inundable</li> <li>• Explicar el método de cálculo de longitud inundable de Shirokauer</li> <li>• Examinar la normativa de definiciones y requerimientos de la estabilidad dañada de USCG y SOLAS</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar el método de cálculo de estabilidad dañada del empuje perdido</li> <li>• Discutir el método de cálculo de estabilidad dañada del peso añadido</li> </ul>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Unidad 3: Condición de estabilidad en la puesta a flote.**

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
<p>Analizar y evaluar la estabilidad en el lanzamiento por popa/proa y costado, así como en la flotadura, de embarcaciones y artefactos navales fabricados en grada y dique de construcción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir las operaciones de botadura por popa/proa</li> <li>• Explicar el método de cálculo y los factores que afectan la botadura por popa/proa</li> <li>• Examinar las fuerzas en la botadura, disposiciones de mecanismos de retenida y de liberación</li> <li>• Identificar los elementos y características de los soportes de proa y popa, y la cuna de botadura</li> <li>• Analizar la estabilidad y resistencia de la botadura por popa/proa</li> <li>• Describir las operaciones de botadura por costado</li> <li>• Explicar el método de cálculo y los factores que afectan la botadura por costado</li> <li>• Describir las operaciones de flotadura</li> <li>• Explicar los cálculos básicos de la</li> </ul>

	<p>flotadura</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las cargas en los picaderos de quilla</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

### NECESARIA PARA EL ESTUDIO Y PRESENTACIÓN DE EXAMENES

1. Comstock, John P. (Editor), Principles of Naval Architecture, Ed. SNAME
2. Zubaly, Robert B., Applied Naval Architecture, Ed. CMP

### RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

1. Lewis, Edward V. (Editor), Principles of Naval Architecture (Vol. 1), Ed. SNAME
2. Lamb, Thomas (Editor), Ship Design & Construction (Vol. 1&2), Ed. SNAME
3. Rawson, K. J., & Tupper, E. C., Basic Ship Theory (Vol. 1) 2<sup>nd</sup>. edition, Ed. LONGMAN

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Crear el cuaderno de estabilidad sin averías de una embarcación y/o artefacto naval
2. Evaluar la estabilidad en averías de una embarcación y/o artefacto naval
3. Experimentar en laboratorio el ensayo de inclinación con un modelo a escala de una embarcación y/o artefacto naval
4. Experimentar en laboratorio el ensayo de inundación de compartimentos con un modelo a escala de una embarcación y/o artefacto naval
5. Formular el análisis de botadura por popa de una embarcación y/o artefacto naval
6. Experimentar con software para arquitectura naval análisis de estabilidad intacta y en averías de una embarcación y/o artefacto naval