

DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE MODELADO DIGITAL PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE VIRTUAL EN NAVEGACIÓN MARÍTIMA EN EL CENTRO DE EDUCACIÓN E INSTRUCCIÓN NAVAL CEIN, LA UNIÓN

Edgardo Antonio Claros Quintanilla

Máster en Dirección de Empresas. Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Centro Regional La Unión.
Correo electrónico: edgardo.claros@itca.edu.sv

Danilo Yoalmo López López

Licenciado en Ciencias de la Computación. Docente Coinvestigador. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Centro Regional La Unión.
Correo electrónico: dlopez@itca.edu.sv

Recibido: 21/08/2025 - Aceptado: 03/09/2025

Resumen

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional La Unión, a través de la carrera Técnico en Ingeniería de Desarrollo de Software, realizó un proyecto de investigación que se enfocó en el diseño e implementación de un simulador virtual interactivo para fortalecer la formación en navegación marítima de estudiantes cadetes del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) de La Unión, El Salvador. A partir de un diagnóstico técnico-pedagógico, se identificó la necesidad de innovar y actualizar el simulador existente con instrumentación funcional en el puente de mando. En tal sentido, se desarrolló un sistema digital que replica los instrumentos operativos del buque utilizado actualmente por la Fuerza Naval del país, con el objetivo de mejorar la preparación técnica y operativa de los estudiantes. El simulador incluyó nueve instrumentos digitales diseñados mediante tecnologías Web: compás magnético, rueda de gobierno, clinómetro, mandos de aceleración, indicadores del sistema de propulsión, anemómetro, sistema e indicador de combustible, controles de timones individuales y sistema de apagado de emergencia. El proceso de desarrollo se estructuró en cuatro fases: planificación, diagnóstico, diseño funcional e implementación, permitiendo integrar funcionalidades que responden dinámicamente a variables del entorno marítimo simulado. Además, se diseñó un sistema básico de retroalimentación para que los instructores evalúen manualmente el desempeño estudiantil durante las prácticas. Los resultados evidenciaron que la propuesta permitirá una mejora significativa en el entorno formativo, al brindar una experiencia de aprendizaje inmersiva, segura y alineada con condiciones reales de navegación. El simulador contribuyó a reforzar competencias técnicas, aumentar la confianza operativa de los estudiantes y reducir los riesgos y costos asociados al entrenamiento en embarcaciones reales. Este proyecto constituyó un avance estratégico para el CEIN y sentó las bases para futuras innovaciones en simulación educativa aplicada en el ámbito marítimo.

Palabras clave

Simulador marítimo, modelado digital, instrumentación virtual, formación técnica naval, aprendizaje experiencial.

DESIGN OF DIGITAL MODELING TECHNOLOGIES TO STRENGTHEN VIRTUAL LEARNING IN MARITIME NAVIGATION AT THE CENTRO DE EDUCACIÓN E INSTRUCCIÓN NAVAL (CEIN), LA UNIÓN

Abstract

The Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Regional Center La Unión, through the Software Development Engineering Technician career, carried out a research project focused on the design and implementation of an interactive virtual simulator to strengthen the maritime navigation training of cadet students of the Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) of La Unión, El Salvador. Based on a technical-pedagogical diagnosis, the need to innovate and update the existing simulator with functional instrumentation on the bridge was identified. In this sense, a digital system was developed that replicates the operational instruments of the ship currently used by the country's Naval Force, with the objective of improving the technical and operational preparation of the students. The simulator included nine digital instruments designed using web technologies: magnetic compass, navigation wheel, clinometer, acceleration controls, propulsion system indicators, anemometer, fuel system, individual rudder system controls and an emergency shutdown module. The development process was structured in four phases: planning, diagnosis, functional design and implementation, allowing the integration of functionalities that respond dynamically to variables of the simulated maritime environment. In addition, a basic feedback system was designed for instructors to manually evaluate student performance during internships. The results showed that the proposal will allow a significant improvement in the training environment by providing an immersive learning experience, safe and aligned with real

navigation conditions. The simulator helped to reinforce technical skills, increase students' operational confidence, and reduce the risks and costs associated with training on real vessels. This project constituted a strategic breakthrough for CEIN and laid the foundation for future innovations in educational simulation applied in the maritime field.

Keywords

Maritime simulator, digital modeling, virtual instrumentation, naval technical training, experiential learning.

Introducción

En los últimos años, la evolución tecnológica ha introducido transformaciones significativas en los modelos de enseñanza-aprendizaje, particularmente en los campos técnicos donde la destreza práctica y la toma de decisiones son competencias centrales. La educación marítima, al situarse en este cruce entre teoría, precisión operativa y entorno cambiante, exige estrategias formativas que repliquen condiciones reales de navegación sin comprometer la seguridad ni los recursos. En este marco, los entornos virtuales interactivos y los simuladores computarizados se han consolidado como herramientas pedagógicas clave para el desarrollo de habilidades técnicas complejas. No obstante, su implementación efectiva requiere de diseños didácticos cuidadosamente estructurados y sistemas que logren representar con fidelidad los elementos críticos del contexto operativo.

El Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) de La Unión, El Salvador, institución dedicada a la formación de profesionales en el ámbito marítimo, ha enfrentado desafíos relevantes para ofrecer experiencias de simulación alineadas con los estándares actuales del sector. Cuenta con un simulador computarizado básico, que requiere el diseño innovador de instrumentación funcional en el puente de mando, para fortalecer su valor formativo en un entorno marítimo moderno, cada vez más exigente en términos de habilidades prácticas y resolución de problemas en tiempo real, utilizando recursos tecnológicos disponibles para la enseñanza. Se debe tener presente tal como algunos autores lo han puntualizado: los simuladores con capacidades avanzadas de instrumentación y realismo, son herramientas indispensables para garantizar que los estudiantes adquieran competencias prácticas y sean capaces de adaptarse a las exigencias del sector [1].

Frente a este panorama, la presente investigación se propuso diseñar e integrar un conjunto de instrumentos digitales, modelados mediante tecnologías Web, que permitieran representar de manera realista y dinámica las funciones esenciales de un puente de mando.

Entre los componentes considerados se encuentran el compás magnético, la rueda de navegación, el clinómetro, los mandos de aceleración, el sistema de propulsión, el anemómetro, los indicadores de combustible, los controles de timón y un sistema de apagado de emergencia. La propuesta se estructuró para fortalecer el proceso formativo del CEIN, y como una estrategia para introducir un entorno

virtual más inmersivo, seguro y adaptado a las condiciones reales del mar. En ese sentido, este artículo presenta la fundamentación, el diseño y la implementación de dicha solución, situándola en el marco de las discusiones actuales sobre simulación educativa, aprendizaje experiencial y desarrollo de competencias técnicas para el ámbito marítimo [2].

Desarrollo

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se elaboró en 4 fases:

Fase I. Planificación e investigación de campo preliminar.

Esta fase consistió en la planificación de las visitas de campo que se realizaron al CEIN para estudiar el estado actual de operación del simulador de navegación naval. Para ello se utilizaron herramientas de investigación, como hojas de observación, fichas de entrevistas y entrevistas con expertos, entre otros.

Fase II. Elaboración de diagnóstico.

En esta parte del proyecto se realizaron 3 visitas de campo al CEIN, para aplicar las herramientas de la etapa anterior; estos datos fueron analizados con el objetivo de establecer los requerimientos necesarios para el desarrollo de los instrumentos de navegación digital.

Fase III. Desarrollo del simulador.

Con los requerimientos establecidos, se procedió a desarrollar los 9 instrumentos de navegación digitales para la enseñanza y adiestramiento de las competencias, así como el manejo efectivo de las embarcaciones en diferentes situaciones que enfrenten los estudiantes.

Fase IV. Implementación y formulación de documentos del proyecto.

En esta fase se presentó y se implementó el simulador final al CEIN, con el objetivo de evaluarlo, validarlo e identificar mejoras. Se formuló el Informe Final con los resultados correspondientes al proyecto.

Resultados

Como parte del cumplimiento de los objetivos del proyecto de investigación, se procedió al diseño y desarrollo de un simulador virtual basado en las características operativas del buque, actualmente en uso por la Marina de El Salvador. Este modelo fue seleccionado como referencia por su relevancia en la formación práctica de los estudiantes y por representar un estándar operativo dentro del contexto institucional. El simulador fue concebido con el propósito de fortalecer las competencias técnicas en el uso de los instrumentos del puente de mando, replicando condiciones de navegación con un alto grado de realismo e interactividad. Esta aproximación permitió que los estudiantes comprendieran de manera aplicada los principios técnicos involucrados en la operación de cada sistema a bordo.

Como resultado del desarrollo de esta solución tecnológica, se diseñaron e integraron los siguientes instrumentos digitales de navegación:

Compas Magnético. El compás magnético es un instrumento de orientación fundamental en la navegación marítima. Este dispositivo utiliza la interacción con el campo magnético terrestre para determinar el rumbo de la embarcación. Se diseñó e implementó un modelo de compás magnético virtual que emula la orientación relativa a los puntos cardinales. Este instrumento permite simular las condiciones de navegación real para la orientación de la embarcación y su integración con otros controles del puente de mando (Fig. 1).

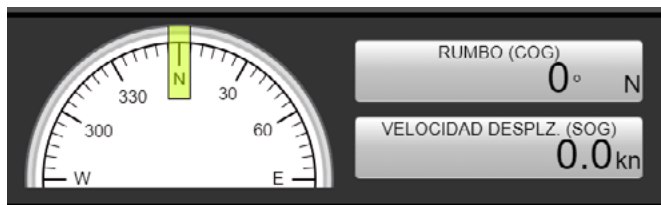


Fig. 1 Compás Magnético. (a) Rumbo (COG), (b) Velocidad de Desplazamiento (SOG).

Rueda de Gobierno. Es el instrumento utilizado para maniobrar la embarcación mediante el control del timón. Este sistema está adaptado para un control preciso de la dirección del barco, permitiendo ajustes rápidos y seguros en cualquier tipo de maniobra.

La rueda de gobierno (navegación) replicó con precisión los giros en grados y su relación directa con el sistema de timones. Las pruebas demostraron que los indicadores de los ángulos de los timones responden a los giros de la rueda de gobierno, lo que garantiza su funcionalidad como herramienta de entrenamiento o análisis (Fig. 2).



Fig. 2. Rueda de Gobierno.

Clinómetro. Este instrumento mide el ángulo de inclinación o escora de la embarcación respecto a su eje vertical. Este instrumento es crucial para determinar la estabilidad del buque durante maniobras y condiciones de mar severas.

El control de clinómetro virtual logró reproducir inclinaciones longitudinales y laterales del navío en tiempo real, aportando un valor significativo para la evaluación de la estabilidad de la embarcación bajo diferentes condiciones, como viento o mareas (Fig. 3).



Fig. 3. Control de Clinómetro. Balanceo (ROLL), Cabeceo (PITCH).

Mandos de Aceleración. Permiten regular la velocidad de la embarcación mediante el ajuste del motor. Este instrumento es fundamental para controlar el ritmo de navegación y la capacidad de respuesta de la embarcación ante maniobras.

Los mandos de aceleración simulan las configuraciones de potencia de los motores de acuerdo a los manuales de los motores proporcionados por el CEIN (Fig. 4).

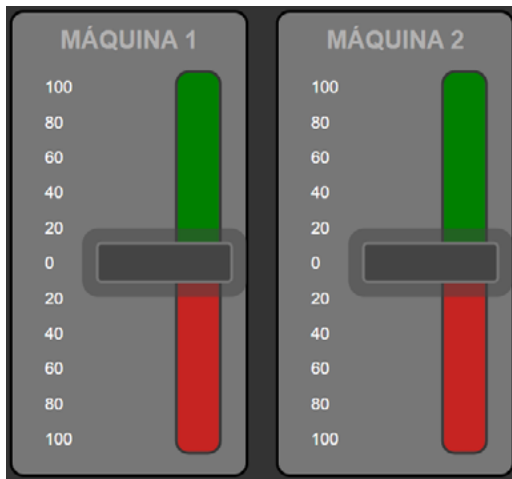


Fig. 4. Controles de Mando de Aceleración de motores. Control de Aceleración Motor Izquierdo, Control de Aceleración Motor Derecho.

Indicadores del Sistema de Propulsión. Son esenciales para supervisar el estado operativo del sistema de motores y hélices del buque. Estos instrumentos proporcionan información sobre la velocidad de giro de las hélices, la potencia del motor, la temperatura y otros parámetros vitales que afectan el rendimiento del sistema de propulsión.

Los indicadores del sistema de propulsión indican los niveles de presión de aceite y refrigerante, la temperatura en grados centígrados del aceite y refrigerante, así como también las RPM o revoluciones por minuto del motor. Estos indicadores son de vital importancia para observar el rendimiento de los motores y evitar estados críticos que lo dañen (Fig. 5).



Fig. 5. Indicadores Sistema de Propulsión.

Anemómetro. Mide la velocidad y dirección del viento, proporcionando datos críticos para la navegación segura. Este instrumento es fundamental para planificar rutas, ajustar la velocidad y dirección del barco y prevenir accidentes debido a vientos fuertes o racheados.

Se simuló un anemómetro capaz de representar velocidades del viento en nudos y dirección relativa. Este instrumento resultó fundamental para evaluar los efectos del viento en las maniobras del buque, logrando mediciones consistentes con datos hipotéticos realistas (Fig. 6).

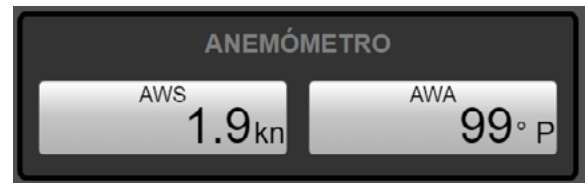


Fig. 6. Indicador Anemómetro, (a) Indicador de Velocidad de Viento Aparente, (b) Indicador de Ángulo de Viento Aparente.

Sistema de Indicador de Combustible. Supervisa la cantidad y el flujo de combustible disponible en el buque, lo cual es crucial para planificar viajes y garantizar la operación continua.

Se diseñó un indicador de combustible que muestra el consumo relativo al uso del sistema de propulsión y otros factores simulados, permitiendo evaluar la eficiencia energética del sistema (Fig. 7).



Fig. 7. Indicador de Combustible.

Controles de Timones Individuales. Permiten maniobrar la embarcación de manera precisa, ajustando la posición de los timones de manera independiente. En el buque escuela, estos controles están diseñados para maniobras avanzadas y para enfrentar condiciones complejas como corrientes fuertes o vientos cruzados (Fig. 8).



Fig. 8. Controles de Timón. Timón de Babor, Timón de Estribor, Modo de Control.

Sistema de Apagado de Emergencia. Es un sistema crítico diseñado para detener de forma inmediata el funcionamiento del motor y otros sistemas esenciales en caso de situaciones que comprometan la seguridad del buque o de la tripulación (Fig. 9).



Fig. 9. Apagado de Emergencia.

Sistema Básico de Retroalimentación para las Prácticas. Para realizar la retroalimentación del desempeño del estudiante en el simulador, se ha diseñado un formulario básico que permite al instructor configurar los parámetros iniciales de una simulación según diferentes escenarios; sin embargo, el desempeño que el estudiante tenga deberá ser evaluado manualmente según las variables y criterios considerados. (Fig. 10)

Fig. 10. Formulario básico de retroalimentación

El simulador al replicar el puente de mando de la embarcación escuela, utiliza 2 monitores debido a la distribución de los controles que se han virtualizado (Fig. 11)



Fig. 11. Simulador en funcionamiento.

Beneficios del simulador implementado

La implementación del simulador de navegación virtual ha generado beneficios significativos para el Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN), impactando tanto la formación estudiantil como la eficiencia institucional. A continuación, se detallan los principales aportes.

- Mejora en la preparación técnica de los estudiantes. Gracias a las mejoras introducidas, se espera que los alumnos adquieran una formación más completa y sólida. Esto se traduce en mayor confianza en sus capacidades operativas y en una preparación más efectiva para enfrentar situaciones reales en el entorno marítimo [3].
- Incremento en la seguridad marítima. Una mejor preparación técnica implica una reducción de riesgos en la navegación. Al fortalecer las competencias en el uso de instrumentos y en la toma de decisiones, se disminuye la probabilidad de errores críticos y accidentes, contribuyendo directamente a la seguridad de las operaciones marítimas nacionales.
- Fortalecimiento de la experiencia de aprendizaje. El simulador ofrece un entorno virtual altamente realista que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos en condiciones controladas. Esta experiencia inmersiva fomenta el aprendizaje significativo y mejora la retención de conocimientos prácticos.
- Reducción de riesgos y costos operativos. Al trasladar parte del entrenamiento al entorno virtual, se disminuyen los riesgos asociados con la práctica en embarcaciones reales. Asimismo, se reducen costos logísticos, de mantenimiento y de combustible, optimizando el uso de recursos institucionales.

Discusión

- El desarrollo del simulador virtual de navegación basado en el buque respondió directamente al objetivo central del proyecto: mejorar la calidad de la formación técnica en navegación marítima ofrecida por el CEIN, mediante la implementación de tecnologías de modelado digital.
- Los resultados obtenidos evidencian que la integración de instrumentos virtuales, no solo permitió una representación realista del entorno operativo del puente de mando, sino que también elevó significativamente la capacidad de los estudiantes para interactuar con variables propias de la navegación en escenarios controlados tal como se ha demostrado en otros estudios internacionales [4].
- Uno de los hallazgos más relevantes fue el impacto positivo en la formación práctica de los estudiantes, particularmente en la comprensión funcional de los instrumentos de navegación.

La simulación de elementos como el compás magnético, los mandos de aceleración o el clinómetro facilitó una apropiación significativa de los conceptos operativos, algo que, en el entorno tradicional, sin instrumentación funcional, era difícil de lograr. Este avance permitió cumplir con el propósito de reducir la brecha entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica.

- Se logró replicar condiciones ambientales dinámicas como viento, inclinación y velocidad, generando escenarios diversos y realistas que desafiaron la toma de decisiones de los estudiantes. Esta característica fue esencial para fomentar habilidades como la anticipación de riesgos, la evaluación de condiciones cambiantes y la ejecución de maniobras bajo presión, las cuales son fundamentales en el entorno marítimo real.
- El diseño de estas simulaciones estuvo alineado con los estándares técnicos y pedagógicos propuestos desde el inicio del proyecto, y su funcionalidad fue validada en las sesiones de prueba con estudiantes del CEIN.
- El simulador virtual no solo cumplió con los objetivos establecidos, sino que además generó un entorno formativo enriquecido que puede ser escalado y adaptado a nuevas necesidades. El proyecto demostró que es posible combinar realismo técnico, accesibilidad tecnológica y criterios pedagógicos para fortalecer la formación en navegación marítima, posicionando al CEIN como una institución que avanza hacia la innovación educativa con pertinencia y visión estratégica.

Conclusiones

1. Con el desarrollo del proyecto se demostró que es posible desarrollar un sistema de simulación que integra los principales instrumentos de navegación, como el compás magnético, rueda de navegación, clinómetro, mandos de aceleración, indicadores del sistema de propulsión, anemómetro e indicador de combustible, controles de timones individuales y sistema de apagado de emergencia. Esta integración permite recrear escenarios realistas de navegación, facilitando su aplicación en contextos educativos y de entrenamiento.
2. Los instrumentos desarrollados presentaron un alto nivel de precisión en las mediciones y respuestas, replicando con fidelidad las condiciones y comportamientos esperados en una embarcación real. Este resultado refuerza la capacidad del sistema para ser utilizado en estudios y prácticas relacionadas con la navegación marítima.
3. Al proporcionar un entorno virtual altamente realista, el simulador reducirá los riesgos asociados al entrenamiento en condiciones reales, permitiendo a los estudiantes practicar maniobras complejas y enfrentarse a emergencias simuladas sin peligro

para ellos ni para el equipo. Esto no solo mejora la seguridad en la formación, sino que también optimiza el tiempo y los recursos disponibles para el entrenamiento marítimo.

4. La creación de escenarios variados, desde condiciones climáticas adversas hasta emergencias operativas, ampliará las oportunidades de aprendizaje, preparando a los estudiantes para enfrentar situaciones que podrían ocurrir en la navegación real. Estos escenarios fortalecerán la aplicación práctica de conocimientos técnicos, reforzaron la confianza de los estudiantes y fomentaron el desarrollo de habilidades críticas para el manejo de situaciones complejas.
5. Este proyecto representó un avance significativo en la calidad de la formación ofrecida por el CEIN. Los estudiantes se beneficiarán al obtener una experiencia educativa de vanguardia que combina tecnología, realismo y retroalimentación constante. Estas innovaciones no solo mejorarán su desempeño académico y práctico, sino que también los posicionarán como profesionales mejor preparados para asumir los retos del sector marítimo, fortaleciendo su competitividad en un ámbito global.
6. La incorporación de un sistema básico de retroalimentación manual también permitió iniciar un proceso de evaluación más estructurado del desempeño estudiantil. Aunque se reconoce la necesidad de desarrollar un módulo automatizado en futuras versiones del simulador, esta primera aproximación aportó elementos clave para el análisis de los resultados formativos, permitiendo a los instructores observar de manera directa el nivel de apropiación técnica alcanzado por los estudiantes.

Referencias

- [1] H. Padrón Álvarez, "La importancia del empleo de simuladores en la formación del Alumno de Puente", Trabajo de fin de grado, Esc. Polt. Sup. De Ing. Sec. Nau. Maq. Y Rad. Nav., Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/ACwPjx>
- [2] J. Imhoff Leyton, "Sistema de simulación marítimos", Revista de Mariana Web, vol. 127, no. 918, Ene. 2010. Accedido: 1, Feb. 2025, [En línea]. Disponible en: <https://revistamarina.cl/es/articulo/sistemas-de-simulacion-maritimos>
- [3] M. Stopford, Maritime Economics, 3a.ed. New York, USA: Routledge, 2009, [Online]. Disponible en: <https://acortar.link/6ec370>
- [4] L. Perez, "El rol de los simuladores en la educación marítima", Revista de Ciencias Navales, vol. 1275, no. 2, pp. 85-92, 2021.