



Universidad Nacional Autónoma de  
México



Facultad de Ingeniería

División de Ingeniería Eléctrica

Sistemas Operativos

Ing. Gunnar Eyal Wolf Iszaevich

Reporte: Sistemas Operativos en los equipos náuticos

Alumnos:

Martínez García Luis Angel - 423035975

Urbano Meza Joseph Gael - 320061682

10 de mayo de 2025.

## **1. Introducción.**

---

En las últimas décadas, la industria náutica ha experimentado una transformación tecnológica significativa. La navegación tradicional, basada en instrumentos analógicos como brújulas, sextantes y mapas de papel, ha sido progresivamente reemplazada por sistemas digitales avanzados que permiten una operación automatizada, precisa y segura. En este contexto, los sistemas operativos (SO) juegan un papel fundamental como el software encargado de coordinar y controlar el funcionamiento del hardware y las aplicaciones a bordo.

Los sistemas operativos están presentes en múltiples dispositivos de una embarcación, incluyendo equipos de navegación, sistemas de comunicación, controladores de motor, unidades de monitoreo ambiental, y consolas de seguridad. Estos sistemas permiten que todos los componentes trabajen de manera conjunta y sincrónica, asegurando un rendimiento óptimo incluso en condiciones marinas adversas.

Además de su función técnica, los SO garantizan la estabilidad operativa de los sistemas embarcados, gestionan los recursos computacionales, priorizan tareas críticas y habilitan interfaces con el usuario. Su correcto funcionamiento es esencial para la toma de decisiones en tiempo real, el mantenimiento de la seguridad a bordo y el cumplimiento de normativas internacionales.

Por ello, el estudio de los sistemas operativos aplicados a la industria náutica no sólo permite comprender la estructura tecnológica de las embarcaciones modernas, sino que también ofrece una visión integral sobre los retos técnicos, normativos y de ciberseguridad que enfrentan las soluciones marítimas actuales y futuras.

## **2. Fundamentos de los SO.**

---

Un SO es un conjunto de programas que gestionan los recursos de hardware y software de un sistema informático. Su función principal es actuar como intermediario entre los dispositivos físicos de un sistema (como CPU, memoria, discos, etc.) y las aplicaciones que el usuario utiliza. De este modo, el SO coordina la ejecución de tareas, administra los archivos y permite la comunicación entre procesos.

En el entorno náutico, los sistemas operativos cumplen estas funciones en contextos mucho más exigentes. Se encuentran embebidos en dispositivos que controlan la navegación, el propósito energético, los sistemas de seguridad, el monitoreo ambiental y los controles automáticos de la embarcación. Su diseño está orientado a la eficiencia, estabilidad y tiempo real.

Dado que muchos de estos dispositivos tienen recursos limitados, como poca memoria o bajo poder de procesamiento, los SO deben estar optimizados para funcionar con un alto grado de confiabilidad. En este sentido, los fundamentos de los sistemas operativos se adaptan al contexto náutico mediante arquitecturas modulares, soporte para tiempo real y mecanismos de

gestión de errores que aseguren el correcto funcionamiento del sistema incluso en condiciones extremas.

En una embarcación, SO están integrados en múltiples componentes. Se utilizan, por ejemplo, en sistemas de navegación por GPS que requieren procesamiento continuo y conexión con redes satelitales, así como en los controladores de propulsión que ajustan la potencia según las condiciones del entorno marino. Asimismo, forman parte de los sistemas de monitoreo ambiental, que registran variables como la temperatura, la humedad y la presión para respaldar decisiones operativas o de mantenimiento.

Una característica distintiva de este entorno es la necesidad de operar en tiempo real. Muchos de estos sistemas deben reaccionar de forma inmediata ante eventos críticos; por ejemplo, si un sensor detecta una amenaza de colisión, el sistema debe emitir alertas o ejecutar maniobras correctivas de forma automática. Todo esto requiere un sistema operativo altamente eficiente que sea capaz de administrar los recursos disponibles, establecer prioridades entre procesos y mantener una operación continua y estable en todo momento.

### **3. Funcionamiento de los SO en el Entornos Náuticos.**

---

El funcionamiento de un sistema operativo a bordo de una embarcación se basa en la gestión coordinada de múltiples recursos físicos y lógicos para asegurar que todos los sistemas críticos operen de manera eficiente, segura y continua. A diferencia de los sistemas convencionales, los SO en el ámbito náutico deben responder a entornos impredecibles y operar bajo condiciones físicas extremas, como humedad elevada, vibraciones, salinidad y variaciones de temperatura.

Una de las funciones esenciales del SO es la gestión del hardware específico del entorno marino. Esto incluye la administración de sensores náuticos, interfaces de navegación, motores, radares, sistemas de posicionamiento, pantallas táctiles y más. El SO actúa como un intermediario que traduce las órdenes del software de control en señales comprensibles para los dispositivos físicos, y viceversa, interpretando los datos que estos generan para su procesamiento.

Otra función clave es el procesamiento de datos en tiempo real, indispensable para tareas críticas como el control de rumbo, la estabilización dinámica del barco, la detección de obstáculos, o la respuesta ante fallos del sistema. Aquí, el SO debe ser capaz de priorizar tareas urgentes sobre procesos secundarios, asegurando que los sistemas de navegación o seguridad siempre tengan acceso preferente al procesador y la memoria.

El sistema operativo también facilita la interconexión entre distintos subsistemas del buque, como el sistema de navegación, el control energético, y los módulos de comunicación. El SO asegura la transferencia fluida de información entre módulos que deben operar sincronizadamente.

Finalmente, una parte crítica del funcionamiento es la interfaz con el usuario y la capacidad del sistema para permitir diagnóstico, configuración y actualización. Desde las consolas de control, el personal de a bordo puede visualizar información procesada por el SO, modificar parámetros de navegación o activar protocolos de emergencia. Además, el sistema operativo debe permitir actualizaciones seguras, recopilar bitácoras de funcionamiento y generar reportes para mantenimiento predictivo o auditorías técnicas.

#### **4. Utilidad: Seguridad, Comunicación y Mantenimiento en el Entornos Náuticos.**

---

Los sistemas operativos en equipos náuticos desempeñan un papel esencial en la gestión de los sistemas de seguridad y comunicación a bordo, los cuales son fundamentales para garantizar la protección de la embarcación, la tripulación y su entorno operativo. Estos sistemas están integrados en la infraestructura digital del buque y requieren un SO capaz de coordinar su funcionamiento de manera continua y fiable.

En términos de comunicación marítima, el sistema operativo gestiona interfaces con tecnologías como el AIS (Automatic Identification System), que transmite datos de identificación, posición y rumbo a otras embarcaciones y estaciones costeras. También administra los sistemas de radio VHF, vitales para comunicaciones directas entre barcos o con la autoridad portuaria, y el ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), que reemplaza las cartas náuticas tradicionales con mapas electrónicos interactivos que requieren constante actualización y sincronización de datos.

El SO también se encarga del funcionamiento de los sistemas de emergencia, que incluyen alarmas por fuego, inundación, fallas eléctricas o colisiones. Su rol es coordinar la activación automática de protocolos de seguridad, la emisión de alertas visuales o sonoras, el aislamiento de secciones críticas del barco y, en algunos casos, el envío de señales de auxilio vía satélite. Para lograrlo, el sistema operativo debe tener alta disponibilidad y tolerancia a fallos.

Por otro lado, los avances tecnológicos han dado lugar a capacidades de diagnóstico remoto y mantenimiento predictivo. El sistema operativo recolecta y analiza datos provenientes de sensores instalados en motores, sistemas hidráulicos, baterías, paneles de control, entre otros. Esta información es procesada en tiempo real o enviada a centros de control en tierra mediante conexiones satelitales o redes marinas especializadas.

Gracias a estas funciones, los operadores pueden realizar evaluaciones del estado del sistema, ejecutar pruebas de funcionamiento, aplicar actualizaciones de software, y anticiparse a posibles averías sin necesidad de estar físicamente en la embarcación. Esta capacidad reduce costos operativos, mejora la seguridad y aumenta la disponibilidad de los equipos, haciendo que el SO sea una herramienta clave en la digitalización del mantenimiento náutico moderno.

#### **5. Requisitos Especiales en el Entorno Náutico.**

---

El entorno marítimo impone una serie de condiciones técnicas y operativas que hacen que los

sistemas operativos utilizados a bordo deban cumplir con requisitos específicos de alto rendimiento, confiabilidad y resistencia. Estos sistemas no solo deben funcionar correctamente en ambientes controlados, sino que deben mantenerse estables y seguros en medio de desafíos únicos como condiciones climáticas extremas, humedad constante, vibraciones, salinidad y temperaturas variables.

Uno de los principales requerimientos es la respuesta en tiempo real ante eventos críticos. Muchas funciones esenciales, como alarmas de colisión, monitoreo de motores o sistemas de posicionamiento, requieren que el sistema operativo ejecute tareas en cuestión de milisegundos. Cualquier retraso puede comprometer la seguridad del buque, por lo que es vital que los sistemas sean deterministas y prioricen correctamente los procesos más sensibles.

También es indispensable que estos sistemas cuenten con una alta tolerancia a fallos. En el mar, no es viable reiniciar el sistema o reemplazar un equipo con rapidez. Por eso, los sistemas operativos deben estar diseñados para continuar funcionando incluso cuando un componente falla. Esto se logra mediante configuraciones redundantes, mecanismos de recuperación automática y separación de procesos críticos.

Además, todo sistema operativo embarcado debe ajustarse al marco normativo internacional, cumpliendo con estándares como SOLAS (Safety of Life at Sea), el Código ISM (International Safety Management) y las disposiciones de la Organización Marítima Internacional (IMO). Estas normativas exigen que los sistemas informáticos cumplan con criterios estrictos de seguridad, trazabilidad, y documentación de eventos.

Por último, el SO debe ser eficiente en el uso de recursos y operar con un bajo consumo energético, considerando que muchas embarcaciones tienen limitaciones de capacidad eléctrica. A esto se suma la necesidad de operar sin conexión constante a internet, lo que implica que el sistema debe ser autosuficiente en cuanto a diagnósticos, actualizaciones y manejo de datos, al menos durante largos periodos de navegación autónoma.

## **6. RTOS – Sistemas Operativos en Tiempo Real.**

---

Un Sistema Operativo en Tiempo Real, RTOS por sus siglas en inglés, es un tipo especializado de sistema operativo diseñado para ejecutar tareas que deben completarse dentro de plazos estrictos, definidos y previsibles. A diferencia de los sistemas operativos de propósito general, los RTOS priorizan la determinación temporal y la confiabilidad sobre la versatilidad. Esto los hace especialmente útiles en entornos como el náutico, donde una respuesta tardía puede significar la pérdida de control o riesgos para la seguridad.

En un RTOS, cada tarea tiene asignada una prioridad específica, y el sistema se encarga de asegurar que las tareas más críticas se ejecuten antes que las de menor importancia. Esto es esencial en aplicaciones como el control de propulsión, alarmas de emergencia, radar, estabilización de rumbo o posicionamiento dinámico. A través de planificadores de tareas

deterministas, los RTOS garantizan que las acciones más importantes se ejecuten de forma inmediata, sin interferencia de procesos secundarios.

Además de la planificación, los RTOS también gestionan componentes fundamentales como sistemas de archivos, controladores de dispositivos, comunicación entre procesos e interfaces de red, todo ello bajo un modelo optimizado para reducir la latencia y maximizar la eficiencia. En muchos casos, estas plataformas deben operar con recursos limitados (memoria y procesador), por lo que están diseñadas para ser ligeras, modulares y altamente estables.

Otra ventaja de los RTOS es su capacidad para funcionar en sistemas embebidos, donde se integran directamente en dispositivos como sensores, actuadores, microcontroladores o consolas de navegación. Esto los convierte en una solución ideal para barcos, submarinos, drones acuáticos o plataformas marinas, donde la capacidad de reacción inmediata y el control seguro son fundamentales.

En resumen, los RTOS son componentes clave para garantizar la operación segura y continua de los sistemas náuticos modernos. Su arquitectura enfocada en el tiempo real permite que las embarcaciones gestionen tareas críticas de forma autónoma, eficiente y con un alto nivel de confiabilidad.

## **7. Ejemplos de Sistemas Operativos en el Entorno Náutico.**

---

Entre los sistemas operativos más utilizados en la industria náutica destacan VxWorks, QNX y Zephyr. Cada uno tiene sus fortalezas específicas y han sido elegidos por diferentes fabricantes de embarcaciones según el tipo de tarea que necesiten ejecutar.

VxWorks, por ejemplo, es ampliamente usado en sistemas de navegación, control de propulsión y plataformas militares. Se caracteriza por su fiabilidad, planificación por prioridades y bajo consumo de recursos. Ha sido incluso utilizado en misiones espaciales, lo que da una idea de su nivel de robustez.

QNX es otro sistema operativo en tiempo real, basado en una arquitectura de micronúcleo. Esto le permite aislar los componentes del sistema: si una parte falla, el resto puede seguir operando. Por esta razón, QNX se ha vuelto muy popular en barcos militares, cruceros y embarcaciones donde la fiabilidad es clave. Además, ofrece capacidades avanzadas de comunicación, seguridad y gestión de procesos.

Zephyr, por otro lado, es un sistema ligero, modular y de código abierto, ideal para sensores marítimos, dispositivos IoT o sistemas de monitoreo ambiental. Ha sido impulsado por grandes empresas como Intel y Google, y gracias a su diseño flexible, es una opción cada vez más popular para soluciones náuticas modernas.

## **8. Aplicaciones prácticas a bordo.**

---

Los sistemas operativos en entornos náuticos no solo tienen un rol técnico interno, sino que son directamente responsables del funcionamiento de aplicaciones prácticas esenciales para la navegación, seguridad y operación eficiente de una embarcación. Estas aplicaciones abarcan tanto tareas automatizadas como herramientas de apoyo para la toma de decisiones del personal a bordo.

Uno de los usos más evidentes es en los sistemas de navegación asistida y automática, como el piloto automático. En estos casos, el sistema operativo se encarga de procesar datos de GPS, giroscopios, brújulas digitales y mapas electrónicos (como ECDIS) para mantener el rumbo del buque sin intervención constante del capitán. Este tipo de asistencia reduce la carga de trabajo de la tripulación y mejora la precisión en trayectos largos.

Además, los SO coordinan sistemas de monitoreo y control de motores, gestionando variables como temperatura, presión, consumo de combustible, y comportamiento mecánico. Esto permite no solo detectar fallas tempranas, sino también realizar ajustes dinámicos para maximizar la eficiencia energética. Del mismo modo, supervisan la distribución eléctrica del barco, asegurando que los sistemas prioritarios mantengan su funcionamiento incluso ante fallos.

Otra aplicación práctica relevante es el monitoreo ambiental, mediante sensores que registran condiciones externas como el estado del mar, temperatura del agua, velocidad del viento o presencia de obstáculos. Toda esta información se procesa en tiempo real y se muestra en la interfaz del sistema, facilitando decisiones rápidas para maniobras o ajustes de ruta.

Finalmente, los SO también son responsables de gestionar los sistemas de comunicación interna y externa, así como los protocolos de seguridad. Esto incluye desde alarmas automáticas y botones de emergencia hasta el envío de reportes automáticos a centros de control en tierra. Incluso en operaciones rutinarias como el mantenimiento preventivo, el sistema operativo facilita diagnósticos y configuraciones mediante interfaces accesibles y sistemas de registro.

## **9. Estándares y Seguridad Marítima.**

---

La operación de embarcaciones en aguas internacionales está estrictamente regulada por una serie de normativas y estándares internacionales que garantizan la seguridad de la vida humana, la protección ambiental y la integridad de las operaciones técnicas. En este contexto, los sistemas operativos utilizados a bordo deben estar diseñados para cumplir con estos requerimientos, tanto a nivel funcional como documental.

Una de las normas más importantes es el SOLAS (Safety of Life at Sea), que establece estándares mínimos de seguridad para la construcción, el equipamiento y la operación de los buques. Los sistemas operativos deben ser capaces de gestionar registros de eventos, activar sistemas de alarma, y garantizar la disponibilidad de funciones críticas bajo cualquier

circunstancia. También deben colaborar con otros sistemas certificados, como los relacionados con navegación electrónica y sistemas de emergencia.

Otra regulación clave es el Código ISM (International Safety Management Code), que exige la implementación de procedimientos documentados para la operación segura de los buques y la prevención de la contaminación. El sistema operativo tiene un rol directo en el cumplimiento de este código, ya que administra los registros digitales, eventos del sistema, y mecanismos de reporte que permiten la trazabilidad y el monitoreo técnico.

En años recientes, también se ha fortalecido la ciberseguridad marítima como requisito indispensable. La Organización Marítima Internacional (IMO) ha emitido lineamientos como la circular MSC-FAL.1/Circ.3, que obliga a los operadores a proteger los sistemas digitales del buque contra accesos no autorizados, fallos provocados, o ataques externos. Los sistemas operativos deben incluir funciones de aislamiento de procesos, control de acceso, monitoreo de red, y actualización segura del software.

Así pues, los SO también deben ser compatibles con estándares técnicos como el NMEA 2000 para comunicación entre equipos de navegación y control, así como con normas de interoperabilidad que permitan integrar sistemas de diferentes fabricantes. Esto facilita inspecciones, mantenimiento, y modernización de las embarcaciones sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento legal.

## **10. Casos Reales y Tecnologías Emergentes.**

---

La implementación de sistemas operativos especializados en la industria náutica no es solo una posibilidad teórica, sino una realidad aplicada en múltiples contextos operativos, desde embarcaciones de recreo hasta buques militares y comerciales. Diversos fabricantes y organizaciones han adoptado plataformas de tiempo real y sistemas embebidos para gestionar operaciones críticas a bordo con alta fiabilidad.

Un ejemplo destacado es el uso del sistema operativo QNX en barcos militares, cruceros y embarcaciones de alta gama. QNX, gracias a su arquitectura de microkernel y su alto nivel de estabilidad, ha sido integrado en sistemas de navegación, control de motores, y soluciones de vigilancia. Su capacidad para aislar procesos y continuar operando aun cuando un módulo falla lo convierte en una opción ideal para aplicaciones de misión crítica.

Por otro lado, el software OpenCPN se ha popularizado en el ámbito de la navegación recreativa. Este sistema, de código abierto, proporciona funciones de cartografía náutica digital, planificación de rutas, y monitoreo GPS. Aunque más limitado que las soluciones comerciales, es un ejemplo claro de cómo los sistemas operativos y las aplicaciones libres también tienen cabida en el sector marítimo.

En cuanto a tecnologías emergentes, uno de los avances más significativos es el desarrollo de buques autónomos, donde empresas como Rolls-Royce Marine están trabajando en



embarcaciones sin tripulación que utilizan sistemas operativos inteligentes para gestionar navegación, comunicaciones, mantenimiento y seguridad de forma completamente automatizada. Estas embarcaciones dependen de plataformas que integran inteligencia artificial, sensores avanzados y edge computing, todo gestionado por SO altamente especializados.

También se observa una creciente adopción del IoT marítimo, donde sensores, actuadores y dispositivos distribuidos en el barco se conectan en red para recolectar y procesar datos en tiempo real. En conjunto, estos casos demuestran cómo los sistemas operativos han evolucionado de ser simples gestores de recursos a convertirse en plataformas inteligentes, interoperables y seguras, preparadas para liderar la transformación digital del sector marítimo global.

## **11. Retos y Futuro de los SO en la Industria Náutica.**

---

El futuro de los sistemas operativos en la industria náutica está marcado por el desafío de adaptarse a una transformación tecnológica acelerada, donde la automatización, la ciberseguridad, la eficiencia energética y la interoperabilidad son pilares clave. Estos avances no solo requieren sistemas más potentes, sino también más inteligentes, resistentes y adaptables al entorno marino.

Uno de los retos más inmediatos es garantizar la estabilidad en entornos extremos. Los sistemas operativos deben seguir funcionando de manera estable ante humedad, salinidad, vibraciones, temperaturas extremas y exposición constante al desgaste físico. Esto obliga a los diseñadores de software a implementar arquitecturas ligeras, modulares y resistentes a fallos.

La ciberseguridad marítima se ha convertido en otro eje crítico. A medida que las embarcaciones integran más conectividad satelital, IoT y servicios remotos, también se exponen a posibles ciberataques. El sistema operativo debe ser capaz de proteger los procesos críticos mediante aislamiento de tareas, autenticación segura, monitoreo de tráfico de red y actualizaciones cifradas.

Además, existe el reto de integrar sistemas heredados con nuevas tecnologías. Muchas embarcaciones aún operan con hardware y software antiguo que no fue diseñado para conectarse a redes modernas o intercambiar datos con inteligencia artificial. Los SO del futuro deberán actuar como puentes tecnológicos, facilitando la interoperabilidad sin comprometer la estabilidad del sistema.

Otra tendencia creciente es la incorporación de inteligencia artificial y edge computing a bordo, lo que implica que los sistemas operativos deben gestionar modelos de aprendizaje automático, analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, y tomar decisiones autónomas sin conexión constante a la nube. Esta evolución exige que los SO incluyan soporte para contenedores, procesamiento distribuido y optimización de recursos a nivel local.

## 12. Conclusiones.

---

Los sistemas operativos han evolucionado hasta convertirse en un componente fundamental dentro de la arquitectura tecnológica de las embarcaciones modernas. Ya no se limitan a gestionar recursos básicos, sino que actúan como plataformas estratégicas que permiten la integración, operación y control de funciones críticas a bordo, desde la navegación automática hasta los sistemas de seguridad y mantenimiento.

A lo largo de esta presentación, o reporte, se ha demostrado que un SO náutico debe cumplir con exigencias particulares, como el procesamiento en tiempo real, la tolerancia a fallos, la eficiencia energética, la interoperabilidad con protocolos marítimos y el cumplimiento de normativas internacionales. Estas características lo distinguen de los sistemas operativos convencionales y evidencian la necesidad de soluciones diseñadas específicamente para entornos marítimos.

En conclusión, el futuro de la industria náutica depende, en gran medida, de la capacidad de los sistemas operativos para evolucionar al ritmo de la digitalización global. Aquellas embarcaciones que integren SO estables, actualizables y preparados para la automatización avanzada, estarán mejor posicionadas para operar con mayor autonomía, seguridad y sostenibilidad.

## 13. Referencias.

---

- 330ohms. (2024, julio 30). *Introducción a los SO en tiempo real: ¿Qué es un RTOS?*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://www.330ohms.com/blogs/blog/introduccion-a-los-so-en-tiempo-real-que-es-un-rto-s>
- COMPRACO. (2024, mayo 25). *Cómo Zephyr hace que el desarrollo de software integrado sea muy sencillo*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://compraco.com.br/es/blogs/tecnologia-e-desenvolvimento/como-o-zephyr-torna-o-desenvolvimento-de-software-embarcado-uma-brisa>
- Franco Vazquez, E. (S.f.). *QNX Real Time Operating System*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://es.scribd.com/doc/142758972/QNX-Real-Time-Operating-System>
- Administración de Sistemas. (2024, septiembre 28). *Zephyr OS: Sistema Operativo de Código Abierto para el Internet de las Cosas (IoT)*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://administraciondesistemas.com/zephyr-os-iot/>
- Yumpu. (S.f.). *Sistema Operativo de Tiempo Real QNX*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/15668836/qnx-transparencias-en-pdf-departamento-de-ingenieria-de->
- Villa Caro, R. *Sistemas de control en Buques*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://exponav.org/blog/puertos-y-buques/sistemas-de-control-en-buques/>
- PRONAUTIC. (S.f.). *El GPS náutico, su uso y utilidades*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://pronautictc.com/gps-nautico-uso-y-utilidades/>

- AZIMUT. (S.f). *Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Historia y aplicación en la Náutica*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de: <https://azimutmarine.es/blog/post/sistema-de-posicionamiento-global-gps-historia-aplicacion-en-la-nautica.html>