
PROPULSIÓN NUCLEAR: EL FUTURO DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

♦ RESUMEN ♦

¿Es posible imaginar un futuro donde los buques mercantes naveguen por años sin reabastecerse de combustible? La propulsión nuclear representa una alternativa viable y madura para avanzar en la descarbonización del transporte marítimo. Este artículo argumenta que la adopción amplia de tecnologías nucleares es la opción más efectiva ante los desafíos ambientales y las exigencias regulatorias globales, considerando asimismo los riesgos y los avances en materia de seguridad.

Palabras clave: Propulsion, nuclear, energía, transporte, marítimo.

NUCLEAR PROPULSION: THE FUTURE OF MARITIME TRANSPORT

♦ ABSTRACT ♦

Is it possible to imagine a future where merchant ships sail for years without refueling? Nuclear propulsion represents a viable and mature alternative to advance the decarbonization of maritime transport. This article argues that the adoption of nuclear technologies is the most effective option for environmental challenges and global regulatory demands, carefully considering safety risks and technological improvements.

Keywords: Propulsion, nuclear, energy, transport, maritime.



ALEJANDRO CABEZAS ESPINOZA

Capitán de fragata
Magister en Ciencias Navales y Marítimas (AGN)
(alejandrocabezas.espinoza@gmail.com)
Viña del Mar, Chile.

¿Se imaginan un futuro donde los buques mercantes puedan navegar durante años sin necesidad de reabastecerse de combustible? Esta visión ya no es solo ciencia ficción, sino una posibilidad real que podría transformar la industria marítima ante la urgente necesidad de descarbonización global.

En 2024 se registró el año más cálido de la historia, con una temperatura media global de 1,55°C por encima de los niveles preindustriales (NOAA, 2024). Esta realidad recuerda la necesidad de tomar acción sobre el control de los gases de efecto invernadero, para frenar el aumento de las temperaturas globales. Alineada con ese objetivo, la Organización Marítima Internacional (OMI) ha establecido metas ambiciosas: reducir las emisiones en un 20-30 % para 2030, 70-80 % para 2040 y alcanzar emisiones netas cero hacia 2050 (OMI, 2023).

Ante este contexto, la **propulsión nuclear** se perfila como la mejor opción para la descarbonización marítima: madura, responsable medioambientalmente y viable a largo plazo.

Una tecnología madura y consolidada

La propulsión nuclear no es experimental. Tiene más de 65 años de desarrollo. El primer buque civil, el NS Savannah, fue botado en 1959 en Estados Unidos, apenas siete años después de que la fisión nuclear fuera utilizada como arma de guerra (World Nuclear Association, 2024a). Este hito marcó el inicio del uso pacífico de la energía nuclear en el transporte marítimo.

Hoy, **cientos de buques** usan propulsión nuclear con seguridad y eficiencia. Estados Unidos opera 10 portaaviones clase Nimitz, propulsados cada uno por dos reactores nucleares A4W (Naval Technology, 2023). Rusia lidera con su flota de rompehielos nucleares, como el Atomflot, protagonistas en el Ártico (World Nuclear Association, 2024b). Francia emplea el Charles de Gaulle con reactores Areva K15 (WNN, 2021). Reino Unido, China, India y Brasil desarrollan o mantienen unidades navales nucleares (Naval News, 2024). Brasil, de



Sede de la Organización Marítima Internacional (OMI), Londres.
(Fuente: Wikimedia Commons).

hecho, estima para la próxima década la entrada en servicio de su primer submarino nuclear, el SN-10 Álvaro Alberto, con un reactor de desarrollo propio (Naval News, 2024).

Esta tecnología funciona utilizando un reactor nuclear para calentar agua, la que se transforma en vapor, el cual sube y hace girar turbinas cuyo movimiento produce electricidad, el mismo mecanismo base con el que se propulsaba nuestra Escuadra Nacional hace una generación atrás con los destructores clase County y las fragatas clase Leander.

Clave para la descarbonización

La propulsión nuclear puede reducir drásticamente las emisiones globales de gases de efecto invernadero, ya que durante su operación, los reactores nucleares no emiten CO₂, a diferencia de los sistemas convencionales basados en combustibles fósiles (World Nuclear Association, 2022).

El transporte marítimo genera cerca del 3 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, es decir, alrededor de 1.000 millones de toneladas al año (OMI, 2023; The International Council on Clean Transportation, 2020). Los buques sobre 5.000 toneladas de arqueo bruto son responsables del 85 % de esas emisiones (Davis, 2022), por lo que al sustituir progresivamente sus motores por reactores nucleares y turbinas a vapor, podría reducirse la gran mayoría de emisiones directas del transporte marítimo, lo que contribuiría sustantivamente a cumplir el objetivo de la OMI para 2050.

Preocupaciones de seguridad

No obstante, existen fundadas preocupaciones en torno a la seguridad nuclear o accidentes no relacionados que podrían generar contaminación radioactiva. Han ocurrido accidentes, como el del submarino soviético K-27 en 1968, cuya falla provocó la muerte de nueve tripulantes por exposición a la radiación



**EL USS Nimitz, es un portaaviones de propulsión nuclear, Clase Nimitz.
(Fuente: Wikimedia Commons).**

Propulsión nuclear. El futuro del transporte marítimo

A. Cabezas

(Croft, 1999). También hay casos como el hundimiento del USS Scorpion, el USS Thresher y otros accidentes en submarinos soviéticos (Symonds, 2018).

En el ámbito civil, los accidentes de Chernóbil (1986) y Fukushima (2011) ilustran los riesgos cuando los sistemas de seguridad fallan (World Nuclear Association, 2024c). Chernóbil contaminó más de 162.000 km² y Fukushima confirmó que los reactores modernos no están exentos de incidentes.

Adicionalmente, la gestión de residuos nucleares sigue siendo un desafío. El combustible nuclear, que cumplió su ciclo de vida útil, puede permanecer radiactivo durante milenios, exigiendo almacenamiento seguro y soluciones de disposición definitiva que la mayoría de los países aún no implementan por completo (IAEA, 2018).

Los reactores modernos

Sin embargo, la seguridad nuclear ha mejorado enormemente. Estudios indican que la energía nuclear es tan segura

como fuentes renovables, considerando mortalidad por unidad de energía generada. De hecho, la mortalidad asociada a combustibles fósiles es 35 a 1.090 veces superior a la asociada a la energía nuclear (Markandya & Wilkinson, 2007).

Los reactores de Generación III y III+ implementan múltiples sistemas de seguridad activos y pasivos, por lo que la probabilidad anual de accidente con daño al núcleo se ha reducido a 10⁻⁶, significativamente menor que en generaciones previas (World Nuclear Association, 2024a). Además, las innovaciones tecnológicas traen reactores de Generación IV, aún más seguros, junto con los pequeños reactores modulares (SMR), que incorporan sistemas pasivos que funcionan sin intervención humana (GIF, 2022; World Nuclear Association, 2024d).

La gestión moderna de residuos nucleares comienza con su almacenamiento seguro en piscinas de enfriamiento y contenedores secos, avanzando hacia repositorios geológicos profundos como solución definitiva. El reprocesamiento permite recuperar materiales valiosos para nuevos usos, reduciendo el volumen de los desechos finales (IAEA, 2018; World



Buque portacontenedores de propulsión nuclear Hyundai.
(Fuente: HD KSOE).

Nuclear Association, 2022). Además, parte de los residuos puede aprovecharse en aplicaciones médicas e industriales.

Por otra parte, las nuevas tecnologías exploran el uso de tritio como combustible, que podría producirse a partir de litio, mediante el bombardeo neutrónico, especialmente relevante para futuros reactores de fusión (ITER Organization, 2023).

Oportunidades para Chile

La propulsión nuclear es la solución técnicamente más viable para descarbonizar el transporte marítimo. Se trata de una tecnología madura, avalada por décadas de operación segura en flotas

navales, y con el potencial de eliminar la mayoría de las emisiones directas del sector más contaminante (IMO, 2023; World Nuclear Association, 2022). Los avances modernos mitigan adecuadamente las preocupaciones de seguridad y residuos.

Cumplir las metas de la OMI para 2050 exige invertir en tecnologías y marcos regulatorios sólidos, y fomentar la cooperación internacional.

Para Chile, la transición nuclear es además una oportunidad estratégica: el país posee las mayores reservas mundiales de litio (USGS, 2024). Más allá de exportar litio como insumo para baterías, podría liderar la producción de tritio para futuros reactores, posicionándose en el corazón de la próxima revolución energética marítima.



LISTA DE REFERENCIAS

1. Croft, S. (1999). *The Russian submarine disaster: Implications for nuclear safety*. *Journal of Radiological Protection*, 19(3), 299-301.
2. Davis, B. (2022, mes día). *How shipping has become the world's invisible emissions giant*. *Financial Times*.
3. Generation IV International Forum. (2022). *Annual Report 2021*. Recuperado de <https://www.gen-4.org>
4. International Atomic Energy Agency. (2018). *Management of spent fuel from nuclear power reactors*. Recuperado de <https://www.iaea.org/publications>
5. International Maritime Organization. (2023). *IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships*. Recuperado de <https://www.imo.org>
6. ITER Organization. (2023). *Fuel cycle: Breeding tritium from lithium*. Recuperado de <https://www.iter.org>
7. Markandya, A., & Wilkinson, P. (2007). *Electricity generation and health*. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)
8. Naval News Staff. (2023, octubre 10). *Brazil's nuclear powered submarine project reaches new milestone*. *Naval News*. Recuperado de <https://www.navalnews.com/naval-news/2023/10/brazils-nuclear-powered-submarine-project-reaches-new-milestone>
9. Naval Technology. (2023, mes día). *US Navy's Nimitz class aircraft carriers factsheet*. Recuperado de [URL] — Nota: Falta la fecha exacta y URL original.
10. NOAA. (2024, mes día). *June 2024 was Earth's warmest on record*. *National Centers for Environmental Information (NCEI)*. Recuperado de <https://www.noaa.gov>
11. Symonds, C. L. (2018). *Scorpion down: Sunk by the Soviets, buried by the Pentagon: The untold story of the USS Scorpion*. Simon & Schuster.
12. The International Council on Clean Transportation. (2020). *Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015*.
13. United States Geological Survey. (2024). *Mineral Commodity Summaries: Lithium*.
14. World Nuclear Association. (2022). *Nuclear propulsion*. Recuperado de <https://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/nuclear-powered-ships.aspx>
15. World Nuclear Association. (2024a). *NS Savannah*. Recuperado de <https://world-nuclear.org>
16. World Nuclear Association. (2024b). *Russia's nuclear icebreaker fleet*. Recuperado de <https://world-nuclear.org>
17. World Nuclear Association. (2024c). *Chernobyl accident 1986*. Recuperado de <https://world-nuclear.org>
18. World Nuclear Association. (2024d). *Small nuclear power reactors*. Recuperado de <https://world-nuclear.org>
19. World Nuclear News. (2021, mes día). *France's Charles de Gaulle returns to service after refit*. *World Nuclear News*.