
HIDRÓGENO VERDE: CONDICIONES DE DESARROLLO EN CHILE E IMPLICANCIAS INSTITUCIONALES

♦ R E S U M E N ♦

Chile cuenta con condiciones naturales ideales para el desarrollo de iniciativas de Hidrógeno Verde, lo que se evidencia con los proyectos actualmente en curso. Consecuentemente, la Estrategia Nacional respectiva plantea una vocación exportadora en el mediano y largo plazo, lo que implica el desarrollo exponencial de la Industria Naviera y nuevas eventuales implicancias Institucionales como parte de la Administración Marítima Nacional. Este ensayo académico analiza críticamente las potencialidades de Chile, la estrategia nacional de H2V y las posibles implicancias institucionales.

Palabras clave: Hidrocarburos, contaminación, protección, acuático, ambiente.

GREEN HYDROGEN: CHILE'S DEVELOPMENT CONDITIONS AND ITS IMPACT ON HER INSTITUTIONS

♦ A B S T R A C T ♦

Chile has excellent natural conditions for developing Green Hydrogen initiatives, as proven by the ongoing projects. Consequently, the National Strategy proposes an exporting commitment in the medium and long term, which implies the exponential development of the shipping industry and new eventual institutional implications as part of the National Maritime Administration. This essay analyzes Chile's potentialities, our Green Hydrogen (GH2) strategy, and the possible implications on our institutions.

Keywords: Hydrocarbon, pollution, protection, aquatic, environment.



MANUEL FUENZALIDA LÓPEZ

Capitán de corbeta LT

MSc in Maritime Affairs, Maritime Safety and Environmental
Administration (Wold Maritime University, Sweden)

(mfuenzalida116@gmail.com)

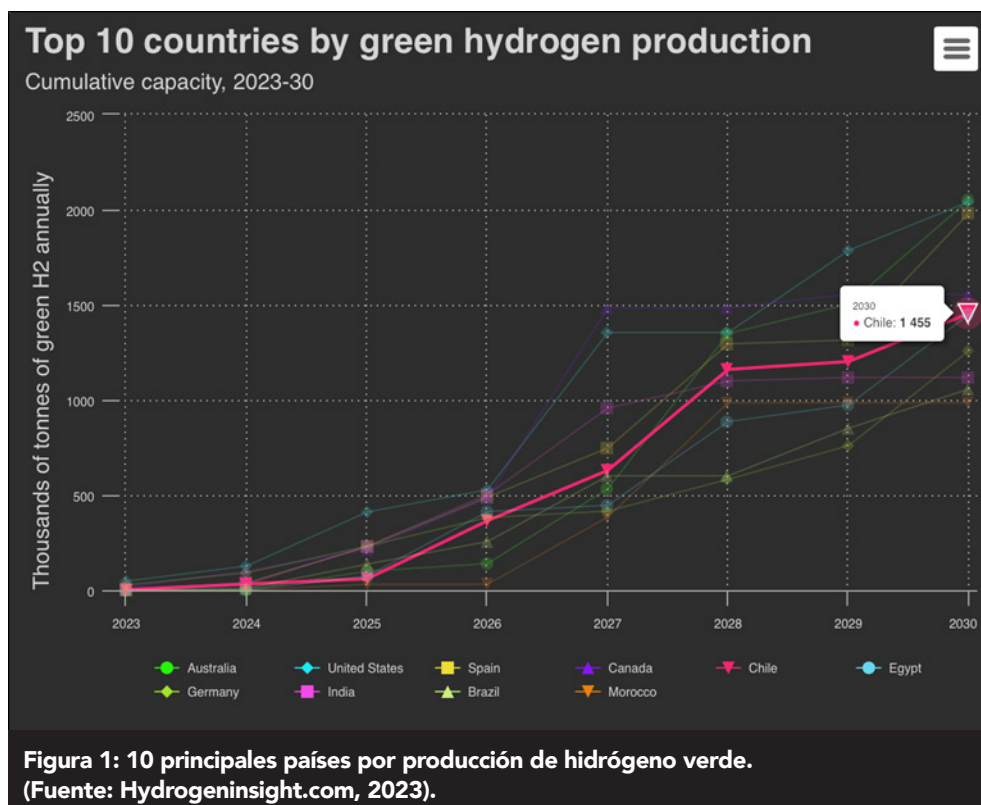
Viña del Mar, Chile.

Históricamente, nuestro país no se ha caracterizado por producir combustibles fósiles. Al contrario, ha dependido siempre de importaciones desde el extranjero, principalmente por vía marítima, para poder satisfacer la necesidad energética nacional (Ministerio de Energía, 2020). Por otra parte, en su Estrategia Climática a Largo Plazo (Gobierno de Chile, 2021) Chile se comprometió a convertirse en un país libre de emisiones para el año 2050, lo que implica buscar soluciones tangibles en el mediano y largo plazo.

Ahora bien, el hidrógeno en sí es el elemento más simple y liviano de la tabla periódica (Ministerio de Energía, 2020), pero también cuenta con una gran potencialidad para mitigar los efectos del cambio climático mediante su desarrollo en diversos procesos y generación de productos derivados de él. Cuando este hidrógeno se produce mediante energías limpias, se le denomina Hidrógeno verde (H₂V). Consecuentemente, Chile figura como uno de los países con

mayor posibilidad de desarrollo de este recurso (Hydrogeninsight.com, 2023), principalmente por las condiciones naturales presentes en el norte en base a la radiación del sol (generación fotovoltaica) y en el extremo sur con sus constantes e intensos vientos, particularmente en la Patagonia (generación eólica).

En ese sentido, en el año 2020 nuestro país desarrolló una Estrategia Nacional de Hidrógeno verde, cuyo objetivo principal es materializar la oportunidad de desarrollo naturalmente presente y aprovecharla de forma eficiente y sustentable, objeto pase a convertirse de teoría en realidad tangible (Ministerio de Energía, 2020). Es por esto que con la creación de nuevas oportunidades viene también la aparición de nuevos desafíos de gobernanza de alcances multidisciplinarios. Particularmente el interfaz buque - instalación portuaria revestirá vital importancia, y con ello el quehacer de la Administración Marítima Nacional, de la cual la Armada de Chile es parte mediante el rol de fomento y



fiscalización permanente que realiza a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) como Autoridad Marítima Nacional.

Construyendo desde lo expresado precedentemente, este ensayo académico busca analizar críticamente las potencialidades con las que cuenta nuestro país para el desarrollo de iniciativas de Hidrógeno Verde, desde la vocación exportadora planteada en su Estrategia Nacional hasta las eventuales implicancias institucionales en el mediano y largo plazo.

Chile a nivel mundial

De acuerdo a lo establecido por un estudio de McKinsey & Company en 2020, el hidrógeno verde producido en las regiones de Atacama y Magallanes - sin considerar los costos de compresión, transporte y distribución - sería el que tendría el costo nivelado de producción más bajo del mundo al 2030. Otras publicaciones más actualizadas sitúan a nuestro país en el cuarto lugar a nivel global respecto de la capacidad acumulativa proyectada de producción de H₂V entre 2023-2030 (Hydrogeninsight.com, 2023).

Inversiones de capitales privados de diversos países del mundo como Estados Unidos, Alemania y Francia (entre otros) han puesto sus ojos en Chile y se encuentran en diversas fases de proyectos a lo largo de nuestro país. A enero de 2024, existe un total de 64 proyectos de H2V en Chile que han sido públicamente anunciados, de los cuales se estima que 6 debiesen presentarse formalmente para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA durante el primer semestre de este año (H2Chile.cl, 2024).

En los últimos 3 años, la industria se ha beneficiado del impulso mediático internacional resultante del desarrollo de iniciativas de privados, siendo lo más visible a la fecha lo realizado por la empresa HIF (*High Innovative Fuels*). Esta empresa de capitales chilenos, pero que cuenta con apoyo de empresas como Porsche, ENEL, *Green Powers* y *Siemens Energy*, construyó la primera planta integrada productora de E-Combustibles limpios basados en hidrógeno verde (H2V) del mundo (Forbes, 2022). Consecuentemente, para activar la planta demostrativa "Haru Oni" (Lugar de vientos en Selknam), ubicada en Punta Arenas, llenaron con combustible sintético producido allí a un auto Porsche 911, el que anduvo sin inconvenientes con este



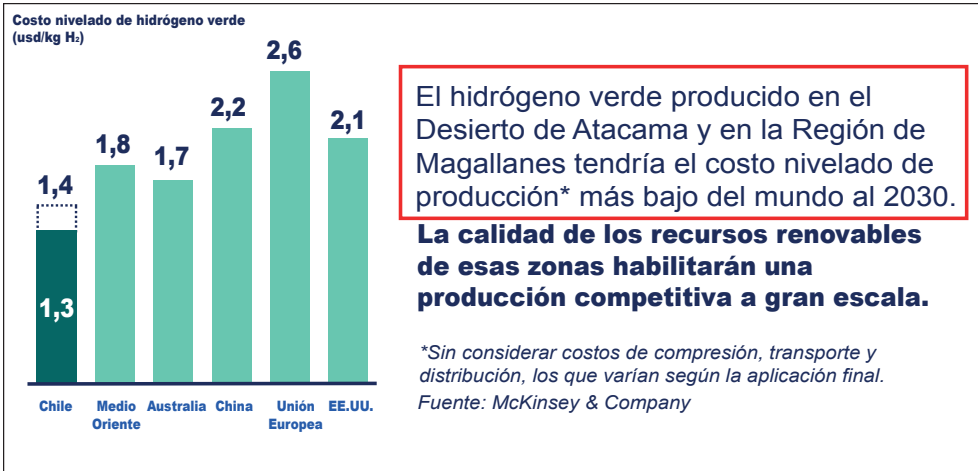


Figura 3: Costo nivelado de hidrógeno verde.
(Fuente: Ministerio de Energía, 2023).

nuevo combustible bajo en emisiones y producido solo con energías limpias. Esto último resaltando el hecho de que no fue necesario efectuar modificación alguna al motor original del vehículo.

Lo descrito precedentemente generó un gran interés en la comunidad internacional, que se representó tangiblemente mediante acuerdos bilaterales suscritos durante los años 2022 y 2023, en investigación y colaboración en materia energética con la Unión Europea, Banco Japonés para la Cooperación Internacional, Banco Europeo de Inversiones, Francia y Estados Unidos. Consecuentemente en cifras publicadas en 2023, Chile volvió al TOP 15 (lugar 14) a nivel mundial de los países más atractivos para invertir en energías renovables (Ministerio de Energía, 2023), haciendo referencia a la visión de Estado existente para el desarrollo de la Industria del Hidrógeno Verde en el mediano plazo. Al respecto, nuestro país es el único de la región en figurar en este ranking.

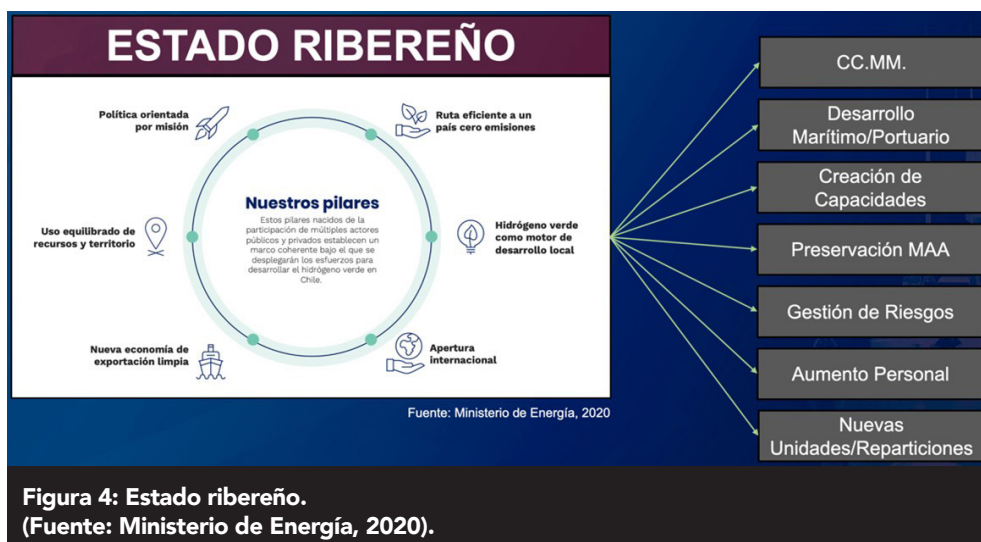
Estrategia nacional de hidrógeno verde

El interés del mundo ante la evidencia de las capacidades naturales de Chile para producir Hidrógeno verde y sus derivados llevó a los gobiernos a desarrollar análisis y

estudios externos de factibilidad, con miras a definir una ruta a seguir que permitiese aprovechar esta oportunidad. Como resultado de lo anterior, en 2020 se publicó la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde por parte del Ministerio de Energía. Dicha estrategia fue preparada también por la consultora externa McKinsey & Company, además del apoyo de un consejo asesor altamente técnico y multidisciplinario, lo que permitió darle una mirada amplia a una oportunidad que buscaba "marcar un punto de partida esencial para una transformación profunda de la identidad productiva del país" (Ministerio Energía, 2020).

En lo específico, esta Estrategia identifica las ventajas comparativas de los tres grandes sectores de nuestro país en base al siguiente detalle:

- En el norte, se presenta la radiación solar más alta del planeta.
- En la zona central, la generación solar es más competitiva que la generación eléctrica con energía fósil, con un potencial a los grandes centros de consumo, redes de gas, centros logísticos portuarios y viales.
- En la zona austral, los vientos soplan en forma permanente con una intensidad



en tierra similar a la de mar adentro, permitiendo niveles equivalentes a turbinas "off-shore" en tierra.

Parte de lo que plantea la Estrategia es que nuestro país tendría el H₂V más competitivo del planeta. Lo anterior considerando los beneficios tributarios para zonas extremas y la creciente disponibilidad de financiamiento verde, que contribuyen a la competitividad de los modelos de negocio basados en combustibles limpios producidos en Chile. Estas estimaciones no consideraron los costos asociados a compresión, transporte y distribución, los que inciden directamente en el valor final y constituyen el desafío principal para un desarrollo eficiente y competitivo de este recurso.

Las proyecciones establecidas en la Estrategia Nacional posicionarían a esta industria en niveles que podrían ser comparables con nuestra industria de la minería. Tomando como referencia las políticas globales de descarbonización y sumados a la competitividad de Chile como país productor de energías limpias y en particular H₂V, también se plantea que de hacer las cosas bien y a tiempo, el uso de este recurso para fines domésticos podría generar una industria para competir en mercados de exportación internacionales. Al mismo tiempo, se establece que la inversión en H₂V está directamente

vinculada con la creación de nuevos polos de desarrollo en el país.

Ahora bien, la ambición nacional va de la mano con la implementación de aplicaciones locales para posteriormente aspirar a mercados de exportación. En ese sentido, en 2020 se trazó el primer objetivo de establecer unas bases técnicas a desarrollar, para ya en 2025 activar la industria/desarrollar la exportación y hacia 2030 conquistar los mercados globales. Consecuentemente, dos de los cinco pilares definidos tienen directa relación con la institución, respecto de la "Apertura internacional" y "una nueva economía de exportación limpia". Al respecto, abrirse al exterior y presentarse como un "buen socio" dará paso a un interés por invertir y, eventualmente, exportar recursos derivados del hidrógeno (como amoníaco por ejemplo). Esto hace directa referencia al hecho de Chile colabore "in extenso" con actores internacionales de los sectores tanto privado como público en el mercado global.

Consecuentemente, estamos cerrando la primera fase de establecer las bases técnicas, dando paso al inicio de la segunda fase "entrar con fuerza a los mercados internacionales" entre los años 2025 y 2030. Lo que se busca es levantar la industria tanto de producción como de exportación de amoníaco verde a través

de atracción de promoción y consorcios en escala de Giga Watts (GB) de producción, como asimismo, establecer acuerdos que permitan acelerar el desarrollo a futuro de una eventual exportación de hidrógeno.

Finalmente, la tercera etapa busca "explotar las sinergias y economías de escala para avanzar como proveedor global de energéticos limpios" (Ministerio Energía, 2020). Considerando que varios países están actualmente reforzando sus estrategias de descarbonización en base a desarrollo de nuevas tecnologías, el mercado de exportación debiese diversificarse y crecer. Dentro de esas nuevas tecnologías, hay una tendencia a estimar el uso de combustibles sintéticos en la industria de la aviación y amoníaco verde (derivado del H₂V) en el transporte Marítimo.

Identificación de las implicancias institucionales

En primer lugar, es importante clarificar cuales son los alcances marítimos de gobernanza marítima en los cuales la Armada es parte vital de la mano de

DIRECTEMAR, como ente fiscalizador y de fomento de la actividad marítimo-portuaria nacional. En ese sentido, la orgánica marítima nacional se basa en el concepto de Administración Marítima Nacional (AMN), cuya función es la de velar por el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contraidas en la normativa internacional y nacional, con miras a alcanzar los más altos estándares de desempeño en el sector marítimo-portuario (DIRECTEMAR, 2021). Consecuentemente, la AMN se conforma por distintos organismos e instituciones del estado con competencias en el ámbito marítimo-portuario, que se reúnen en un grupo de Coordinación Inter-ministerial para Asuntos Marítimos, llamado "Comité de Coordinación de la Administración Marítima Nacional".

De este modo, se definen 3 estados de Gobernanza Marítima de acuerdo al siguiente detalle e identificación de sus implicancias institucionales:

- Estado Ribereño (*Coastal State*): definido como la "potestad de un estado para legislar sobre los espacios marítimos por el cual tiene soberanía o derechos soberanos" (DIRECTEMAR, 2021), es el estado de Gobernanza con

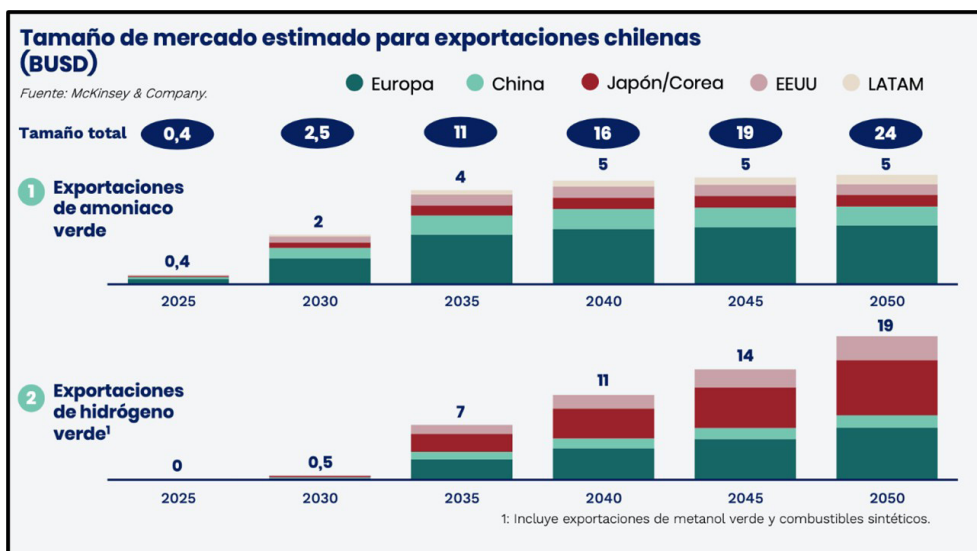


Figura 5: Tamaño de mercado estimado para exportaciones chilenas.
(Fuente: Ministerio de Energía, 2020).

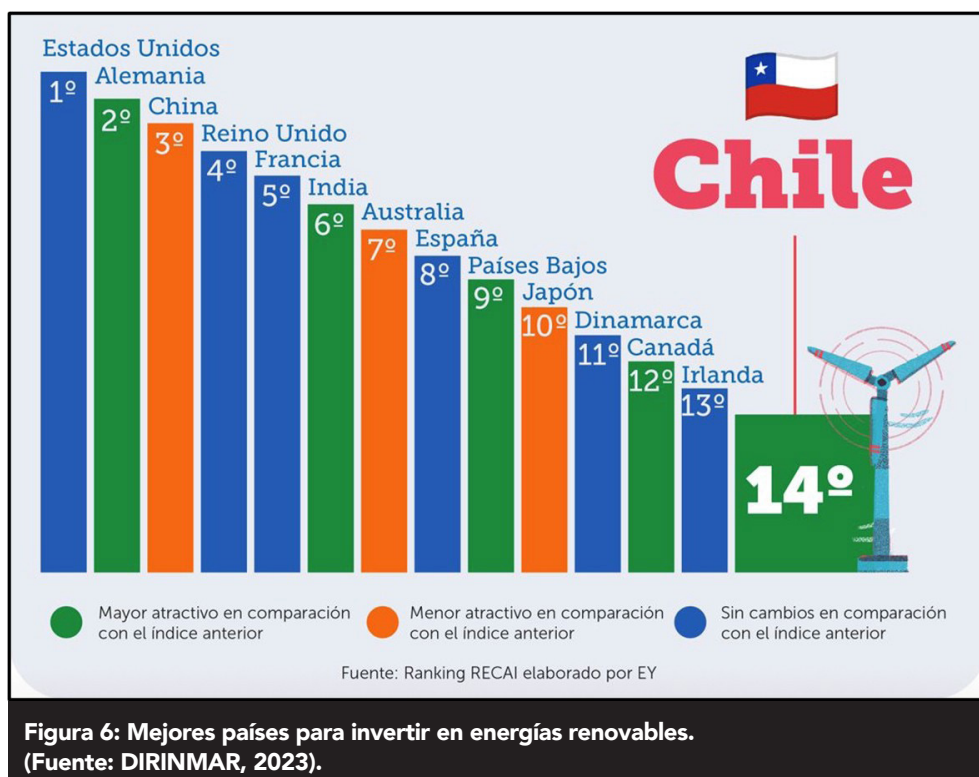
mayor incidencia en el corto y mediano plazo respecto del desarrollo del H2V, lo que puede resumirse en base a los conceptos expuestos en la figura 6 (DIRINMAR, 2023), de acuerdo al siguiente detalle:

- **Concesiones Marítimas:** El sistema integral de administración del Borde Costero dispone que los proyectos marítimo-portuarios cuenten con concesiones marítimas y aprueben todos los procesos asociados descritos en el reglamento respectivo. Esto reviste un desafío complejo, considerando que los plazos en la tramitación de este tipo de proyectos pueden ser de varios años.
- **Desarrollo Marítimo/Portuario:** La capacidad de instalaciones marítimo-portuarias existentes no son las suficientes para el desarrollo de la industria y (a futuro) exportación de productos derivados del H2V.
- **Creación de Capacidades:** El hablar de nueva industria de H2V, a

nivel global, implica directamente que hay conocimiento que debe desarrollarse y tecnologías que aún no existen y son necesarias en el corto y mediano plazo.

- **Preservación del Medio Ambiente Acuático:** La Institucionalidad Ambiental vigente en nuestro país establece claramente los instrumentos de gestión ambiental y cómo opera la interacción entre los organismos sectoriales. De esta forma, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) implica la participación de varios organismos del estado en la evaluación de los proyectos, lo que hace particularmente compleja la gestión de estos proyectos.

- **Aumento de Personal:** El Congreso aprobó el aumento del personal de planta del Escalafón de Litoral en marzo de este año (Infodefensa.com, 2024), pero el proceso de desarrollo de la industria de H2V en Chile y las ambiciones



estampadas en la estrategia nacional llevan a plantear la interrogante de si el personal disponible para fiscalización de todas las actividades relacionadas es el suficiente o si, por el contrario, es necesario evidenciar una necesidad de aumento de personal capacitado.

- **Nuevas Unidades/Reparticiones:** La ubicación geográfica de los proyectos actualmente en diferentes fases de evaluación es, en ocasiones, en áreas a veces de difícil acceso o lejanía de las unidades y reparticiones de los entes de la Administración Marítima responsables por su fiscalización.
- **Estado Rector de Puerto (*Port State Control/PSC*):** El estado rector de Puerto se define como la "Potestad de un Estado en verificar el cumplimiento de todas las normas internacionales, sobre los buques de otras banderas, que voluntariamente recalán puertos nacionales" (DIRECTEMAR, 2021). En este sentido, las áreas evidenciadas a desarrollar como Administración Marítima son las siguientes:
 - **Aumento en la Demanda de supervisión:** Los inspectores de PSC dependen del Servicio de Inspecciones Marítimas SIM y operan a lo largo de todas las Instalaciones y Recintos Portuarios a nivel Nacional. El desarrollo apresurado de esta industria del H2V innegablemente implica un aumento a la demanda por sus servicios.
 - **Supervisar el Cumplimiento de la implementación de capacidades de los terminales marítimos:** Los terminales marítimos también deben contar con certificaciones de PSC asociadas a la interfaz buque puerto de los nuevos buques, propulsión, transporte y todo lo relacionado con la evolución tecnológica actualmente en proceso a nivel global.
- **Estado de Abanderamiento (*Flag State*):** Entendiendo como Estado de Abanderamiento o de la Bandera a la"

Potestad de un Estado en reconocer que un buque enarbole su pabellón, con el consiguiente aseguramiento de cumplir con todas las normas internacionales, mediante un régimen de inspecciones y seguimiento" (DIRECTEMAR, 2021). De esa definición se pueden evidenciar las siguientes necesidades asociadas al desarrollo de H2V y su industria nacional:

- **Creación de nuevas capacidades:** El personal de inspectores de abanderamiento debe prepararse, desarrollarse y certificarse en nuevas capacidades técnicas de fiscalización inexistentes a la fecha.
- **Certificación de nuevos buques (uso y/o transporte):** se deben emitir certificaciones y verificar el cumplimiento de la normativa marítima internacional asociada, actualmente en etapas tempranas de creación y análisis en la OMI.
- **Certificaciones de seguridad de operación de terminales:** La operación de los terminales marítimos va aparejada con la certificación de los mismos por parte de nuestro estado de abanderamiento.

Respecto de las implicancias navales, preliminarmente es posible identificar un eventual cambio en el activo país hacia un nuevo centro de gravedad, lo que podría requerir replantear las actuales estrategias y necesidades de Seguridad y Protección Naval y Marítima. Asimismo, nuevos desarrollos pueden implicar nuevas amenazas estratégicas que evidenciar y defender. Lo anterior también con miras a desarrollar y potenciar tangiblemente la conciencia marítima institucional y nacional en el corto, mediano y largo plazo.

Reflexiones finales

- a. El mundo transita aceleradamente hacia reemplazar los hidrocarburos por energías limpias, siendo la más viable en un corto y mediano plazo el amoniaco, en primera instancia, con miras a desarrollar el H2V. Chile cuenta

- con ventajas comparativas naturales y el Estado se ha comprometido en impulsar los nuevos polos productivos y asumir liderazgos regionales/ globales. El desafío pendiente: la distribución y el transporte.
- b. La Armada, a través de la Autoridad Marítima en su rol de fomento y fiscalización, debe asumir con prontitud este nuevo desafío, orientando sus capacidades en los polos de desarrollo futuro, capacitando personal para estas actividades y entregando oportunamente las directrices para un
- c. A nivel institucional, se desprende que los desafíos apuntarían a tres ejes principales:
- Defensa, planificación estratégica Armada.
 - Participación en instancias de desarrollo (ASMAR, DIPRIDA).
 - Evolución hacia la descarbonización.



LISTA DE REFERENCIAS

1. Gobierno de Chile. (2021). Estrategia climática de largo plazo. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>
2. Ministerio de Energía. (2020). Estrategia nacional de hidrógeno verde: Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones. https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf
3. Hydrogen Insight. (2023). Which ten countries will be the biggest producers of green hydrogen in 2030? <https://www.hydrogeninsight.com/production/exclusive-which-ten-countries-will-be-the-biggest-producers-of-green-hydrogen-in-2030-/2-1-1405571>
4. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. (2021). Estrategia general de la administración marítima de Chile para la implementación efectiva de los instrumentos internacionales de la Organización Marítima Internacional (OMI) 2021-2025. https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20220125/20220125163404/estrategia_general_.pdf
5. H2Chile. (2024). Mapa de proyectos: Slide de proyectos. <https://h2chile.cl/mapa-de-proyectos/>
6. Gobierno de Chile. (2023). Chile vuelve al top 15 mundial de mejores países para invertir en energías renovables. <https://www.gob.cl/noticias/chile-vuelve-al-top-15-mundial-de-mejores-paises-para-invertir-en-energias-renovables/>
7. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. (2021). Glosario asociado a IMSAS. <https://www.directemar.cl/directemar/auditoria-omi/que-es-imsas/glosario-asociado-a-imsas/glosario-asociado-a-imsas>
8. Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático. (2023). Seminario de Intereses Marítimos Academia de Guerra Naval. Presentación oral DIRINMAR 17 de agosto.
9. Infodefensa.com. (2024). El Senado inicia la tramitación del proyecto que aumenta el número de oficiales Litoral en la Armada de Chile. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4749050/senado-inicia-tramitacion-proyecto-aumenta-numero-oficiales-litoral-armada-chile>