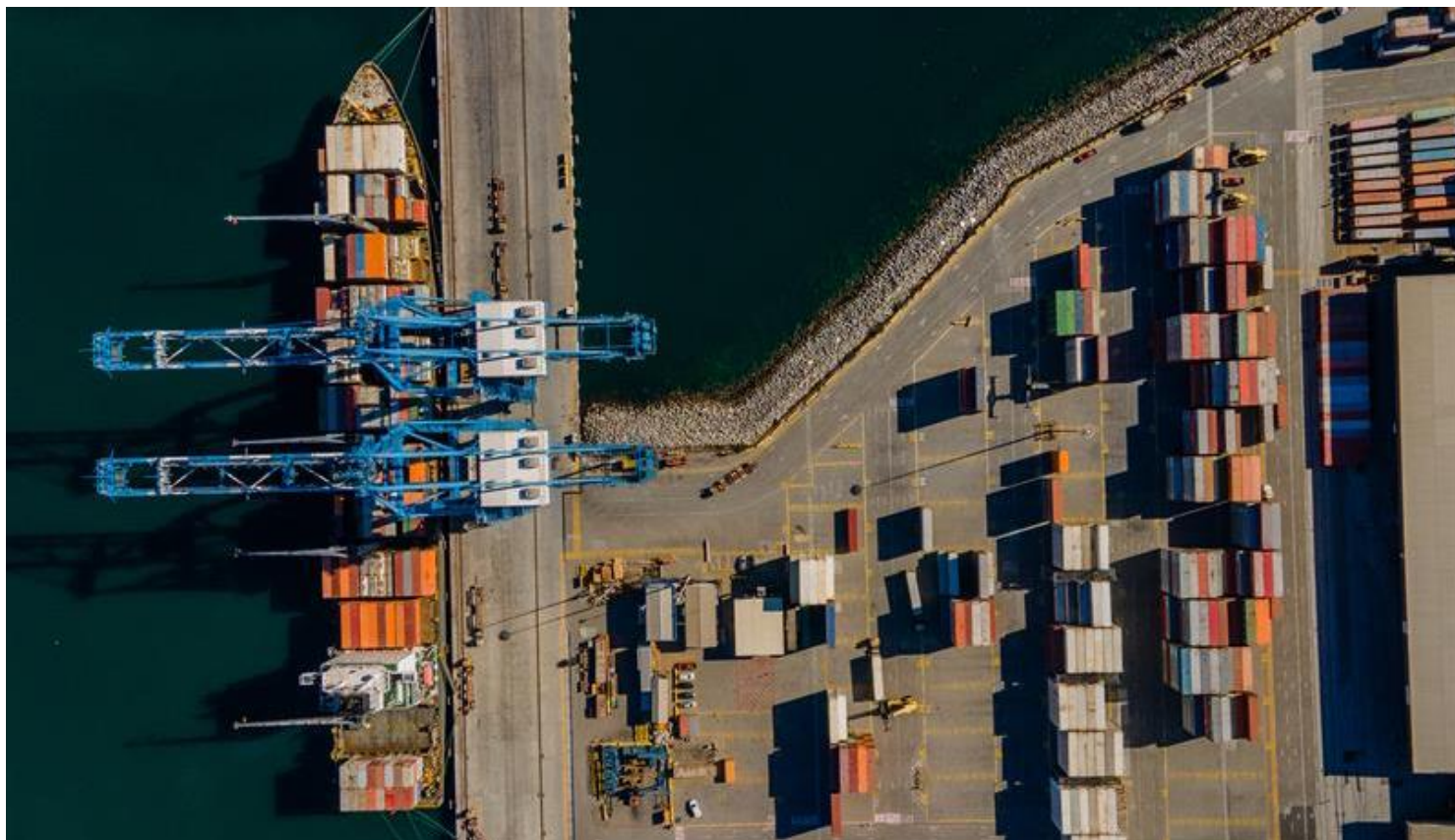




Estudio de cuantificación de la capacidad de infraestructura portuaria chilena para proyectos de hidrógeno

27 de noviembre de 2024

Edición:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:
TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsable:
George Cristodorescu

En coordinación:
Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.energia.gob.cl

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción: ISBN: 978-956-8066-63-5. Primera edición digital: noviembre 2024.
Cita:

Título: Estudio de cuantificación de la capacidad de infraestructura portuaria chilena para proyectos de hidrógeno
Autor(es): GIZ, Subiabre y Sánchez Ingenieros Asociados Limitada
Revisión y modificación: Rubén Guzmán y María Josefina Ramos (MEN), David Medrano (MTT), Rodrigo Carreño, Javier Hueichapán, Pablo Tello Guerra y Rodrigo Vásquez (GIZ).
Edición: Pablo Tello (GIZ).
Santiago de Chile, 2024.
118 Páginas

Fotografía de portada gentileza de @Puestos de Talcahuano
Hidrógeno renovable - Sistema portuario chileno – Capacidad portuaria

SUBIABRE & SÁNCHEZ
INGENIEROS ASOCIADOS LIMITADA

Aclaración:
Esta publicación ha sido preparada por encargo del Proyecto “TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile”, el cual es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK). La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH es una de las agencias implementadoras de la presente iniciativa y el Ministerio de Energía de Chile es la institución contraparte. Sin perjuicio de lo anterior, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK.
Santiago de Chile, 21 de abril de 2021.

Índice de tablas	6
Índice de gráficos.....	7
Índice de ilustraciones.....	8
Prefacio	9
Resumen ejecutivo	10
I. Introducción	10
II. Metodología	10
III. Desarrollo del estudio.....	10
Glosario.....	15
1 Introducción	19
2 Metodología.....	21
3 Situación actual portuaria asociada a proyectos de hidrógeno, amoníaco o metanol	24
3.1 Marco institucional del sector portuario.....	24
3.1.1 Organismos públicos con responsabilidades	24
3.1.2 Régimen de propiedad portuaria	26
3.1.3 Régimen de desarrollo portuario	27
3.1.4 Régimen de prestación de los servicios portuarios	27
3.2 Resolución de habilitación de puertos y terminales	27
3.3 Normativa ambiental	28
3.4 Normativa de planificación territorial.....	28
3.5 Normativa y regulación al manejo de hidrógeno, amoníaco o metanol aplicable en puertos	29
3.5.1 Transferencia de hidrógeno, amoníaco y metanol	29
3.5.2 Almacenamiento y manipulación de amoníaco	29
3.6 Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco, metanol y productos de clase 2 IMDG	30
3.7 La visión de los incumbentes	30
3.7.1 Desarrollo de los proyectos de hidrógeno renovable.....	31
3.7.2 Comportamiento del sistema portuario en la transferencia de carga de proyectos eólicos y la conectividad vial	31
3.7.3 Gestión operacional de embarque y desembarque	33
3.7.4 Transporte vial de carga de proyecto al sitio de montaje del proyecto eólico.....	34
3.7.5 Oferta naviera para el transporte de carga eólica.....	35
3.7.6 La oferta naviera para el transporte de derivados de hidrógeno renovable.....	36
3.7.7 Proyectos de ampliación	36

3.8	Respuesta del sistema portuario ante la evolución de proyectos eólicos y solares	37
3.8.1	Evolución de la generación de energía eólica y solar en operación y su relación con el sector portuario	37
3.8.2	Respuesta del sistema portuario a los proyectos fotovoltaicos desarrollados	37
3.8.3	Respuesta del sistema portuario ante demanda de proyectos eólicos desarrollados	40
4	Descripción de la oferta y demanda portuaria existente.....	43
4.1	Caracterización de los puertos y terminales y sus sitios	43
4.1.1	Especialización y tipos de cargas atendidas	43
4.2	Estadísticas de transferencia de carga y proyecciones.....	45
4.2.1	Evolución de la demanda portuaria	45
4.2.2	Tráfico de cabotaje	49
4.2.3	Proyecciones de demanda portuaria	50
5	Selección y caracterización oferta portuaria para atención de proyectos de energía renovable.....	52
5.1	Puertos y terminales para el desembarque de carga de proyecto	52
5.1.1	Definición de la nave de diseño	52
5.1.2	Identificación de puertos y terminales factibles	53
5.1.3	Proyectos de ampliación	55
5.1.4	Balance demanda-capacidad	55
5.1.5	Identificación de restricciones de infraestructura u operación	58
5.2	Puertos y terminales para el embarque de exportación y cabotaje	58
5.2.1	Definición de la nave de diseño	58
5.2.2	Identificación de puertos y terminales factibles	60
5.2.3	Proyectos de ampliación	64
5.2.4	Balance demanda-capacidad	64
5.2.5	Descripción de las restricciones de la infraestructura.....	64
5.3	Puertos y terminales para el desembarque de cabotaje	68
5.3.1	Definición de la nave de diseño	68
5.3.2	Identificación de puertos y terminales factibles	69
5.3.3	Proyectos de ampliación	73
5.3.4	Balance demanda-capacidad	73
5.3.5	Descripción de las restricciones de la infraestructura.....	73
5.4	Vías alternativas modales de internación de productos	77
6	Capacidad de la infraestructura portuaria adicional para proyectos de hidrógeno, amoníaco y metanol	78
6.1	Escenarios de generación eléctrica, producción y consumo de hidrógeno y amoníaco	78
6.2	Modelo de demanda, producción y distribución	80
6.2.1	Modelo de demanda.....	80
6.2.2	Modelo de producción	82
6.2.3	Modelo de distribución.....	82
6.3	Infraestructura portuaria para el desembarque de carga de proyecto	82
6.3.1	Transferencia proyectada.....	82
6.3.2	Cuantificación de la infraestructura adicional	83
6.3.3	Relación demanda versus capacidad portuaria.....	85

6.3.4	Descripción conceptual de la infraestructura necesaria	90
6.4	Infraestructura portuaria para el embarque de carga de exportación y cabotaje	92
6.4.1	Transferencia proyectada.....	92
6.4.2	Cuantificación de la infraestructura adicional	93
6.4.3	Relación demanda versus capacidad portuaria.....	95
6.4.4	Descripción conceptual de la infraestructura necesaria	95
6.5	Infraestructura portuaria para el desembarque cabotaje	95
6.5.1	Proyección de transferencia de cabotaje.....	95
6.5.2	Cuantificación de la infraestructura adicional	98
6.5.3	Relación demanda - capacidad portuaria de cabotaje.....	99
6.5.4	Descripción conceptual de la infraestructura necesaria para cabotaje	100
7	Conclusiones	101
7.1	Aspectos de carácter general	101
7.2	La situación en la Zona Norte	101
7.3	La situación en la Zona Sur	102
8	Anexos.....	104
8.1	Anexo 1: Contenido planilla “Terminales marítimos”	104
8.2	Anexo 2. Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)	107
8.3	Anexo 3. Proyectos eólicos en operación	109
8.4	Anexo 4. Equipamiento en puertos y terminales seleccionados para desembarque de carga de proyecto	111
8.5	Anexo 5. Levantamiento de la situación de las concesiones marítimas	112
8.6	Anexo 6. Proyección de capacidad instalada fotovoltaica y eólica según escenario	113
9	Referencias	114

Índice de tablas

Tabla 3.1	Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco y metanol.....	30
Tabla 3.2	Puertos y terminales de carga general, especializados en contenedores, capaces de atender proyectos fotovoltaicos según región	39
Tabla 4.1	Puertos y terminales según tipo de operador y uso	43
Tabla 4.2	Distribución volúmenes transferidos en el año 2022 según tipo de carga, zona del país y tipo de uso del puerto o terminal [tm]	44
Tabla 4.3	Cantidad de puertos y terminales por tipo de carga.....	45
Tabla 4.4	Volumen de carga [TM] transferida en puertos por zona y a nivel país entre 2018-2022	46
Tabla 4.5	Distribución de carga líquida de cabotaje (ton) sin ácido sulfúrico entre zonas en 2021	50
Tabla 5.1	Características buque Zhi Xian Zhi Xing	52
Tabla 5.2	Características buque COMBI DOCK I.....	52
Tabla 5.3	Lista de buques de transporte de partes y piezas	52
Tabla 5.4	Terminales aptos para el desembarque de carga de proyecto	54
Tabla 5.5	Demanda período 2018-2022, proyectada año 2032 y 2042 y capacidad de transferencia nave-muelle	57
Tabla 5.6	Condiciones para el transporte de amoníaco, metanol y GLP por mar	59
Tabla 5.7	Puertos y terminales aptos para el embarque carga de exportación y cabotaje.....	61
Tabla 5.8	Velocidades de transferencia y equipamiento puertos y terminales de embarque, exportación y cabotaje	63
Tabla 5.9	Situación de los puertos y terminales inhabilitados	65
Tabla 5.10	Análisis de los planes reguladores e intercomunales aplicables a puertos y terminales de embarque de exportación y cabotaje	66
Tabla 5.11	Caracterización de la flota naviera de cabotaje de ENAP.....	68
Tabla 5.12	Puertos y terminales aptos para el desembarque carga de cabotaje (productos del H2R)	70
Tabla 5.13	Puertos y terminales con limitaciones para atender nave de diseño para cabotaje.....	72
Tabla 5.14	Velocidad de transferencia por producto de puertos y terminales para el desembarque de cabotaje	72
Tabla 5.15	Análisis de los planes reguladores e intercomunales aplicables a puertos y terminales de desembarque de cabotaje	75
Tabla 6.1	Escenarios de proyección de producción de hidrógeno en [kton H2R]	78
Tabla 8.1	Contenido hojas planilla “Terminales marítimos”	104
Tabla 8.2	Terminales de descarga de carbón factibles de reconversión	107
Tabla 8.3	Proyectos eólicos en operación	109
Tabla 8.4	Equipamiento en puertos y terminales para desembarque carga proyecto	111
Tabla 8.5	Capacidad instalada asociada a cada escenario de producción de hidrógeno en [MW]	113
Tabla 8.6	Supuestos para el cálculo de la potencia instalada asociada a cada escenario de proyección de producción de hidrógeno en [MW]	113

Índice de gráficos

Gráfico 3-1	Evolución de la capacidad instalada bruta de generación eléctrica (MW).....	37
Gráfico 3-2	Evolución de la capacidad instalada bruta de generación fotovoltaica (MW)	38
Gráfico 3-3	Distribución geográfica de la capacidad instalada neta (MW) solar FV a noviembre de 2023	38
Gráfico 3-4	Estimación máxima por año de contenedores con carga de proyectos solares	39
Gráfico 3-5	Evolución de la capacidad instalada bruta según entrada en operación de proyectos eólicos (MW) 40	
Gráfico 3-6	Distribución geográfica de la capacidad eólica instalada neta (MW) a noviembre de 2023	41
Gráfico 3-7	Evolución anual del número de aerogeneradores por región hasta noviembre de 2023	41
Gráfico 4-1	Participación en volumen total y por tipo de carga de las zonas en 2022	47
Gráfico 4-2	Evolución del volumen de carga total nacional transferida por tipo.....	48
Gráfico 4-3	Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Norte por tipo.....	48
Gráfico 4-4	Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Centro por tipo.....	49
Gráfico 4-5	Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Sur por tipo	49
Gráfico 4-6	Producción de cobre 2021 y proyección periodo 2022 – 2033 a nivel nacional	51
Gráfico 6-1	Capacidad instalada fotovoltaica según escenario	80
Gráfico 6-2	Capacidad instalada eólica según escenario	80
Gráfico 6-3	Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario optimista	81
Gráfico 6-4	Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario intermedio.....	81
Gráfico 6-5	Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario conservador.....	82
Gráfico 6-6	Cantidad anual de torres eólicas a ser desembarcadas por zonas según escenario.....	83
Gráfico 6-7	Cantidad anual de contenedores a desembarcar con paneles fotovoltaicos según escenarios....	83
Gráfico 6-8	Tiempo de ocupación para transferencia de carga de proyectos eólicos según escenarios versus capacidad de ocupación establecidos para 1 y 2 sitios mixtos.....	84
Gráfico 6-9	Tiempo de ocupación para transferencia de contenedores con componentes fotovoltaicos versus capacidad de ocupación establecidos para 1, 2 y 3 sitios full container	85
Gráfico 6-10	Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario optimista.....	86
Gráfico 6-11	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario optimista.....	86
Gráfico 6-12	Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario intermedio	86
Gráfico 6-13	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario intermedio	87
Gráfico 6-14	Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario conservador	87
Gráfico 6-15	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario conservador	87
Gráfico 6-16	Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista	88
Gráfico 6-17	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista	88
Gráfico 6-18	Relación demanda-capacidad para transferencia de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario intermedio	89
Gráfico 6-19	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario intermedio	89
Gráfico 6-20	Relación demanda-capacidad para transferencia de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista conservador	89

Gráfico 6-21	Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador	90
Gráfico 6-22	Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas, con 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista	90
Gráfico 6-23	Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas con extensión de 200 m y 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista	91
Gráfico 6-24	Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas, con 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador.....	91
Gráfico 6-25	Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas con extensión de 200 m y 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador	91
Gráfico 6-26	Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario optimista.....	92
Gráfico 6-27	Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario intermedio	92
Gráfico 6-28	Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario conservador	93
Gráfico 6-29	Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario optimista versus capacidad de ocupación de sitios de granel	93
Gráfico 6-30	Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario intermedio versus capacidad de ocupación de sitios de granel	94
Gráfico 6-31	Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario conservador versus capacidad de ocupación de sitios de granel	94
Gráfico 6-32	Volumen de amoníaco consumido por cada región para escenario optimista	95
Gráfico 6-33	Volumen de amoníaco consumido por cada región en escenario intermedio	96
Gráfico 6-34	Volumen de amoníaco consumido por cada región en escenario conservador	96
Gráfico 6-35	Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por región en escenario optimista.....	97
Gráfico 6-36	Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por región en escenario intermedio	97
Gráfico 6-37	Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por Región en escenario conservador ...	98
Gráfico 6-38	Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario optimista	98
Gráfico 6-39	Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario intermedio	99
Gráfico 6-40	Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario conservador.....	99
Gráfico 6-41	Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje a través del Terminal Marítimo GNL Quintero bajo escenario de producción optimista.....	100
Gráfico 6-42	Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje a través del Terminal Marítimo GNL Quintero bajo escenario conservador	100

Índice de ilustraciones

Ilustración 8-1	Polígonos de áreas de concesiones marítimas de puertos y terminales seleccionados emplazados en la Bahía de Mejillones	112
-----------------	--	-----

Prefacio

Este estudio surge de la necesidad de poder contar con información actualizada acerca de la capacidad del sistema portuario con miras a los desafíos que impondrá la industria del hidrógeno renovable en nuestro país y las oportunidades que ello conlleva para la industria nacional y el desarrollo de actividades de valor agregado a este nuevo sector en nuestro territorio.

Para el análisis actual y cuantificar las posibles futuras necesidades del sistema portuario se debe relevar que existen dos aspectos metodológicos importantes a tener en cuenta al momento de leer e interpretar los resultados. El primero de ellos es que para calcular las necesidades portuarias se utilizó la metodología de capacidad de frentes de atraque generada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en aras de contar con una cuantificación sustentada desde la política pública. El segundo elemento es que, en conjunto con el Ministerio de Energía, se generaron tres escenarios prospectivos de desarrollo de proyectos de hidrógeno renovable, los que se crearon en base a la mejor información tenida a la vista al momento de iniciar el estudio y que por cierto son susceptibles de cambiar en el tiempo.

Presentados los puntos anteriores, se espera que el presente estudio aporte a la conversación y discusión país respecto de la relación entre el sector energía - hidrógeno, el sector logístico y el desarrollo económico asociado a esta nueva industria, que se necesitan mutuamente.

Resumen ejecutivo

I. Introducción

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar la capacidad portuaria actual y futura en Chile asociada a las solicitudes de carga relativas a la generación energética y al embarque y desembarque de productos que requerirá la industria del hidrógeno renovable. De esta manera, se busca conocer las posibles brechas que pudieran surgir en la infraestructura portuaria por efecto de esta nueva demanda, así como las posibles soluciones para superarlas.

II. Metodología

Su estructura está conformada por una presentación y análisis del sistema actual de manera de contextualizar los resultados que se obtendrán respecto a las posibles brechas. Enseguida, se realizó un análisis de la oferta portuaria existente que permitiera seleccionar un conjunto de puertos y terminales posibles de utilizar para atender la demanda proyectada. Tras definir las naves de diseño para cada uno de los servicios (desembarque de carga de proyectos solares o eólicos, exportación y cabotaje de hidrógeno y derivados) y, con ello, las características de cada uno de los terminales, se seleccionaron las unidades aptas para asumir las operaciones portuarias requeridas. En todo este proceso se tuvo en cuenta las opiniones vertidas por distintos incumbentes relacionados con el desarrollo de esta industria.

Aplicando la metodología del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), se calculó la capacidad de los terminales asociándolos a tres zonas del país según la clasificación definida por el Ministerio de Energía. La Zona Norte, comprendida desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Coquimbo; la Zona Centro, que abarca desde la Región de Valparaíso y hasta la Región de Ñuble, y la Zona Sur que se extiende entre la Región del Biobío y la de Magallanes y la Antártica Chilena.

Esta capacidad calculada para la carga de proyecto, exportación y cabotaje fue contrastada con las proyecciones de demanda elaboradas por el Ministerio de Energía y GIZ, con tres escenarios de producción de hidrógeno renovable: optimista, intermedio y conservador, para los cortes temporales 2030, 2040 y 2050. Para ello se consideró que, en función de su proximidad, la demanda de servicios portuarios de la Zona Norte sería atendida por puertos de la Región de Antofagasta y que la correspondiente a la Zona Centro y Sur lo sería por puertos ubicados en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Se asumió que la producción del hidrógeno se utilizaría totalmente para generar amoníaco. Con los factores de conversión se obtuvo la cantidad que habría que embarcar tanto para la exportación como para el cabotaje. Se consideró además, que la demanda por amoníaco dentro del país de la Zona Norte sería cubierta por los puertos de Antofagasta y la de las Zonas Centro y Sur se concentraría en los terminales de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, considerando que ésta sería la peor situación que habría que enfrentar.

Con la potencia eólica proyectada y ciertos parámetros se calculó la cantidad de torres que habría que instalar, las que fueron transformadas en tonelaje a desembarcar. Para el caso solar fotovoltaico, se utilizó una forma análoga, transformando el valor a cantidad de contenedores a desembarcar.

De esta manera fue posible conocer, en tres escenarios, la relación de ocupación de sitios de atraque existentes con las demandas proyectadas. Para efecto de los análisis se consideró el escenario optimista debido a que representa la situación que más exigiría al sistema portuario.

III. Desarrollo del estudio

Tanto la adaptabilidad como el aumento de la capacidad del sistema portuario deben cumplir normas y procedimientos que dependen de, al menos, quince organismos públicos. Siete están relacionados con la ejecución de proyectos de inversión portuaria y los otros cumplen con funciones normativas y de fiscalización. Esta gran cantidad de actores y funciones influye en los tiempos de los procesos de reconversión, expansión o de desarrollo de nueva infraestructura.

La existencia de un marco normativo distinto entre puertos estatales de carácter público y puertos privados, sean de uso público o privado, genera una condición que limita la acción del Estado para impulsar soluciones.

Por otra parte, los puertos privados obtienen del Estado una concesión marítima que les otorga el derecho a usar un bien nacional de uso público, la potestad para decidir si prestan servicios privados o públicos, y definir las condiciones en que lo realizan. Lo mismo ocurre con empresas estatales no portuarias (ENAP o CODELCO). En cambio, las empresas portuarias estatales están obligadas a prestar servicios de uso público en sus instalaciones. Esta situación es importante tenerla en cuenta, porque actualmente existe disponibilidad de instalaciones privadas que podrían utilizarse para abordar las posibles brechas que se detectan en este estudio, pero ello depende exclusivamente del sector privado y, en el caso de no haber interés, las empresas portuarias estatales presentan ciertas restricciones para actuar. Es el caso de carga esporádica y no permanente como es la carga de proyecto.

Los puertos privados son mayoritariamente de uso privado, se concentran en carga a granel y se ubican mayoritariamente en la Zona Norte; mientras que los puertos estatales concentran sus actividades en la carga general y mantienen puertos a todo lo largo del territorio nacional. Esto se traduce en que la actividad portuaria relacionada con la transferencia de productos como los que generará el hidrógeno renovable funciona bajo el esquema de puertos privados de uso privado y la transferencia de carga general se realiza principalmente por puertos estatales.

Las entrevistas realizadas a incumbentes muestran que, en el desarrollo de los proyectos solares y eólicos, el sistema portuario ha sido eficaz; pero que existen ineficiencias importantes que se podrían resolver como reducir la lentitud de los procesos, la baja prioridad que tiene para los puertos este tipo de carga y las restricciones para transportar la carga desde los puertos hacia los lugares de acopio. Respecto a la infraestructura destinada a embarcar la carga de exportación y desembarcar la carga de cabotaje, señalan la existencia de proyectos en curso, pero ven con preocupación los tiempos de ejecución y remarcan que la mayor dificultad se encuentra en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

La generación eólica en lo que hoy es el Sistema Eléctrico Nacional comenzó en el año 2007 y la solar fotovoltaica en el año 2012. Para el sistema portuario, los desafíos son distintos si se trata de una tecnología u otra. La carga de proyecto ligada a la energía solar fotovoltaica se transporta en buques de contenedores, donde el país cuenta con terminales especializados y servicios de línea permanentes, mientras que la ligada a la energía eólica es carga de proyecto de grandes dimensiones que requiere de procedimientos especiales y de servicios esporádicos. En los tres últimos años, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica ha crecido y se ha ido instalando, principalmente, en la Zona Norte, en especial en las Regiones de Antofagasta y Atacama.

Las estimaciones máximas, si se considera una potencia por panel de 350W y una capacidad de un contenedor de 40 pies de 600 unidades, señalan que se habrían descargado cerca de 24,5 millones de placas solares o equivalentemente cerca de 41.000 contenedores entre los años 2012 y 2023, con un peak anual de 9.382 unidades en el año 2022.

Si se utiliza el escenario más desfavorable para evaluar cómo respondió el sistema, se llega a la conclusión que, en la Región de Antofagasta donde se acumuló la mayor demanda, no existieron dificultades para desembarcar este tipo de carga. Ello, porque en el año 2022 se transfirieron cerca de 156.000 contenedores, contra las 201.000 unidades transferidas en el año peak. En el resto de las regiones del país, las cantidades fueron muy menores como para conflictuar al sistema portuario.

Por su parte, la capacidad eólica instalada también ha crecido sostenidamente desde sus inicios y la ubicación de parques ha sido preferentemente en la Zona Norte. En la Región de Coquimbo es donde hay la mayor cantidad de aerogeneradores instalados, seguida por las Regiones de Atacama y de Antofagasta. Al mes de noviembre de 2023, según datos de la Comisión Nacional de Energía, hay 1.454 aerogeneradores instalados, sin que se hubiese visto afectado el sistema portuario. No obstante, cabe mencionar que el último proyecto eólico de gran envergadura (Horizonte) no ha estado exento de complicaciones en la logística de desembarco.

En el análisis de la oferta portuaria se identificaron 106 terminales que podrían atender cargas asociadas a los proyectos de hidrógeno renovable. La carga transferida en todos los puertos, durante el año 2022, alcanzó las 148.038.916 toneladas métricas (tm); sin embargo, para efectos de este estudio se eliminaron las cargas correspondientes a puertos regionales y otras no relevantes, con lo cual la cantidad total alcanzó las 134.564.796 tm.

La Zona Norte concentra 60,7 millones de tm, con una tasa de variación anual en los últimos 5 años de -0,6%. La Zona Centro alcanzó 40,9 millones de tm con una tasa anual de -1,6%, y la Zona Sur movilizó 32,9 millones de tm con una tasa anual de -6,3%. Para efectos de proyectar la demanda se tomó en cuenta el comportamiento histórico, así, en el caso de la carga general, incluida la refrigerada y de tránsito internacional, se estimó un crecimiento del 2% anual, consistente con el límite inferior de la banda definida por el IPoM a partir del año 2025; para la carga a granel se supuso que no crecía, y para las cargas líquidas se estimó una tasa de 1,3%.

Relativo a la selección de los terminales para analizar su capacidad de recibir carga de proyecto, ello se hizo considerando una nave de diseño con eslora de 190 m; calado de 8,5 m; manga de 30 m y DWT de 40.000 tm. Así, de los 106 terminales seleccionados inicialmente, se identificaron 20 que cumplían las condiciones para atender la nave mencionada, distribuidos en 8 en la Zona Norte, 2 en la Zona Centro y 10 en la Zona Sur. En los análisis respecto al contenido de los planes maestros, concesiones marítimas, RCA y resoluciones de DIRECTEMAR, no se encontraron limitaciones para atender carga de proyecto en estos terminales.

Entre las iniciativas de proyectos de ampliación en curso solo se identificaron actividades programadas en la Zona Sur. Particularmente el Puerto Chincui en la Región de Los Lagos, está desarrollando un proyecto de ampliación de su frente de atraque y de su área de respaldo para mejorar la descarga de palas de 80 m. En la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, ENAP está desarrollando un proyecto para que en su Terminal Laredo se puedan descargar palas eólicas de hasta 80 m donde ya cuenta con concesión marítima, aunque probablemente deberá tramitar una extensión de ella. También, en la misma región, la Empresa Portuaria Austral, está desarrollando el reforzamiento de la losa del Terminal J.S. Mardones con el objeto de operar con grúas móviles y con cargas de mayor peso. Además, existen dos proyectos vinculados a desarrolladores que contemplan frentes de atraque para atender carga de proyectos para lo cual se encuentran tramitando las respectivas concesiones marítimas. Se trata del proyecto de HNHENERGY (ASOE Chile Diez SpA), en la comuna de San Gregorio, y TEG, en las comunas de Porvenir y Primavera.

En relación a la capacidad de embarque de amoníaco o metanol, la nave de diseño identificada para el análisis tiene una capacidad de transporte de 93.000 m³; eslora de 230 m; calado de 12,1; manga de 37 m y DWT de 57.600 tm. En base a esta información se encontraron 21 terminales que cumplían las condiciones para atender esta nave, distribuyéndose 11 en la Zona Norte, 2 en la Zona Centro y 8 en la Zona Sur. También para amoníaco, la empresa Oxiquim está desarrollando un proyecto de ampliación de un muelle con dos sitios de atraque, ubicado en la bahía de Mejillones, en la Zona Norte. En la Zona Centro no se conoce de proyectos en curso y, en la Zona Sur, ENAP está desarrollando proyecto de un muelle con dos sitios el cual cuenta con concesión marítima, aunque probablemente deberá tramitar una extensión de ella.

En cuanto a las restricciones de la infraestructura, de los 21 terminales seleccionados solo 6 cumplen con RCA habilitante; 8 presentan limitaciones en sus resoluciones habilitantes de DIRECTEMAR; 2 unidades deberían hacer cambios en su concesión marítima y todos cumplen con lo establecido en los respectivos Planes Reguladores Comunes.

En cuanto a la situación asociada al cabotaje de amoníaco y metanol, para los centros de distribución ubicados en la Zona Centro, se definió una nave de diseño con una capacidad de 59.000 m³; eslora de 205 m; calado de 12 m; manga de 32,2 m y un DWT de 44.773 tm y para la recepción desde los centros de distribución, una nave con una capacidad de 22.000 m³; eslora de 159,83 m; calado de 10 m; manga de 26,62 m y un DWT de 24.303 tm. Así, de los 106 terminales iniciales se encontró que 26 de ellos son aptos para recibir carga de cabotaje, distribuyéndose 8 en la Zona Norte, 9 en la Zona Centro y 9 en la Zona Sur.

No se identificaron proyectos específicos para realizar este tipo de servicio (embarque de productos con destino interno) ni para la recepción de este tipo de carga, salvo los señalados para el embarque de productos de exportación en la Zona Norte y Sur, por lo que los terminales identificados requerirán reconvertirse o expandirse para atender este tipo de carga.

De los 26 terminales seleccionados solo 5 cumplen con RCA favorable, 4 presentan limitaciones en sus resoluciones habilitantes de DIRECTEMAR. En la Zona Sur un terminal está tramitando modificación de su concesión marítima y todos cumplen con el requisito básico de disponer el uso de actividad productiva. Con respecto a las alternativas de internación de productos a Chile, la opción de usar terminales ubicados en países limítrofes presenta restricciones debido a los tipos de puertos y las largas distancias que habría que cubrir.

Bajo el escenario optimista, en el año 2050, la producción en la Zona Norte sería de 6.223 [kton H₂R] y en la Zona Sur de 4.057 [kton H₂R]. De ella, 3.146 [kton H₂R] estarían destinadas a cabotaje y 7.134 [ktonH₂R] a exportación. Este escenario ha sido escogido para el cálculo de brechas en la infraestructura portuaria por ser el caso que más estresaría al sistema portuario nacional.

Existe una brecha de capacidad portuaria para la transferencia de carga de proyectos eólicos proyectada para el escenario optimista en la Zona Norte, produciéndose un desequilibrio entre la demanda y la capacidad en el Complejo Portuario Puerto Angamos. Para resolver esta brecha, podría considerarse la captura de parte de esta carga por otros terminales ubicados en la misma Zona Norte. También se podría esperar un efecto por reducción de su propia carga por una posible menor incidencia de concentrados, pero de no ser posible habría que considerar la habilitación de un nuevo sitio.

También se identifica una brecha de capacidad portuaria para la transferencia de carga de proyectos eólicos proyectada para el escenario optimista en la Zona Sur. La solución consiste en la extensión del sitio del Terminal J.S. Mardones en 200 m y la incorporación de dos grúas móviles.

La carga de proyectos solares fotovoltaicos no representa una dificultad para el sistema portuario especializado en carga contenedorizada.

Para el embarque de carga de exportación y cabotaje, bajo un escenario de producción optimista en el año 2050, en la Zona Norte se proyecta un volumen de 30,3 millones de toneladas de amoníaco, y en la Zona Sur 22,3 millones de toneladas. Bajo esta situación sería necesario contar con 6 sitios de atraque en la Zona Norte y 5 en la Zona Sur. Esta estimación se hizo considerando una velocidad de transferencia de 800 ton/h y un downtime de 14%. Respecto a las áreas de almacenamiento, cada sitio debería disponer de 2,0 ha para transferir 3,3 ton de amoníaco. Para ello hay disponibilidad de puertos privados que se encuentran o se encontrarán fuera de uso debido a que prestaban o prestan servicios a centrales de carbón que ya no funcionan o saldrán del sistema, o que se encuentran inhabilitados temporalmente por DIRECTEMAR, los que deberían reconvertirse o tramitar su habilitación para operar.

Para el desembarque de cabotaje, en el escenario optimista, el centro principal estaría en la Región de Valparaíso y del Biobío. La carga que se movilizaría sería de 6 y 3 millones de toneladas, respectivamente. Se requeriría de dos sitios en la Región de Valparaíso con un área de 2 ha por sitio. En el resto de las regiones se necesitaría de un sitio con un área de 1 ha. Salvo en el caso del Biobío donde habría que considerar un posible rol de respaldo para la Región de Valparaíso destinado a enfrentar posibles emergencias. La velocidad de desembarque se estima en 500 ton/h, salvo para la Región de Aysén donde se consideraron 370 ton/h. Para el funcionamiento del sistema de distribución interna se requiere contar con un plan para gestionar adecuadamente el periodo de transición entre la salida de los combustibles fósiles y el ingreso de los combustibles derivados del hidrógeno.

En resumen, a la fecha, el sistema portuario ha sido resiliente frente a la carga de proyectos eólicos y solares fotovoltaicos. Las brechas detectadas se encuentran en la capacidad del Complejo Portuario Puerto Angamos, en la Región de Antofagasta, y en el Terminal J.S. Mardones ubicado en la Región de Magallanes y la

Antártica Chilena. En relación con el embarque de la carga de exportación y cabotaje en la Zona Norte se requerirían 6 sitios de atraque adicionales para el 2050, existiendo posibilidades que terminales privados se reconviertan para asumir la prestación de servicios a este tipo de carga. En la Zona Sur se necesitaría de 5 sitios de atraque adicionales para el 2050, existiendo posibilidades de absorber dicha demanda futura con terminales actualmente inhabilitados que se podrían reconvertir, algunos terminales mencionados en proyectos de ENAP y otras iniciativas en curso. En cuanto al desembarque de la carga de cabotaje se requiere de un sitio en las Regiones de Atacama, Coquimbo, Los Lagos y Aysén. En todos ellos existen alternativas de acondicionamiento de terminales privados, salvo en Coquimbo. En la Región de Valparaíso se requiere de dos sitios y en la Región del Biobío de uno para lo cual existirían alternativas privadas.

En síntesis y considerando el contexto no solo local sino que internacional, la infraestructura portuaria cobra hoy más que nunca una importancia crucial en el desarrollo de la industria del hidrógeno para Chile, según lo visto, existen múltiples aspectos a tener en consideración para poder fortalecerla los cuales deben ser tomado en atención para las próximas decisiones estratégicas del país.

Glosario

Almacenamiento	Es el servicio que se presta a la carga que permanece en los lugares de depósito determinados por la empresa.
Apilar	Colocar en forma ordenada la carga una sobre otra en las áreas de almacenamiento.
Área de desarrollo portuario	Espacios terrestres, marítimos, lacustres y fluviales calificados por la autoridad portuaria aptos para ser usados en la construcción, ampliación de terminales portuarios, o que por orden de razón logístico, comercial, urbanístico o de otra naturaleza se destinan como tales.
ATI	Es la sociedad Antofagasta Terminal Internacional S.A., concesionaria del Frente de Atraque N°2 de Puerto Antofagasta.
Autoridad Marítima	Corresponde al director de DIRECTEMAR, que es la autoridad superior, así como a los Gobernadores Marítimos y los Capitanes de Puerto.
Babor	Costado izquierdo de una nave.
BEM	Boletín Estadístico Marítimo.
Cabotaje	Todo transporte de carga entre puertos de un mismo país.
Calado	Es la profundidad sumergida de una nave en el agua medida en pies o metros.
Calendario Referencial de Inversiones (Ley N° 19.542)	Es el programa de las inversiones en frentes de atraque, áreas conexas y bienes comunes que pueden ser ejecutadas por particulares o la empresa portuaria estatal, y que considera un período mínimo de cinco años. Comprende, además, una programación indicativa de los llamados a licitación para el otorgamiento de concesiones portuarias para dicho período.
CG	Carga general. Mercancías o bienes diversos que no tienen requisitos de manipulación o almacenamiento específico, condiciones especiales como temperatura controlada o manipulación delicada.
Carga de proyecto	Se refiere a equipos, materiales y maquinaria específicos para un proyecto cuyas dimensiones en peso y volumen son tales que su transporte y manipulación requiere condiciones especiales.
CR	Carga refrigerada. Se refiere a carga de producto que requiere refrigeración en su transporte y manipulación.
Carga rodante	Vehículos de transporte de personas o carga, así como equipos rodantes destinados para la agricultura, minería u otras actividades, movilizadas por sus propios medios.
GS	Granel sólido. Carga de producto sólido movilizado sin envase o empaque.
GL	Granel líquido. Carga líquida embarcados o desembarcados a través de tuberías o mangas.
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre.
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre.
Concesión portuaria (Ley N° 19.542)	Es el contrato solemne, otorgado por escritura pública, a través del cual una empresa concede con exclusividad a una persona natural o jurídica, por un período determinado, un área de un bien inmueble, en este caso en el borde marítimo del país, para que ésta ejecute una obra, preste servicios, desarrolle o mantenga una obra, otorgándosele como contraprestación la explotación de la misma.
DFL	Decreto con Fuerza de Ley.

DIRECTEMAR o DGTM	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
Downtime	Factor de inoperatividad portuaria causada por vientos y/u oleaje.
DOP	Dirección de Obras Portuarias, Ministerio de Obras Públicas.
DP World	Dubay Ports World. Empresa internacional administradora de Puerto Central en San Antonio, y accionista mayoritario de Puerto Lirquén.
DS	Decreto Supremo.
DWT	Tonelaje de peso muerto, TPM, tonelaje de porte bruto (acrónimo del término en inglés Deadweight tonnage). Este es el peso que una nave puede transportar. Está compuesto de combustible, agua dulce, vituallas, aceite lubricante, lastre de agua, tripulación y efectos personales, carga y pasajeros. Este peso muerto variará, dependiendo de cuánta carga embarque o desembarque.
Eslora	Longitud total de la nave, medida desde ambos extremos, proa y popa.
ENAEX	Empresa Nacional de Explosivos S.A.
ENAP	Empresa Nacional del Petróleo.
EPA	Corresponde a las empresas portuarias estatales creadas en virtud de la Ley N° 19.542.
Esquema Monoperador (Ley N° 19.542)	Es el sistema de operación portuaria en que la movilización de carga en el frente de atraque es realizada por una única empresa de muellaje.
Esquema Multiperador (Ley N° 19.542)	Es el sistema de operación portuaria donde las distintas empresas de muellaje pueden prestar sus servicios en un mismo frente de atraque.
Estribor	Llámesse al costado derecho de una nave.
Frente de atraque (Ley N° 19.542)	Es la infraestructura de un puerto que corresponde a un módulo operacionalmente independiente con uno o varios sitios y sus correspondientes áreas de respaldo, cuya finalidad es el atraque de buques, esencialmente para operaciones de transferencia de carga o descarga de mercaderías u otras actividades de naturaleza portuaria.
GASVALPO	Compañía de Gas de Valparaíso S.A.
GLP	Gas licuado de petróleo. Se compone principalmente en propano y butano.
GNL	Gas natural licuado. Se compone principalmente de metano.
H2	Símbolo químico del elemento hidrógeno.
H2R	Hidrógeno renovable. Hidrógeno generado en base a energía renovable.
ICSARA	Informes Consolidados de Solicitudes, Aclaraciones, Rectificaciones y Ampliaciones.
IMDG	International Maritime Dangerous Goods code o código marítimo internacional de mercancías peligrosas.
IPoM	Informe de Política Monetaria. Informe del Banco Central donde presenta sus proyecciones para la economía en el mediano plazo y la visión de su Consejo sobre la evolución de la inflación y sus consecuencias para la conducción de la política monetaria.
ISGOTT	International Safety Guide for Oil Tanker and Terminal. Protocolo de gestión sobre Seguridad, Salud y protección al medio ambiente en los procesos críticos en las operaciones de buques tanques.

ITI	Es la sociedad Iquique Terminal Internacional S.A: concesionaria del frente de atraque N° 2 de Puerto Iquique.
Lifter	En el presente informe se refiere a equipo de transporte carretero que tiene facilidad para alzar un aspa de generador eólico de gran dimensión, evitando que genere obstrucciones en la vía.
Ley N° 19.542	Moderniza el sector portuario estatal, publicada en el Diario Oficial de 19 de diciembre de 1997, y sus modificaciones.
LGUC	Ley General de Urbanismo y Construcciones.
m3	Metros cúbicos.
Manga	Distancia máxima transversal de la nave, medida entre ambas bordas, estribor y babor.
Mercancía peligrosa	Son las mercancías clasificadas como peligrosas para las cuales existen regulaciones con respecto a su procedimiento de aceptación, empaque, estiba, documentación y transporte ya sea para traslado local o internacional. Hay nueve (9) clasificaciones de mercancías peligrosas para el transporte marítimo internacional y las regulaciones, documentación, procedimientos de aceptación, empaque y la estiba son establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI).
MMA	Ministerio del Medio Ambiente.
MM USD	Millones de dólares estadounidenses.
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
MINSAL	Ministerio de Salud.
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
Nudos	Unidad de velocidad expresada en millas náuticas por hora.
NFPA	National Fire Protection Association, es una organización, en EE. UU., que establece código y normas de seguridad relacionados con la prevención de incendios y otros riesgos. Estas normas son ampliamente adoptadas en todo el mundo para promover prácticas seguras y la protección contra riesgos asociados con el fuego y otras emergencias.
NCh	Norma Chilena, son normas desarrolladas por el Instituto de Normalización de Chile. Las normas chilenas son documentos técnicos que establecen requisitos, especificaciones y procedimientos para asegurar la calidad y seguridad de productos y servicios en diversos sectores.
OCIMF	Foro Marítimo Internacional de Compañías Petroleras (Oil Companies International Marine Forum) desarrolla guías y recomendaciones para la industria marítima relacionada con el transporte y terminales de combustibles líquidos, con el objetivo de mejorar la seguridad, cuidado del medio ambiente y eficiencia operativa.
OE1, OE2 y OE3	Objetivo específico 1, 2 o 3 del presente informe.
OGUC	Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.
OMI	Organización Marítima Internacional.
OXIQUM	Sociedad elaboradora de productos químicos OXIQUM S.A., que cuenta con 3 terminales (Mejillones, Quintero y Escuadrón).
Pax	Pasajeros.
PELP	Planificación Energética de Largo Plazo.

Puerto, Terminal o Recinto Portuario (Ley N° 19.542)	Es un área litoral delimitada por condiciones físicas o artificiales que permite la instalación de una infraestructura destinada a la entrada, salida, atraque y permanencia de naves, y a la realización de operaciones de movilización y almacenamiento de carga, a la prestación de servicios a las naves, cargas, pasajeros o tripulantes, actividades pesqueras, de transporte marítimo, deportes náuticos, turismo, remolque y construcción o reparación de naves.
Proa	Se denomina así al extremo delantero del buque.
Popa	Se denomina así al extremo trasero del buque.
Productos Limpios	Se llama a los subproductos del petróleo luego de su refinación, Gasolina, Kerosene, Diesel.
RCA	Resolución de Calificación Ambiental.
ROM	Recomendaciones para Obras Marítimas.
Rodados	Corresponde a vehículos.
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero. Responsable de dictar las normas fito y zoo sanitarias y de fiscalizar su cumplimiento.
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental.
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
SEP	Sistema de Empresas Públicas.
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial.
SMR	Steam methane reforming.
STI	Corresponde a la sociedad San Antonio Terminal Internacional S.A., concesionaria del frente de atraque Molo Sur de Puerto San Antonio.
TDLC	Tribunal de Defensa de la Libre Competencia.
TEU	Unidad de contenedor de carga marítima equivalente a 20 pies.
Terquim	Operador de terminal de manejo y almacenamiento de productos químicos líquidos a granel, asociada a Odfjell, sociedad de operadores de buques cisterna y terminales.
TM o tm	Toneladas métricas.
TPS	Corresponde a la sociedad Terminal Pacífico Sur S.A., concesionaria del frente de atraque terminal 1 de Puerto Valparaíso.
TPV	Corresponde a la sociedad Terminal Puerto Valparaíso S.A., concesionaria del frente de atraque Terminal 2 de Puerto Valparaíso.
VLGC	Very Large Gas Carrier.

1 Introducción

En el mes de noviembre del año 2020, el Gobierno de Chile, publicó la “Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde” cuyo objetivo consiste en entregar lineamientos que permitan al país asumir un rol activo en el desarrollo de la industria del hidrógeno. Para garantizar el logro de este objetivo, entre otras medidas, se requiere de la preparación oportuna del sistema logístico del país, en especial de sus servicios portuarios.

El desarrollo de esta política generará demandas respecto a cómo proceder de la manera más eficiente para el embarque de los productos relacionados con el hidrógeno renovable (H2R) y sus derivados, la distribución interna (cabotaje), el desembarque de la carga de proyecto eólica o solar necesaria para llevarlos a cabo y la recepción de los insumos para la mantención y renovación de equipos e instalaciones. Esto último generará una demanda puntual de carga al sistema portuario y una de menor volumen, pero permanente en el tiempo. Junto con ello, al menos en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, la introducción de la industria del H2R y sus derivados, según estimaciones de la Cámara Chilena de la Construcción de la región generaría un impacto en la economía regional y, muy probablemente, un aumento de la población, estimada en un 36% (La Prensa Austral, 2023), lo que provocaría un aumento en el consumo, con el subsecuente impacto en las cadenas de suministro cuyo funcionamiento depende, de manera muy importante, del cabotaje con el resto del país. Todo lo anterior se traduciría en una mayor tensión sobre el funcionamiento de los actuales sistemas logísticos.

Este estudio se concentra, en cuantificar la capacidad portuaria actual y futura en Chile asociada a las solicitudes de carga que requeriría la industria del H2R, de tal manera de saber, si los puertos podrán absorber las necesidades futuras del ecosistema, tanto por el lado de la importación, como por el de la exportación y suministro interno (cabotaje).

Sin duda que la disponibilidad de frentes de atraques, áreas de acopio, vías internas y equipamientos constituyen condiciones relevantes para enfrentar el aumento de la demanda. Sin embargo, existen otros elementos que se deberían tener en cuenta. Por de pronto, la manera cómo funciona el sistema y sus limitaciones para implementar soluciones oportunas, así como otros factores que influyen en la eficiencia logística y que están relacionados con subsistemas que condicionan el quehacer portuario, como, por ejemplo, restricciones territoriales para el emplazamiento de áreas de acopio, vías de acceso y restricciones de circulación, oferta de transporte terrestre de carga, etc.

Si bien, los objetivos específicos de este estudio están orientados a la identificación de desafíos operacionales y a evaluar posibles déficits en la capacidad existente, también resulta importante conocer el entorno normativo e institucional existente, para que las posibles demandas que pudieran surgir encuentren respuestas oportunas.

En específico, este estudio está destinado a identificar los desafíos operacionales que se han debido enfrentar en la descarga de mercancías asociadas a proyectos renovables y el desembarque de productos energéticos en los distintos puertos de las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, del Biobío, Los Lagos y Magallanes y la Antártica Chilena; en identificar las restricciones que presenta la infraestructura portuaria y en establecer la capacidad de la infraestructura portuaria adicional.

El informe comienza con un resumen ejecutivo, continúa con esta introducción para, enseguida, presentar la metodología empleada. En ella se describe la manera cómo se enfrentaron las diversas actividades, así como las fuentes utilizadas. Entre estas últimas es de destacar que las proyecciones de demanda portuaria se basan en estimaciones realizadas por el Ministerio de Energía y que, en el cálculo de la capacidad de los terminales, se empleó la metodología aprobada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT).

Se continúa con un glosario y, enseguida, con el capítulo 4, donde se describe la situación actual del sistema portuario. En él se presenta el marco institucional del sector donde se incluyen las funciones de los servicios relacionados con el sector; el régimen de propiedad; el desarrollo, el tipo de uso y la prestación de servicios. Se hace referencia a una serie de normativas aplicables al funcionamiento del sector como son las

resoluciones de habilitación que emite la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), la normativa ambiental, los procesos de planificación urbana y las relacionadas con el manejo del hidrógeno, amoníaco o metanol aplicables en los puertos y terminales. Con esta información a la vista se muestran los puertos y terminales que se encuentran habilitados para realizar operaciones portuarias con amoníaco o metanol. Este capítulo incluye la presentación de las opiniones vertidas por diversos incumbentes, sobre cómo el sistema logístico ha respondido respecto a cargas relacionadas con proyectos de generación eólica y solar. Concluye, con una descripción sobre cómo el sistema portuario ha venido respondiendo a la evolución de la demanda generada por los sistemas eólicos y solares. De esta forma es posible contar con una visión respecto a cómo ha funcionado el sistema portuario, desde el punto normativo y, de cómo se ha abordado en la práctica, la logística para atender la carga vinculada al H2R.

En el capítulo 5 se describe la oferta portuaria actual, señalando algunas características como: propietario; tipo de puerto; operador; ubicación; características físicas de sus sitios y frentes de atraque, grado de especialización; así como estadísticas de transferencia de carga y sus proyecciones etc. En este capítulo es donde se selecciona la muestra de puertos y terminales que serán sometidos a análisis, de manera de determinar cuáles están aptos para operar con carga asociada al desarrollo de la industria del H2R.

En el capítulo 6 se definen los puertos y terminales que formarán parte de las unidades que se consideran como aptas para enfrentar el embarque de la carga de exportación y de cabotaje, el desembarque de la carga de proyectos y el desembarque de la carga de cabotaje. Además, se analiza la posibilidad de utilizar puertos ubicados en países limítrofes. Para ello se define la nave de diseño para los tres tipos de servicio, cuyas características se contrastan con las de los puertos y terminales seleccionados, para verificar si pudieran tener limitaciones normativas.

En el capítulo 7 se presenta la capacidad de la infraestructura adicional que se requeriría para hacer presente la demanda generada por la industria del H2R. Incluye la presentación de escenarios de generación eléctrica, producción y consumo de hidrógeno y amoníaco, el modelo de demanda, producción y distribución adoptado, para concluir con el análisis de requerimiento de infraestructura para cada uno de los servicios considerados en el estudio. Finalmente, en el capítulo 8, se presentan conclusiones derivadas del presente informe.

2 Metodología

Para alcanzar el objetivo central de este informe consistente en determinar brechas, entre la capacidad actual del sistema portuario y la demanda agregada que podría surgir, como consecuencia del desarrollo de la industria del H2R y sus derivados, se utilizaron dos fuentes principales de información. Para el cálculo de la capacidad, se aplicó la señalada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en su “Anexo metodológico de estimación determinista para la capacidad de transferencia en muelle portuario” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019). Y, para la estimación de la demanda agregada de capacidad portuaria tanto para desembarque de carga de proyecto eólica y solar como embarque de hidrógeno, amoníaco o metanol se utilizaron proyecciones proporcionadas por el Ministerio de Energía (Ministerio de Energía, 2023).

Para contextualizar el problema planteado se comenzó con una descripción de los distintos organismos públicos que tienen responsabilidades en el funcionamiento del sistema portuario. Especial atención merecen aquellos que tienen relevancia respecto a la formulación de políticas y normas, en la gestión de permisos y autorizaciones, y en la fiscalización de los puertos y terminales. Las fuentes de información que se utilizaron provienen de las propias instituciones y el conocimiento experto.

Otro factor que se tuvo en cuenta es el régimen de propiedad que existe en el sistema debido a que se basa en normas de origen y contenido distintas entre sí que, de alguna manera, influyen a la hora de tomar decisiones de carácter público. Especial importancia tienen los dos mecanismos existentes, la concesión marítima y la concesión portuaria, en el desarrollo y en la prestación de los servicios portuarios. Para ello, se tuvo a la vista i) el Decreto con Fuerza de Ley N° 340 de 1960 del Ministerio de Hacienda sobre concesiones marítimas, con su actualización del 21 de septiembre del año 1991 (Ministerio de Hacienda, 1991); ii) el DS 9 de 2018 del Ministerio de Defensa Nacional que sustituye el reglamento sobre concesiones marítimas, fijado por Decreto Supremo (M) N°2, de 2005 y su última modificación del 4 de marzo de 2020 (Ministerio de Defensa, 2020); iii) la Ley 19542 que moderniza el sector portuario estatal, con su última modificación del 7 de julio del año 202 (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023); y iv) el Decreto Supremo 104 de 1998, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones con su última modificación de fecha 2 de julio de 2011, donde se establecen normas y procedimientos que regulan los procesos de licitación señalados en el artículo 7° de la ley 19.542 (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes, 2011).

Otra normativa relevante es la que se refiere a aspectos ambientales la que se describe de acuerdo con lo establecido en la Ley Base de Medio Ambiente N° 19.300, publicada el 9 de marzo de 1994 y su última modificación ocurrida el 6 de septiembre de 2023 (Ministerio Secretaría General de la República, 2023).

En el ámbito de la planificación portuaria, los temas territoriales son claves de tener en cuenta a la hora de desarrollar nuevos puertos y terminales, ampliar los existentes o, simplemente, para resolver problemas de conectividad. Las normas que rigen están fijadas en el Decreto Supremo N° 47 del 16 de abril de 1992, que fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), y su última modificación del 28 de septiembre de 2023 (Ministerio de Vivienda y Urbanismo (a), 2023). En el caso particular de los terminales que se deberían desarrollar, ampliar o reconvertir existen otras dos normas que se deberían tener en cuenta. Una, está relacionada con la habilitación que debe otorgar DIRECTEMAR, y la otra, con la reglamentación del manejo de cargas peligrosas, en especial, el amoníaco o el metanol, como cargas que serán obtenidas a partir del H2R.

Con todas estas normas, es posible contar con una visión sobre las obligaciones y responsabilidades que se deben cumplir a la hora de determinar la capacidad del sistema para abordar la demanda agregada por la industria del H2R o cómo se podría cubrir la correspondiente brecha; sin embargo, se hace necesario conocer la opinión de incumbentes para validar criterios o detectar fallas en la normativa que pueden afectar el desarrollo de esta industria.

Para ello se realizaron veinticinco entrevistas a representantes de navieras; fabricantes de partes y piezas; ejecutivos de empresas portuarias, de logística y transportes, y con experiencia en la manipulación de combustibles y productos químicos. Los temas tratados estuvieron dirigidos para conocer su opinión sobre i) la visión y desarrollo de los proyectos del H2R; ii) la manera cómo el sistema ha respondido a la demanda en servicios de transferencia de la carga de proyecto; iii) la gestión operacional; iv) la manera como el transporte de las cargas ha respondido frente a este tipo de demanda y v) cómo se observa a la oferta de servicios navieros y v) los proyectos de ampliación portuaria.

Por otra parte, se hace necesario detallar cómo ha respondido el sistema a las exigencias que han surgido como consecuencia del crecimiento en la generación de la energía eólica o solar, de qué manera se ha distribuido entre las diferentes regiones y cómo han respondido, a modo de ejemplo, algunos terminales. Para ello se emplearon fuentes provenientes de las entrevistas de los incumbentes, de la Comisión Nacional de Energía, del Coordinador Eléctrico Nacional, de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) y de otras fuentes como las páginas web de los parques eólicos y de información proporcionada por los consultores.

Con los antecedentes anteriores a la vista se realizó un análisis de la oferta portuaria. De esta manera se determinó una cantidad de puertos y terminales que podrían cumplir las funciones de embarque de la carga de exportación y cabotaje, y el desembarque de la carga de proyecto eólica y solar, y de cabotaje de productos. A cada uno de ellos se le caracterizó con atributos como su propietario, tipo de propiedad (estatal o privado) y de uso (público o privado), operadores, ubicación, características de su infraestructura (sitios, calado, eslora, etc.), principales productos que transfieren y líneas navieras que operan. Para ello se utilizaron fuentes como las habilitaciones autorizadas por las resoluciones de DIRECTEMAR (DIRECTEMAR (a), s.f.); las resoluciones ambientales (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.), las páginas web de las respectivas empresas portuarias o, dueños de los terminales, y entrevistas con los involucrados.

Junto con lo anterior se realizó un análisis general del tipo de propiedad relacionado con el uso del puerto o terminal. Su objetivo consistía en conocer el universo disponible de las unidades con características que hicieran posibles decisiones de ampliación o reconversión dado que, en el caso de un puerto o terminal de propiedad estatal de uso público, es posible aplicar decisiones sobre políticas sectoriales desde el Estado con menores dificultades que en el caso de aquellos cuya propiedad y uso es privado.

Adicionalmente, se realizó un análisis de la relevancia o peso específico que tiene cada tipo de puerto o terminal en la transferencia de carga y su ubicación geográfica, de manera de conocer que cargas y en qué zonas geográficas se concentra cada uno de ellos. Estas zonas fueron definidas, de acuerdo con lo señalado en la proyección de demanda proporcionada por el Ministerio de Energía, en Zona Norte, la que comprende desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo; Zona Centro, la que se extiende desde la región de Valparaíso hasta Ñuble y la Zona Sur, conformada por las regiones ubicadas desde la del Biobío hasta Magallanes y la Antártica Chilena. La fuente principal empleada para los análisis estadísticos proviene de DIRECTEMAR, la que fue complementada con datos obtenidos de algunas de las empresas portuarias.

Por otro lado, se analizó cada una de las unidades respecto al tipo de carga que transfieren para conocer su grado de especialización. Con ello es posible tener una visión del posible grado de disponibilidad en la medida que este factor esté relacionado con cargas comparables con las de la industria del H2R.

Esta visión general se complementó con un análisis de la demanda transferida en los últimos cinco años, clasificada por cada una de las zonas y por tipo de carga. Además, de un análisis del cabotaje de la carga líquida, sin considerar el ácido sulfúrico, para determinar un volumen probable a ser reemplazado por el H2R y sus derivados. Con los datos anteriores como base, se procedió a realizar una proyección de demanda, con un horizonte hacia el año 2033. Para ello se utilizó datos generales provenientes de COCHILCO y de una apreciación experta sobre el comportamiento de los distintos tipos de carga.

A continuación, se procedió a seleccionar la nave de diseño considerando tres tipos. Aquellas destinadas al embarque de cargas de exportación de productos, al embarque y desembarque de carga de cabotaje de productos, y al desembarque de carga de proyectos eólicos y solares. En el proceso de selección se utilizó

como fuentes de información las entrevistas realizadas a los incumbentes, los análisis de experiencias en otros países basadas en informaciones obtenidas desde páginas web especializadas en análisis en el tráfico naviero.

Una vez seleccionada la nave de diseño, para definir los puertos y terminales aptos para transferir las cargas definidas, se consideraron los antecedentes reunidos anteriormente, como son las normas que rigen al sector; los tipos de puerto según propiedad, uso y grado de especialización; la descripción de la visión de los incumbentes; la manera cómo el sistema ha respondido a las demandas generadas por los proyectos eólicos y solares; las características de los puertos y terminales, y la demanda general en la transferencia de carga y sus proyecciones. Con el resultado obtenido se procedió a verificar cuales terminales cumplían las condiciones de infraestructura, equipamiento y superficie que se requerirían para atenderla. Se determinó su relación demanda capacidad en dos horizontes, a los años 2032 y 2042, y se analizaron posibles restricciones provenientes de las Resoluciones de Calificación Ambiental; de las Resoluciones de Habilitación emitidas por DIRECTEMAR; su situación respecto a sus concesiones marítimas, Planes Maestros, de los Planos Reguladores Comunes, así como Planes Reguladores Intercomunales.

Con ello se concluyó la selección de los puertos y terminales con los cuales se realizó el análisis de las posibles brechas que pudieran surgir como consecuencia del aumento de la demanda derivada de los proyectos de H2R. Finalmente, se presenta una serie de análisis y conclusiones.

Para ello, de acuerdo con la demanda zonal proporcionada por el Ministerio de Energía, para el caso de la distribución de los productos, se consideraron dos polos principales, uno ubicado en la Región de Antofagasta y, el otro, en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Desde ellos se embarcarían el H2R y sus derivados hacia el exterior y hacia el resto del territorio nacional. Para el desembarque de la carga de cabotaje se consideraron los mismos centros distribuidores de combustibles existentes, salvo en el caso de las Regiones de Valparaíso y del Biobío, que pasarían a ser centros receptores, en vez de ser centros distribuidores, como lo son actualmente.

Para el caso de la carga de proyecto, en base a la misma fuente, se consideró que, en la Zona Norte, específicamente en la Región de Antofagasta, se concentraría la carga vinculada a proyectos eólicos en el único terminal disponible para su desembarque, Puerto Angamos. En el caso de la carga de equipos solares, dado que su transporte se realiza principalmente por medio de contenedores, se consideró la existencia de los terminales de Empresa Portuaria Antofagasta. Respecto a la Región de Magallanes y la Antártica Chilena se consideró que concentraría solo carga relacionada con la generación eólica, la que se transferiría en el único terminal actualmente disponible para este tipo de carga, el Terminal J.S. Mardones de la Empresa Portuaria Austral.

Junto con lo anterior, se calcularon las capacidades de los dos terminales seleccionados, de acuerdo con la metodología establecida por el MTT, teniendo presente un criterio de máximo estrés del sistema existente. Sus resultados fueron comparados con la demanda zonal proporcionada por el Ministerio de Energía, agregando las proyecciones de demanda propia de cada uno de ellos, con el fin de determinar las posibles brechas que se deberían abordar.

3 Situación actual portuaria asociada a proyectos de hidrógeno, amoníaco o metanol

Si bien el objetivo de esta asesoría consiste en identificar las brechas que se generarían en el sistema portuario del país entre su actual capacidad y las solicitudes que surjan como consecuencia de la introducción de proyectos relacionados con la producción del H2R y sus derivados, resulta conveniente presentar algunos antecedentes sobre el marco legal de cómo funciona el sector portuario, en especial respecto al rol del Estado y de los privados, y de cómo se accede al derecho para prestar servicios portuarios. Asimismo, conocer las exigencias normativas para administrar un puerto o terminal donde se vaya a transferir H2R o sus derivados, como el amoníaco.

La estimación de los efectos cuantitativos que pudiera generar este tipo de demanda requiere de un análisis adicional destinado a reconocer cuáles podrían ser los obstáculos institucionales o de entorno que pudieran surgir al implementar oportunamente medidas, como, por ejemplo, aplicar el concepto de infraestructura compartida, facilitar la reconversión de instalaciones existentes, destinar áreas para el acopio, etc.

3.1 Marco institucional del sector portuario

3.1.1 Organismos públicos con responsabilidades

Las entidades estatales con responsabilidades en materia portuaria referidas al objeto de este estudio son:

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Es responsable de la “construcción de la Política Nacional de Desarrollo Logístico-Portuario; de la relación de las Empresas Portuarias estatales con el Estado, en virtud de la Ley N° 19.542; de la articulación para el desarrollo coordinado de la Red Logística de la Macrozona Central; de la planificación de las infraestructuras portuarias que serán requeridas, con énfasis particular para la industria del H2R; de la promoción de una actividad portuaria sostenible, ejemplificada en el desarrollo de un Estándar de Sostenibilidad para los Puertos de Chile; así como de la coordinación con las demás unidades y departamentos del Programa de Desarrollo Logístico para la actualización anual de los diversos instrumentos de planificación del sistema logístico en su conjunto” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones., s.f.).

Empresas portuarias estatales (EPA) creadas por la Ley N° 19.542

Según se establece en el artículo 4° de la Ley N° 19.542, las empresas tienen como objeto “la administración, explotación, desarrollo y conservación de los puertos y terminales, así como de otros bienes que posea a cualquier título”. En virtud del artículo 31, en el cumplimiento de sus funciones, el Directorio debe, “promover la competencia en el interior de los puertos; procurar un trato no discriminatorio a los usuarios de los puertos y terminales; velar por que no se limiten las posibilidades de desarrollo y expansión de los puertos; así como preservar y fortalecer los niveles de productividad, eficiencia y competitividad alcanzados en la operación portuaria”, entre otras atribuciones.” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023). Las EPA están facultadas para realizar su objeto directamente o a través de tercero por medio del otorgamiento mediante licitación pública de concesiones portuarias, contratos de arrendamiento o conformación de sociedades, siendo el primero estos instrumentos la única modalidad a ser usada en el caso de frentes de atraque.

Sistema de Empresas Públicas (SEP)

“Es el organismo técnico asesor del Estado de Chile en relación con el control de evaluación de gestión de las empresas del sector estatal y el encargado de maximizar el beneficio para la sociedad, mediante una asignación eficiente de los recursos de las empresas estatales y velando por el adecuado cuidado del patrimonio de los chilenos que es administrado por las empresas” (Sistema de Empresas Públicas, s.f.).

Dirección de Obras Portuarias (DOP)

Dependiente del Ministerio de Obras Públicas, Su misión consiste en “proveer a la ciudadanía servicios de infraestructura portuaria y costera, marítima, fluvial y lacustre necesarios para el mejoramiento de la calidad de vida, el desarrollo socioeconómico del país y su integración física nacional e internacional” (Dirección de Obras Portuarias, s.f.).

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas

En el numeral tres de sus objetivos se señala *“Es responsable de administrar el borde costero litoral y lacustre de la República a través del otorgamiento de concesiones marítimas y acuícolas, de la zonificación y de la formulación de políticas en los espacios de competencia del Ministerio de Defensa Nacional”* (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, s.f.).

Dirección del Territorio Marítimo y de Marina Mercante

Institucionalmente depende del comandante en jefe de la Armada y se relaciona con Estado a través del Ministerio de Defensa, cuya misión consiste en *cautelar “el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes, para dar seguridad marítima, proteger la vida humana en el mar, zonas fluviales y lacustres; preservar el medio ambiente acuático y los recursos naturales marinos; ejercer la policía marítima y fiscalizar y regular las actividades que se desarrollan en el ámbito marítimo de su jurisdicción, con el propósito de contribuir al desarrollo marítimo de la nación”*. Adicionalmente es el organismo que lleva las estadísticas del sector marítimo portuario, es el que otorga e inspecciona las habilitaciones para operar en los distintos tipos de infraestructura portuaria y lleva el registro de los trabajadores portuarios y de los armadores chilenos (DIRECTEMAR, s.f.).

Servicio Nacional de Aduanas

Adscrito al Ministerio de Hacienda, su misión consiste en *“Fiscalizar el comercio exterior en las fronteras y el territorio nacional para contribuir a la recaudación fiscal, fomentando un comercio lícito, ágil, seguro y transparente para la ciudadanía* (Servicio Nacional de Aduanas, 2007).

Ministerio de Salud

Es el organismo técnico que aprueba y fiscaliza el almacenamiento de sustancias peligrosas, así como las condiciones de seguridad e higiene laboral. (Ministerio de Salud, 2016).

Servicios Agrícola y Ganadero (SAG)

Entidad dependiente del Ministerio de Agricultura, cuya misión consiste en *“proteger y mejorar la condición fito y zoonosanitaria de los recursos productivos, y conservar los recursos naturales renovables del ámbito silvoagropecuario del país, controlando los insumos y productos, a través de la elaboración, actualización y aplicación de la normativa vigente, para contribuir al desarrollo sustentable y competitivo del sector”*. Es responsable de la fiscalización de las condiciones fito y zoonosanitaria de la entrada y salida de la carga por los puertos y terminales, pasos fronterizos, etc (Servicio Agrícola y Ganadero, s.f.).

Ministerio del Medio Ambiente (MMA)

“Es el órgano de Estado encargado de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa” (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

Servicio de Evaluación Ambiental

De acuerdo con lo señalado en la Ley 19300, título II, párrafo 2°, artículo 8, inciso final, y en el título final, párrafo 6, artículo 80, inciso primero, este servicio es una entidad descentralizada adscrita al Ministerio de Medio Ambiente, responsable, entre otros, de la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y del sistema de información público sobre permisos y autorizaciones de contenido ambiental (; Ministerio Secretaría General de la República, 2023).

Superintendencia del Medio Ambiente

Institución descentralizada que está bajo la supervigilancia del MMA y que *“cumple un rol fiscalizador y de sanción sobre los instrumentos de gestión ambiental vigentes en el país (Ley N° 19.300): Resoluciones de Calificación (RCA), Normas de Emisión, Normas de Calidad y Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, entre otros”*, que establece su Ley Orgánica (Superintendencia del Medio Ambiente, s.f.)

Ministerio del Trabajo y Previsión Social

Su “misión es dirigir y coordinar las políticas laborales del país”, recoger “las necesidades y problemáticas laborales de la sociedad, para orientar los esfuerzos públicos que permitan lograr un sistema de relaciones laborales que privilegien la cooperación entre todos los actores”. Además, asigna “los recursos para llevar a cabo las políticas, planes, programas y normas”, y fiscaliza “que las normas legales en materia laboral sean respetadas y cumplidas”, entre otras (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, s.f.).

Dirección del Trabajo

Institución dependiente del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, cuya misión consiste en “Promover, proteger y garantizar los derechos laborales, implementando mecanismos que fortalezcan el dialogo social, y fiscalizando el efectivo cumplimiento de la legislación laboral, previsional y de seguridad y salud en el trabajo, que permitan construir modelos de relaciones laborales justas y equitativas entre trabajadores y trabajadoras, empleadores y empleadoras y organizaciones sindicales”. Es un organismo descentralizado sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (Dirección del Trabajo, s.f.).

Ministerio de Desarrollo Social y Familia y Ministerio de Hacienda

Es la instancia encargada de administrar el Sistema Nacional de Inversiones cuya misión es la de normar y administrar “*el proceso de inversión pública de Chile. Reúne las metodologías, normas y procedimientos que orientan la formulación, ejecución y evaluación de las Iniciativas de Inversión (IDI) que postulan a fondos público*”. Este Sistema es administrado conjuntamente por los Ministerios de Desarrollo Social y Familia, y el Ministerio de Hacienda. (Sistema Nacional de Inversiones, s.f.).

La variedad de instituciones se pueden agrupar en aquellas que cumplen **funciones de planificación y desarrollo**, como es el MTT; **funciones de gestión y administración de infraestructura y servicios portuarios**, como son las EPA; funciones destinadas al desarrollo de infraestructura como lo son las mismas EPA y la DOP; **funciones relacionadas con autorizaciones y permisos** como la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (concesiones marítimas), DIRECTEMAR (habilitación de puertos, terminales y otras infraestructura menores para operar), el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (habilitación ambiental) y la DOP (aprobación de la ingeniería de proyectos); **funciones relacionadas con normas y fiscalización** como son DIRECTEMAR (normas de navegación y uso de puertos), el Ministerio del Trabajo y Previsión social (normas laborales); el SAG (normas fito y zoonosanitarias), el MINSAL (normas de seguridad, sanitarias y de higiene laboral) y el Servicio Nacional de Aduanas (normas de entrada y salida del país de vehículos, mercancías y personas); **funciones estadísticas** como DIRECTEMAR (estadísticas del movimiento marítimo portuario) y Servicio Nacional de Aduanas (comercio exterior); de control de gestión como lo es el SEP.

3.1.2 Régimen de propiedad portuaria

En el país existen instalaciones portuarias estatales y privadas. Dentro de las primeras, se encuentran aquellas administradas por las empresas portuarias estatales creadas por la Ley N° 19.542 (EPA), los terminales que posee la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP) y el puerto que administra la filial de CODELCO, denominado Complejo Portuario Mejillones S.A.

Como regla general, las instalaciones portuarias estatales y privadas requieren del otorgamiento de una “autorización” por parte del Estado. En el caso de las empresas estatales existen dos tipos. Aquellas que surgieron como consecuencia de la Ley 19.542, que se aplica a las EPA’S, las que no requieren de una concesión marítima debido a que en la propia Ley se establece el concepto de “Recinto Portuario”, refrendado por el DFL N°1 de 1998, del MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transportes, 1998) . En virtud de esta norma, las EPA’S son propietarias de los espacios terrestres contenidos en cada recinto portuario, incluida la franja de 80 m y los terrenos de playa, y administran los espejos de mar y fondo marino de sus áreas marítimas.

En el caso de las otras empresas estatales, como son ENAP y CODELCO, al igual que los puertos privados deben obtener una “Concesión Marítima”. Esta concesión se encuentra regida por el DFL N° 340 de 1960 con sus modificaciones, para el uso de la franja de 80 metros medida desde la alta marea, los terrenos de playa

y los fondos y espejos de mar (Ministerio de Hacienda, 1991) . El respectivo reglamento se encuentra contenido en el Decreto Supremo N° 9 del 2018 con sus modificaciones, del Ministerio de Defensa Nacional, donde se establecen las normas sobre utilización del borde costero en calidad de bienes nacionales de uso público y bienes nacionales. Este derecho está referido a un determinado proyecto; pero, si el dueño de la concesión deseara ampliar su actividad, fuera de los límites establecidos, debería tramitar una ampliación (Ministerio de Defensa, 2020).

3.1.3 Régimen de desarrollo portuario

En virtud de la Ley N° 19.542, las EPA están obligadas a contar con un Plan Maestro y un Calendario Referencial de Inversiones, ambos de carácter público. Ello permite a los actores privados conocer la visión de desarrollo de sus terminales que tiene cada empresa y poder tomar decisiones de inversiones. Además, la citada Ley permite que los particulares soliciten de manera fundada la modificación de los citados instrumentos, ya sea para incorporar nuevos proyectos o para adelantar el inicio de aquellos identificados, incluyendo el llamado a licitación para el otorgamiento de concesiones portuarias. En todo caso, los proyectos que desarrollen las EPA dentro de sus puertos y terminales han de estar emplazados dentro del respectivo recinto portuario.

Lo anterior no se aplica respecto de los otros propietarios de terminales, los que tienen libertad para establecer las estrategias de desarrollo de sus instalaciones sin tener obligación de darlas a conocer a terceros. No obstante, sus proyectos deben emplazarse dentro de los límites de su concesión marítima.

3.1.4 Régimen de prestación de los servicios portuarios

En el caso de los puertos y terminales privados y aquellos estatales no regidos por la Ley N° 19.542, la definición y aplicación de los términos para la prestación de los servicios en sus instalaciones portuarias están bajo la responsabilidad de sus administradores. Asimismo, éstos tienen libertad para decidir los usuarios a los que prestan sus servicios y a publicar o no los términos en que les son prestados.

No obstante, lo anterior no es aplicable a los puertos y terminales que administran las EPA, ya que por ley son de uso público y sus servicios se prestan a todos aquellos usuarios que los demanden, de acuerdo con las tarifas vigentes, las que son públicas y no pueden contener discriminaciones arbitrarias. En el caso de los servicios de movilización de cargas, tales condiciones son fijadas por las empresas de muellaje que operan bajo un “esquema multi operador” en los frentes de atraque que administran directamente las EPA, pudiendo los usuarios contratar libremente tales servicios. En el caso de los frentes de atraque objeto de una concesión portuaria, ellos son prestados bajo exclusividad por el concesionario, en virtud del denominado “esquema monoperador”.

Las normas y procedimientos bajo los cuales las EPA y los concesionarios de frentes de atraque prestan sus servicios se encuentran descritos en el Reglamento de los servicios y en el Manual de los servicios, respectivamente. En el caso de los concesionarios, tales normas y procedimientos deben ajustarse a los términos establecidos en sus contratos, incluyendo aquellas reglas definidas en el informe del Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC) con que deben contar las empresas portuarias estatales para su otorgamiento según lo establece la Ley N° 19.542.

3.2 Resolución de habilitación de puertos y terminales

La resolución de habilitación, es un documento emitido por la capitanía de puerto, donde se establecen las condiciones, regulaciones y límites para la maniobrabilidad y operación de las naves en una instalación portuaria de su jurisdicción y el proceso para su obtención debe ser cumplido obligatoriamente por toda empresa u organización que posea el derecho de uso de una instalación portuaria ya sea privada o estatal. Este documento es emitido una vez que se encuentra aprobado previamente el “Estudio de maniobrabilidad” de la instalación portuaria cuyo contenido comprende la definición y descripción de las maniobras que debe efectuar una nave de características específicas para ingresar, permanecer y salir de una instalación portuaria, así como la determinación de los límites operacionales y elementos de apoyo requeridos para ello,

considerando las condiciones meteorológicas, oceanográficas, características del fondo marino del lugar de emplazamiento de la instalación y todos aquellos factores que la puedan afectar, establecidos en Circular DGTM y MM Ordinario N° A-31/002 (DIRECTEMAR, 2024).

Como complemento a lo anteriormente señalado, se debe presentar un “Estudio de señalización marítima” el cual debe contener la información de las ayudas a la navegación para la aproximación y maniobra de atraque y desatraque de cada nave que recale en una instalación portuaria, de acuerdo con la Circular DGTM y MM Ordinario N°O-63/001 (DIRECTEMAR, 2024).

3.3 Normativa ambiental

De conformidad a lo establecido en el artículo 3 del DS N° 40 de 2012, (Ministerio del Medio Ambiente, 2013) y su última modificación mediante DS N° 30 del 1 de febrero de 2024, del MMA, los proyectos de puertos y terminales marítimos deben someterse al SEIA. Para tales efectos, el titular del proyecto debe presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en el evento que el mismo genere o presente alguno de los efectos contemplados en el artículo 11 de la Ley N° 19.300 y en el Título II del DS N° 40. El contenido, en cada caso, se encuentra señalado en el Título III y el procedimiento de evaluación impacto ambiental en Título IV, del citado decreto. Como parte del procedimiento de evaluación, las consultas que realizan las Secretarías Regionales Ministeriales y servicios involucrados son remitidas al particular por el SEA mediante los Informes Consolidados de Solicitudes, Aclaraciones, Rectificaciones y Ampliaciones (ICSARA), de manera que sean respondidas a través de adendas. Una vez aprobada la DIA o el EIA, lo que se comunica al interesado mediante la respectiva Resolución de Calificación Ambiental (RCA), el proyecto se puede concretar en los términos y plazos indicados en la misma documentación.

En caso de inconformidad de lo resuelto por la Comisión de Evaluación Regional, el proponente u otro interesado puede recurrir al Director Ejecutivo del SEA, al Comité de Ministros, a los Tribunales Ambientales u otras instancias judiciales superiores, según sea el caso.

3.4 Normativa de planificación territorial

La normativa general se encuentra en el DFL N° 458 promulgado el 18 de diciembre de 1975 y su última modificación realizada en la Ley N° 21.558 del 25 de abril de 2023, denominada Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2023). El DS N° 47, de 16 de abril de 1992 (Ministerio de Vivienda y Urbanismo (a), 2023), y su última modificación por DS N° 7 del 28 de diciembre de 2023, del MINVU, fija la OGUC, que regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles en los dos últimos.

Por su parte, el emplazamiento de puertos y terminales en áreas normadas por los Planes Reguladores Comunes debe estar en concordancia con los usos definidos en ellos, al igual que cualquier proyecto industrial. En el caso de que un proyecto de hidrógeno renovable sea localizado en una zona rural, deberá respetar los usos definidos en el Plan Regulador Intercomunal. De no ser así, corresponde al SAG, al amparo del art. 55 de la OGUC, emitir la aprobación de una subdivisión, para cuyo efecto debe solicitar opinión favorable al MINVU, a través de la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) correspondiente. Si ésta se pronuncia favorablemente, debe enviar el expediente a la Dirección de Obras Municipales (DOM) del respectivo municipio la cual revisa el cumplimiento de la ordenanza, en cuanto a usos industriales, normas constructivas, aprobación ambiental, entre otros.

Los instrumentos de planificación territorial, a saber, los Planes Reguladores Comunes y los Planes Reguladores Intercomunales, pueden establecer limitaciones sin perjuicio del cumplimiento de las normas ambientales y demás disposiciones pertinentes, como lo establece el art. 2.1.28 de la OGUC, en virtud de la calificación que a dicha actividad industrial (inofensivas, molestas, insalubres, contaminantes o peligrosas) otorgue la SEREMI del Ministerio de Salud correspondiente.

3.5 Normativa y regulación al manejo de hidrógeno, amoníaco o metanol aplicable en puertos

3.5.1 Transferencia de hidrógeno, amoníaco y metanol

Como normativa general, todos los terminales están sujetos a validaciones o normativas a través de las instituciones del Estado, como son la DIRECTEMAR, la DOP y la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), entre otras.

Adicionalmente, existen organismos internacionales que entregan referencias o recomendaciones para los diseños, construcción y operación de terminales de graneles líquidos peligrosos, en especial para prevenir la contaminación marina o efectos negativos sobre la salud humana. Entre ellas se encuentran las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM) de Puertos del Estado de España; Recomendaciones de la *Oil Companies International Marine Forum* (OCIMF); *Tug Use in Port*; *World Association for Waterborne Transport* (PIANC), y la *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators* (SIGTTO).

En lo que respecta a DIRECTEMAR, el artículo 114 del Decreto Supremo N°40/2012, del MMA, establece como parte de los permisos ambientales sectoriales el denominado “*Permiso para la instalación de un terminal marítimo y de las cañerías conductoras para transporte de sustancias contaminantes o que sean susceptibles de contaminar*” (Ministerio del Medio Ambiente, 2013) . Esta norma se ratifica en el artículo 117 del Decreto Supremo N° 1 de 1992, del Ministerio de Defensa Nacional, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, y su aprobación y autorización se encuentra radicada en la Autoridad Marítima a través del denominado “Certificado de Seguridad de Operación del Terminal” y se ciñe a lo establecido en el Título 1°, Capítulo 2° de este Decreto (Ministerio de Defensa Nacional, 1993).

Además, los puertos y terminales deben presentar y obtener la autorización de la autoridad marítima del “Plan de contingencia para el control de derrames de hidrocarburos, sus derivados y otras sustancias nocivas líquidas susceptibles de contaminar”, cuya confección y presentación debe hacerse de conformidad a lo establecido en la Resolución DGTM y MM Ordinario N° 12.600/47 VRS., de 27 de enero de 2015, que Aprueba Circular de la DGTM y MM Ordinario N° A-53/003. Su aplicación requiere que el personal cuente con las competencias necesarias para actuar en caso necesario, lo cual debe ser refrendado por el curso OMI 4.01/4.02/4.03.

Sin perjuicio de lo anterior, para realizar las operaciones de transferencia en un terminal, previamente, se debe cumplir con normativas particulares de carácter obligatorias y que tienen relación con la seguridad e higiene del personal y de las instalaciones, que son fiscalizadas por la Autoridad Marítima. Entre ellas cabe mencionar:

1. Circular O/71, obtención del Certificado de seguridad de operación del terminal marítimo.
2. Manual de operaciones del terminal, el cual debe describir todas las actividades que se realizarán y por quiénes serán ejecutadas, así también como el nivel de competencia del personal.
3. Circular O-32/011, respecto al cumplimiento de control de mercancías peligrosas en recintos portuarios.
4. TM-029 DS(M) N° 618 Reglamento de seguridad para la manipulación de explosivos y otras mercaderías peligrosas en los recintos portuarios.
5. Código ISPS, establece normas de seguridad para la instalación portuaria.
6. Circular O 31/004, disposición de seguridad de los equipos.

3.5.2 Almacenamiento y manipulación de amoníaco

El manejo de mercancías peligrosas se rige por normativas específicas, como la NCh 382.Of98 referida a su transporte y el DS N° 43/2016 del MINSAL, que contiene el reglamento que establece normas sobre el almacenamiento, manipulación y control de sustancias peligrosas y el segundo sobre las normas de seguridad para el personal (Ministerio de Salud, 2016). Este reglamento busca prevenir riesgos de accidentes, proteger la salud humana y el medio ambiente, imponiendo medidas estrictas para minimizar posibles daños. Las citadas normativas incluyen requisitos detallados sobre las condiciones de almacenamiento, medidas de

seguridad, distancias mínimas, sistemas de emergencia y capacitación del personal involucrado en el manejo del amoníaco.

También le son aplicables las normas complementarias Nch2120/2 sobre gases clasificados como sustancia peligrosa en la Clase 2, así como aquellas emanadas de la International Maritime Dangerous Goods (IMDG) y National Fire Protection Association (NFPA).

De acuerdo con el citado DS N° 43, el amoníaco se clasifica como una sustancia peligrosa dentro de la clase 2.3, como efecto primario, que abarca sustancias gaseosas que presentan riesgos tanto para la salud como para la seguridad en su manejo, transporte y almacenamiento. Asimismo, el amoníaco puede ser clasificado en virtud del citado decreto como una sustancia perteneciente a la clase 6.1, como efecto secundario, que abarca sustancias tóxicas. Ello hace que también le sea aplicable el DS N° 594/2000 del MINSAL que establece límites permisibles en relación con las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (Ministerio de Salud, 2019).

Para el almacenamiento seguro del amoníaco, el DS N° 43 señala que se deben considerar recipientes diseñados para soportar su estado líquido a presión y buenas condiciones de ventilación, temperatura y distancia de otros materiales que sean incompatibles con el amoníaco. Con todo, el Artículo 5, del Título I, establece “...En el caso de almacenamiento en estanques fijos, se deberá solicitar autorización cuando el volumen del estanque sea igual o superior a 15 m³ o cuando sea igual o se supere este valor en el caso de varios estanques ubicados a una distancia igual o inferior a 5 m entre ellos...” (Ministerio de Salud, 2016) . Además, el Artículo 107 del “Título IX Almacenamiento a Granel” establece que en caso de almacenarse cantidades mayores a 15 m³, se deberán implementar medidas adicionales de control de riesgos (pudiendo considerarse mayor distanciamiento), las que deberán ser evaluadas por la autoridad sanitaria.

3.6 Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco, metanol y productos de clase 2 IMDG

En la Tabla 3.1 se presentan los puertos y terminales cuentan con la habilitación necesaria para transferir productos como amoníaco o metanol. El resto debería obtener las autorizaciones ambientales y del servicio de salud.

Tabla 3.1 Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco y metanol

Puerto o terminal	Comuna	PRoducto	Estado
Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y no transfiriendo
Terminal Marítimo Enaex S.A.	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y transfiriendo
Terminal Terquim	Mejillones	Clase 2	Habilitado, actualmente GLP
Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	Mejillones	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Muelle Oxiquim	Quintero	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.	Coronel	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Terminal Marítimo de Cabo Negro	Punta Arenas	Metanol	Habilitado y transfiriendo

Fuente: Elaboración propia en base a (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.)

3.7 La visión de los incumbentes

Con el objetivo de complementar y validar la información recabada sobre el desarrollo de la industria del H2R y sus derivados, se entrevistaron de manera presencial y remota a veinticinco representantes de empresas

navieras, fabricantes de partes y piezas; empresas portuarias, de logística y transportes y, empresas con experiencia en la manipulación de combustibles y productos químicos.

3.7.1 Desarrollo de los proyectos de hidrógeno renovable

El desarrollo de la industria del H2R se observa como una gran oportunidad para el país; sin embargo, hay preocupación por los costos en su etapa inicial y por los efectos de algunas políticas de subsidio promovidas por algunos países, que incentiven las inversiones en aquellos lugares, en desmedro de la competitividad de proyectos en Chile.

Si bien, en el país existen condiciones ventajosas por razones climáticas, existen algunas visiones levantadas en este estudio indican que las demoras en la tramitación de los permisos, la falta de infraestructura logística y de recursos humanos calificados en el montaje, operación y mantenimiento de los parques eólicos constituyen factores que afectan el desarrollo de proyectos.

Para la Región de Magallanes y la Antártica Chilena se proyecta la producción de aproximadamente once millones de metros cúbicos anuales de amoníaco. Ello requeriría unos cinco mil aerogeneradores, según la opinión vertida por un incumbente. Esta situación podría verse afectada si la actual capacidad de producción mundial de partes y piezas eólicas no aumenta. Otro entrevistado señaló que, si bien una parte importante de lo que ellos producen podría destinarse a Sudamérica, Chile podría disponer de un 30% del total destinado a esta zona.

Respecto a la materialidad de las torres, se señaló que sería posible fabricarlas en base a hormigón, como ha ocurrido en Finlandia y en Brasil, país donde ya existen cerca de mil unidades. En Chile, existen unas 90 torres de hormigón instaladas principalmente en el Parque Eólico San Gabriel, ubicado en Renaico, con un rotor de 132 m de diámetro. Desde el punto de vista portuario, con este tipo de torres, por un lado se reduciría la demanda de traslado de infraestructura metálica y también la presión sobre la infraestructura portuaria; se lograría un ahorro en el flete de ultramar y en los costos en general, debido a economías de escala; además de generar mayor empleo. Por otro lado, las limitaciones estarían en la provisión de insumos como áridos, roca, fierro, cemento, etc. Sin embargo, al no conocerse la cantidad de torres sustituibles por hormigón, no es posible estimar su impacto en la logística de importación de carga proyecto como parte de este estudio.

3.7.2 Comportamiento del sistema portuario en la transferencia de carga de proyectos eólicos y la conectividad vial

En el Puerto Arica (Región de Arica y Parinacota) es posible descargar equipos eólicos, pero con dificultades por su ubicación respecto a la trama urbana. Cuenta con buenos espacios. Se han descargado rotores de turbinas de 270 ton destinadas a Ilo, Perú, y palas de 39 m de largo con destino a la provincia de Carrasco, departamento de Cochabamba, Bolivia, específicamente hacia los proyectos Qolpani I (año 2013) y Qolpani II (año 2015).

En el Puerto de Iquique (Región de Tarapacá) no existe experiencia con equipos eólicos, pero sí con cargas de proyecto para la minería de menores dimensiones que las partes de proyectos eólicos actuales.

El Puerto Angamos (Región de Antofagasta) es el mejor puerto para la recepción de carga de proyectos eólicos en la Zona Norte. Cuenta con una buena conexión vial hacia rutas expresas. Desde este puerto se ha realizado el envío en un día de equipos hasta Taltal, distante a uno 250 km. La limitación de radio de las grúas de patio obliga a girar la nave para descargar por la banda contraria al muelle, aunque puede recibir palas de más de 80 m. Actualmente presenta síntomas de congestión y no prioriza el desembarque de carga de proyecto.

En el Puerto de Antofagasta (Región de Antofagasta) no es posible desembarcar equipos eólicos debido a su ubicación respecto a la trama vial urbana y a restricciones existentes en la circulación de camiones.

En el Muelle Cobrero (Región de Atacama) se han realizado descargas de carga de proyecto de mediana dimensión y podría ser una alternativa para desembarcar palas de largos superiores a 80 m.

En el Muelle Barquito (Región de Atacama) no se ha operado con este tipo de carga, Sin embargo, en la Ruta 5, sector El Flamenco en Chañaral, existe un puente mecano instalado provisoriamente tras el aluvión de 2015, el cual aún no se repone a su estado original. En aquel lugar está restringida la circulación de carga pesada lo que obliga utilizar como baipás, un camino interior de compleja topografía que ocasiona una demora adicional de 2 días para movilizar carga de proyectos eólicos.

En el Puerto Las Losas (Región de Atacama) se han realizado varias descargas de proyectos eólicos con grúas de las naves. Tiene un área de respaldo de 29 ha, de las cuales 2,5 ha están disponibles para almacenamiento, y cuenta con una buena conexión hacia la Ruta 5. Se han descargado palas de 85 m de largo. El radio de giro desde el muelle hacia el puente de acceso restringe la circulación de grúas de patio de de alta capacidad, restricción que el puerto está evaluando resolver.

El Puerto de Caldera (Región de Atacama), ha prestado servicios a Engie en logística inland desde Puerto Angamos. Durante una visita de representantes de Goldwind, empresa china fabricante de equipos eólicos, manifestaron que el terminal es una alternativa para la descarga de equipos; sin embargo, para mejorar sus operaciones se debe resolver la limitación de carga máxima de la losa de la cubierta del muelle. Para dicho efecto, habría que realizar un estudio y formular un proyecto, que los operadores actuales estarían dispuestos a efectuar en el caso que exista oportunidades de negocio. Tienen una buena conexión con la Ruta 5, puede ser alternativa a Puerto Angamos, especialmente para cargas de proyecto menores y su downtime no alcanza un 2% anual.

En el Puerto Coquimbo (Región de Coquimbo) se han realizado descargas de palas de hasta 80 m de largo en los sitios 1 y 2, y ninguna descarga en el sitio 3 recientemente construido, el cual no tiene limitaciones al respecto y dispone de 2 grúas móviles de alta capacidad. Presenta ciertas dificultades en su vialidad urbana, producto de que los traslados pueden realizarse solamente entre las 10 pm y 5 am. La conexión con destino norte es compleja puesto que se debe salir destino al sur y en el sector Panul retornar en dirección norte. Además, las cuestas Pajonales y Buenos Aires, al norte de La Serena, generan demoras en la circulación.

El Terminal Marítimo GNL Quintero (Región de Valparaíso) cuenta con capacidad para transferir productos derivados de H2R por contar con un alto estándar de seguridad, capacidad de almacenamiento, área para estanques adicionales y condiciones para atender naves de 300 m de eslora. En la actualidad el terminal junto con Acciona y Enagas Renovable, han ingresado al SEA un estudio de impacto ambiental para la construcción de una planta de H2R, cuya producción será para el mercado local.

El Puerto de Valparaíso (Región de Valparaíso) tiene serias restricciones de accesibilidad vial. La salida por el Acceso Sur no es factible por la existencia de túneles y por la Avenida Santos Ossa está prohibida la circulación de camiones sobredimensionados.

El Puerto de San Antonio (Región de Valparaíso), cuenta con grúas terrestres y suficiente área de respaldo, y ya se han desembarcado palas de 65 m (pudiéndose hasta 80 m) y carga de proyecto transportada en contenedores (DP World San Antonio). Dispone de buenas posibilidades hacia la Ruta 78, a Lagunillas y Casablanca.

En Puerto Lirquén (Región del Biobío) se han descargado palas de más de 80 m destinadas hacia comunas como Renaico y Angol, de la Región del Biobío y de La Araucanía respectivamente, saliendo por la Ruta del Itata y Cabrero.

En Puerto Coronel (Región del Biobío), se han descargado equipos eólicos con palas de hasta 80 m destinados a zonas ubicadas en la costa sur, zona de Arauco, Lebu, entre otras ciudades; no obstante su accesibilidad vial a la zona centro sur es compleja y poco eficiente.

En Puerto Talcahuano (Región del Biobío), se podrían desembarcar palas entre 60 m y 80 m, según los entrevistados, adoptando medidas para superar interferencias viales, pero aún no se han efectuado operaciones de esta naturaleza.

En el Terminal de Corral (Región de Los Ríos) se ha operado con barcazas con palas de hasta 60 m.

En el Terminal de Chincui (Región de Los Lagos) se han descargado palas de 76 m y según estudios está capacitado para descargar palas de hasta 80 m. Cuenta con buena conectividad hacia la Ruta 5, en ambas direcciones.

En Puerto Chacabuco (Región de Aysén) se han descargado palas de hasta 60 m y la descarga de algún elemento más grande está restringida por la ruta.

En Punta Arenas, una empresa china revisó y concluyó que el Terminal J.S. Mardones (Región de Magallanes y la Antártica Chilena) tiene la capacidad para descargar proyectos eólicos con palas de hasta 80 m, cuenta con suficiente área de respaldo y el transporte vial es aceptable a pesar de tener que pasar por zonas urbanas de la ciudad de Punta Arenas, pero idealmente debiera ampliarse para grandes volúmenes; sin embargo, algunos entrevistados consideran que la infraestructura y equipamiento de dicho terminal sería insuficiente para los volúmenes de carga de proyecto que se avizoran, y que el Terminal J.S. Mardones tendría limitaciones para descargas eficientes, como son profundidad y alto downtime. Por otro lado, entre los entrevistados no se considera la posibilidad de puertos argentinos como alternativa frente a la demanda regional.

Los Terminales que utiliza COPEC están instalados, principalmente, en Mejillones (Terminal Marítimo Interacid Trading (Chile) S.A.), Quinteros (Terminal Marítimo El Bato, Quintero), y Calbuco (Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.), emplazados en la Región de Antofagasta, Valparaíso y Los Lagos, respectivamente. Desde allí cubren varias regiones y sectores industriales muy demandantes, como la minería y el transporte marítimo. Directamente no están participando en algún proyecto relacionado con la industria del H2R. Mantienen, eso sí, dos grupos de tareas destinados a buscar nuevas fuentes de energía, electromovilidad y desarrollo de otros combustibles sintéticos. En lo inmediato, están concentrados en la distribución de combustibles fósiles, realizando estudios para aumentar su capacidad de almacenamiento, con el fin de enfrentar las demoras en el Canal de Panamá y el crecimiento propio del país. Están dispuestos, según vaya variando la demanda, a distribuir los nuevos productos.

Los Terminales de Oxiquim se ubican en Bahía Mejillones (Terminal Marítimo Oxiquim S.A.), Bahía Quintero (Muelle Oxiquim) y en Coronel (Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.), correspondientes a la Región de Antofagasta, Valparaíso y Biobío, respectivamente. El primero solo ha recibido productos químicos y GLP, pero también podría realizar embarques. En el terminal de Quintero se embarcan y desembarcan graneles líquidos, pudiendo operar con carga peligrosa y se desembarca metanol para su planta ubicada en Quilicura. Cuentan con unas 500 ha al oriente de la ruta F-130, para el desarrollo de proyectos. En Coronel, el terminal está destinado al trasiego de graneles líquidos desde nave a tierra, al almacenamiento de metanol y procesan otros productos para generar resinas para maderas aglomeradas. Cuentan con unas 20 ha para desarrollar nuevos proyectos.

3.7.3 Gestión operacional de embarque y desembarque

La oferta portuaria constituye un eslabón esencial para el desarrollo y la operación de los proyectos razón por la cual resulta esencial entregar certeza sobre la disponibilidad de terminales en un ambiente donde primará la competencia entre los productores de H2R.

La operación logística general de descarga hasta llegar con los componentes de carga de proyecto al terreno de montaje, consiste en: i) descarga desde la nave; ii) porteo hacia acopio provisorio al interior o exterior al puerto; iii) transporte desde el acopio al patio de almacenaje general en destino; iv) porteo desde el patio al punto de montaje final de cada torre y v) montaje con apoyo de grúas de alta capacidad y altura.

Descripción de las operaciones portuarias

El transporte de carga relacionada con proyectos eólicos se planifica para el envío de torres completas con todos sus componentes. Las operaciones de desembarque comprenden una góndola; tres o cuatro secciones de torre; tres palas y un núcleo del rotor, en total 8 descargas de piezas por torre completa. Se estima que una pala de 82,5 m de largo pesa cerca de 28 ton y la base de una torre, unas 80 ton. El largo de las primeras palas descargadas fue de 54 m; actualmente son de aproximadamente 80 m y en la siguiente generación de aerogeneradores, las palas llegarán a los 87,5 m. En China se planea, para uso offshore, equipos de 12 MW y rotores de diámetro de 220 m. En las operaciones de desembarque, la mayor dificultad se encuentra en los largos de las palas.

En la planificación naviera de los puertos este tipo de carga no es prioritaria. En Puerto Angamos se produjo una espera de una semana, en el año 2022. En Coquimbo, durante la época de la fruta aumentan las esperas. También hay demoras en la tramitación de las autorizaciones de la Dirección de Vialidad donde se deberían considerar imprevistos para disminuir los trámites.

En el Puerto de Puerto Montt se realizó una descarga por medio de barcazas, cuyo destino era la Bahía Quetalmahue, ubicada en la isla de Chiloé.

Rendimientos de transferencia de carga de proyecto

En Puerto Coquimbo, el concesionario del frente de atraque ha obtenido un rendimiento de 12 palas por turno y un equivalente a 24 por día, considerando que en el tercer turno es necesario llevar a cabo las operaciones de retiro de las piezas del puerto.

En Puerto Chincui, Terminal Marítimo Patagonia, se alcanzó un rendimiento entre 40 a 45 min por unidad, totalizando 20 por día. Las naves atendidas utilizaron sus grúas propias con apoyo de grúas de tierra, combinadas entre 200 a 300 toneladas de levante.

En Puerto Angamos se han descargado 8 palas por turno, con un máximo de 15 palas por día.

Para la generalidad de los puertos que han transferido equipos eólicos masivamente, luego que adquieren experiencia y con condiciones de vientos no mayor a 20 nudos, se pueden descargar entre 12 a 15 unidades por día. Para ello se deben usar tanto las grúas de tierra como las de la nave. A menor distancia del lugar de acopio respecto del sitio de atraque donde se realiza la descarga, mejora el rendimiento de la descarga.

Acopio de carga proyecto

El acopio al interior del puerto genera mejores condiciones para incrementar la eficiencia de descarga y, con ello, reducir la estadía de la nave. Si el acopio se realiza fuera del puerto por falta de capacidad, la demora de la descarga se ve afectada, aumentando los costos de manera proporcional a la distancia; sin embargo, si el retiro para envío a destino (lugar de montaje de las torres) tarda mayor tiempo, es más barato el almacenaje en el exterior del puerto por razones de costo de oportunidad debido a un mayor uso de la infraestructura portuaria. En cuanto a la forma de acopio, las palas se apilan dependiendo del comportamiento del viento en el terminal, de los equipos de desembarque disponibles, de la altura máxima que permiten los equipos Reach Stackers (15,2 m) descontando 1,8 m para la operación de descuelgue y enganche, del tipo de bastidor (si permite o no traslape de palas). Así, en el Terminal Portuario Coquimbo se han apilado de 3 hasta 5 unidades en altura, siendo lo más usual el primer caso. En el caso de las secciones de torres, no se apilan, porque afecta la velocidad de descarga de la nave.

En el caso del Terminal Marítimo Patagonia (Puerto Chincui), posee un área de acopio primario desde donde las palas fueron trasladadas hacia un centro logístico propio, para su posterior despacho. Esta área posee 8 hectáreas planas y las palas se apilaron de a 2 unidades en altura y las torres de a una de alto.

3.7.4 Transporte vial de carga de proyecto al sitio de montaje del proyecto eólico

El traslado hacia las zonas de acopio se realiza en convoyes no mayores a 3 unidades. Los problemas con mayor incidencia son la geometría del recorrido y la falta de escoltas generada por la normativa que regía; sin

embargo, su modificación permitiría el uso de escoltas privadas y podría generar un aumento de la frecuencia de los convoyes y, consecuentemente, una mayor rapidez de traslado de las cargas proyecto a sus destinos finales¹.

Los equipos que se emplean son: tractocamiones con más de 520 HP, semirremolques extensibles de hasta 64 m y una altura máxima de 4,5 m. y grúas con capacidad de levante de unas 1.200 ton para la descarga y montaje en el sitio.

En algunos proyectos se han ocupado al menos tres o más empresas de transporte con contratos basados en la cantidad de viajes, las que deben contar con la autorización de la Dirección de Vialidad, basada en un Estudio de Rutas elaborado por empresas acreditadas ante dicha Dirección. El tiempo de traslado depende del resultado del mencionado estudio y de la aprobación de la correspondiente Dirección de Vialidad regional. Los factores que influyen son la calidad de la ruta, posibles obstrucciones, y el régimen de tránsito debido a posibles restricciones de circulación. La mejor época suele ser desde marzo hasta semana santa.

Los factores que aumentan la ineficiencia del transporte se pueden resumir en: i) circulación semanal restringida; ii) velocidad máxima entre 30 a 40 km/hora; iii) escasez de escolta policial, iv) fallas de equipos en las puntas y v) tramitación de permisos ante la Dirección de Vialidad ante imprevistos.

La mano de obra no es un problema crítico. En el mercado laboral existe una razonable disponibilidad de conductores y modulosos (persona que maniobra el boggie trasero).

La oferta de transporte se ha ido adaptando a la demanda. Las empresas que fueron identificadas como más importantes son Ingeniería de Transporte Javier Cortés; Inversol Logística; Eugenio Vilicic; Burger; Tractos y SYMCO (empresa argentina).

Los desarrolladores ponen sus órdenes de fabricación un año antes de comenzar con el montaje y negocian, en algunos casos, los contratos de los servicios de transporte con seis meses de anticipación. Pero también es posible que los proveedores de equipos, partes y piezas acuerden, bajo contrato llave en mano, la ejecución completa del proyecto, en especial en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, debido a su magnitud y posibles dificultades en el montaje, como consecuencia de los vientos.

3.7.5 Oferta naviera para el transporte de carga eólica

En el pasado y en la actualidad, la oferta de flota ha sido suficiente para atender la demanda local de proyectos. El servicio ha sido provisto principalmente por las empresas Oldendorf; Volans; Intermarine; BBC; MUR Shipping y Goldwind, las cuales en algunos casos han empleado naves bulk carrier para aprovechar el viaje de regreso para transportar concentrado de cobre. La carga provenía, inicialmente, desde los países escandinavos. Actualmente China es el mayor exportador y se está agregando India, quienes utilizan sus propias flotas.

Este tipo de carga se transporta también en naves que cuentan con sus propias grúas lo que les permite operar sin depender de equipos externos; sin embargo, en la Zona Norte los estibadores no tienen autorización para manejar estas grúas por lo que se debe negociar con la tripulación para que se encargue de la descarga, lo cual no está exento de problemas. Por su parte, las naves bulk carrier no disponen de grúas, razón por la cual los puertos deben contar con, al menos, dos grúas de tierra con una capacidad de levantamiento superior a las 100 ton y con un alcance de 32 m. El tamaño de embarque de la carga de proyecto fluctúa entre 45 y 65 componentes, con sus elementos adicionales. En algunos casos éstos provienen separados por tener orígenes diferentes.

¹ Cabe mencionar que dicha norma estaba siendo revisada mientras se elaboraba el presente informe.

3.7.6 La oferta naviera para el transporte de derivados de hidrógeno renovable

El transporte de amoníaco en distancias transoceánicas es actualmente realizado en naves tipo Very Large Gas Carrier (VLGC) cuyas capacidades varían entre los 70.000 y 93.000 m³, las mayores actualmente en uso. Tras el objetivo de disminuir las emisiones contaminantes que genera la industria marítima existen iniciativas para desarrollar naves que superen la capacidad máxima actual. Para el tráfico de distancias cortas, no transoceánicas, se utilizan naves menores cuyas capacidades fluctúan entre los 45.000 y 64.999 m³, y para el cabotaje se utilizan naves desde 22.000 m³ de capacidad.

3.7.7 Proyectos de ampliación

Oxiquim se encuentra desarrollando en el Terminal Mejillones un muelle con dos sitios de atraque para incrementar su capacidad y reducir costos operacionales. Actualmente están tramitando la concesión marítima, estimando un plazo de cuatro años para obtenerla. Cuentan con terreno suficiente y posibilidades de adquirir otros para aumentar su capacidad de almacenamiento. Con este proyecto esperan estar en condiciones de operar con H₂R y sus derivados. Por otra parte, en sus Terminales de Quintero y Escuadrón ya se importa metanol por lo que tienen experiencia en su manejo.

El Puerto Chincui, Terminal Marítimo Patagonia, está desarrollando un nuevo muelle con un área de respaldo de 4 ha, llegando a 6,2 ha. Además, tiene previsto una tercera etapa que consiste en unirlo con el existente. Con esto se persigue alcanzar condiciones que permitan atender tamaños de desembarque de palas de unos 80 m de largo en lotes mayores a los realizados hasta ahora.

La ENAP se encuentra desarrollando ciertos proyectos. proyectos en Terminal Laredo, con tres desarrolladores; en San Gregorio, con seis desarrolladores y en Cabo Negro aún no los definen. Su estrategia es lograr la mayor integración posible con desarrolladores.

En el primer caso, existe un proyecto de potenciamiento de capacidad de transferencia, que está orientado a la carga general y de proyectos, pensando en que se podrían descargar palas de 80 m. Se estima un plazo de 10 años para la entrada en operación de sus primeras etapas, con una inversión referencial entre 50 y 60 MM USD. Considera un espigón con dos sitios, en base a una plataforma de 140 m por 40 m para barcazas. El estudio de ingeniería conceptual está terminado. Se encuentra en etapa de revisión el instrumento ambiental y modificación de concesión marítima.

En San Gregorio se estima una inversión de 550 MM USD, destinada a la carga de exportación e importación de productos de gasolina y amoníaco. Se ha concluido el estudio conceptual, estimándose que en 2026 será el primer puerto de descarga comenzando con un muelle “L” y más tarde tipo “T” con 2 slots para un total de 2 GW (1 GW equivale a 1 millón de ton de hidrógeno al año).

La secuencia de entrada de los terminales de exportación es la siguiente: i) San Gregorio conectado con Cabo Negro; ii) San Gregorio conectado con Posesión y iii) en la mitad del avance de Posesión entraría Laguna Blanca. El modelo de ingeniería consiste en conectar los proyectos a través de ductos. Se estima que los ductos transportarán un 80% de amoníaco y 20% de gasolinas sintéticas.

La posibilidad de utilizar sus plataformas de costa afuera no la tienen considerada aún.

Neltume Ports en la Bahía de Mejillones está desarrollando un terminal de acceso libre, donde cada exportador tenga su propio estanque y derechos para utilizar la infraestructura y equipamiento para el embarque de sus productos. Estiman un área total de 20 ha para la transferencia de un millón de ton de H₂R.

En la Región de Magallanes y la Antártica Chilena están desarrollando un puerto para la exportación de productos e importación de carga general. Esto en el marco del proyecto HNHEnergy consistente en una planta de amoníaco y un terminal portuario.

Empresa Transportes Vilicic (TEV) está impulsando la construcción de un terminal portuario para carga general de proyecto y contenedores, al poniente de Cabo Negro y al norte de Laredo. Consiste en un puente de acceso de 700 m en dirección oriente conectado con un cabezo alineado de 500 m de longitud por 45 m de ancho para 2 sitios con calados entre 10 y 20 m y una rampa para barcasas de 200 m largo por 50 m ancho. Su área de almacenaje sería parte de un Parque Industrial de 180 ha, donde ocuparían unas 30 ha. Cuenta con buena conectividad. La concesión marítima lleva 2 años en trámite, con informe técnico. La inversión estimada es de 234 MM USD en obras marítimas, más 25 MM USD en grúas y el costo de los terrenos.

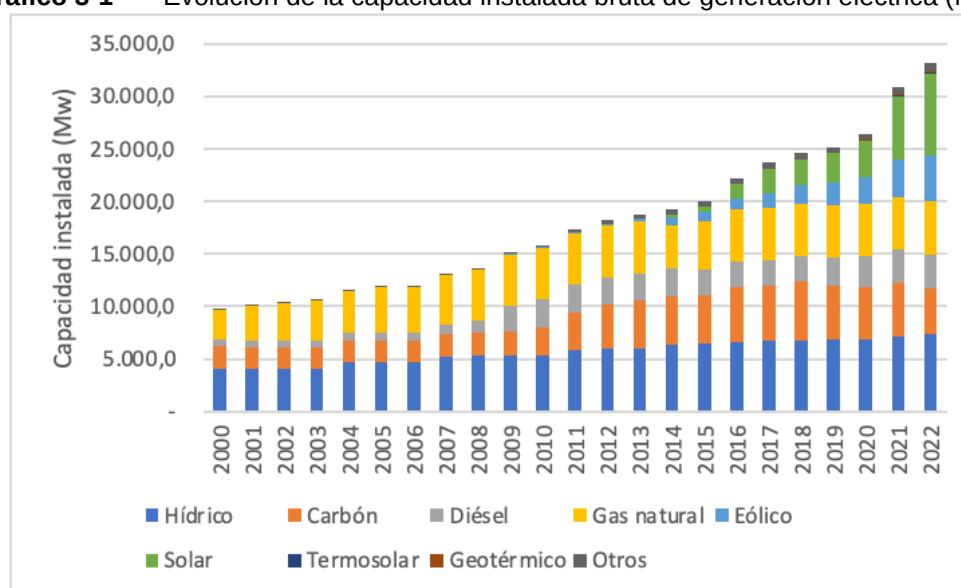
Empresa Portuaria Austral está desarrollando un proyecto destinado a reforzar la losa de su Terminal J.S. Mardones para permitir el uso de grúas móviles con lo que podrá aumentar su eficiencia y disponibilidad. Se espera concluirlo a mediados del año 2025 y su inversión es de unos 6 mil millones de pesos. Cuenta con un área sin uso de unas 10 ha, las que podrían utilizarse como área de acopio de la carga de proyectos.

3.8 Respuesta del sistema portuario ante la evolución de proyectos eólicos y solares

3.8.1 Evolución de la generación de energía eólica y solar en operación y su relación con el sector portuario

A contar del año 2007, según registros del Coordinador Eléctrico Nacional, el país comenzó a generar energía por medio eólico y, en el año 2012, lo hizo también con energía solar. Su evolución se muestra en el siguiente Gráfico 3-1.

Gráfico 3-1 Evolución de la capacidad instalada bruta de generación eléctrica (MW)



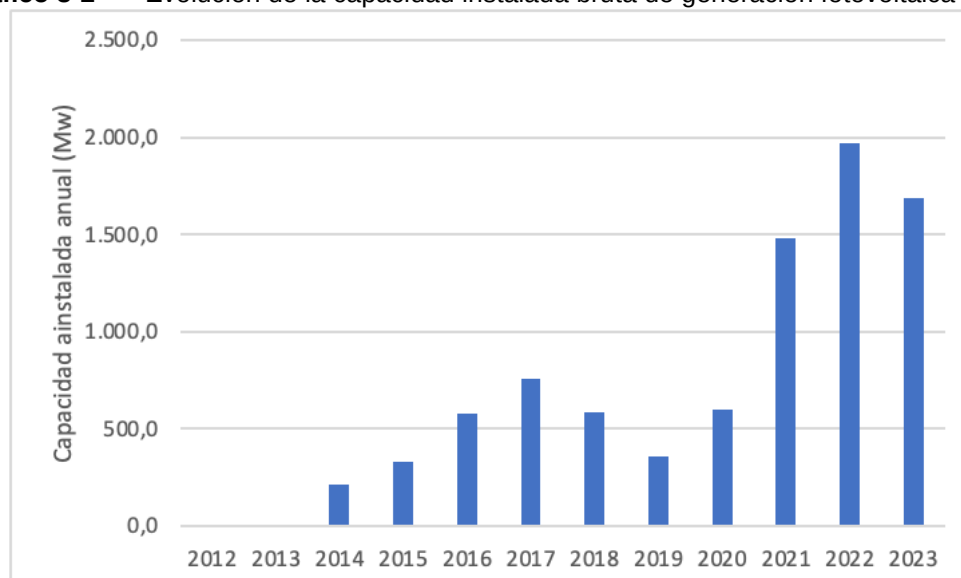
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Coordinador Eléctrico Nacional (Coordinador Eléctrico Nacional, 2023)

Esta evolución muestra que la capacidad instalada por medio solar ha crecido a un ritmo superior a la eólica. Como el modo de transporte, entre las cargas de proyecto de un modo u otro, son distintos, el sistema portuario se enfrenta a realidades diferentes. Mientras la carga relacionada con proyectos solares se transporta en contenedores, la carga eólica lo hace como carga sobredimensionada, incluyendo carga fraccionada.

3.8.2 Respuesta del sistema portuario a los proyectos fotovoltaicos desarrollados

Los proyectos solares que han comenzado a operar tuvieron, desde el año 2012, la evolución anual que se muestra en el Gráfico 3-2 siguiente.

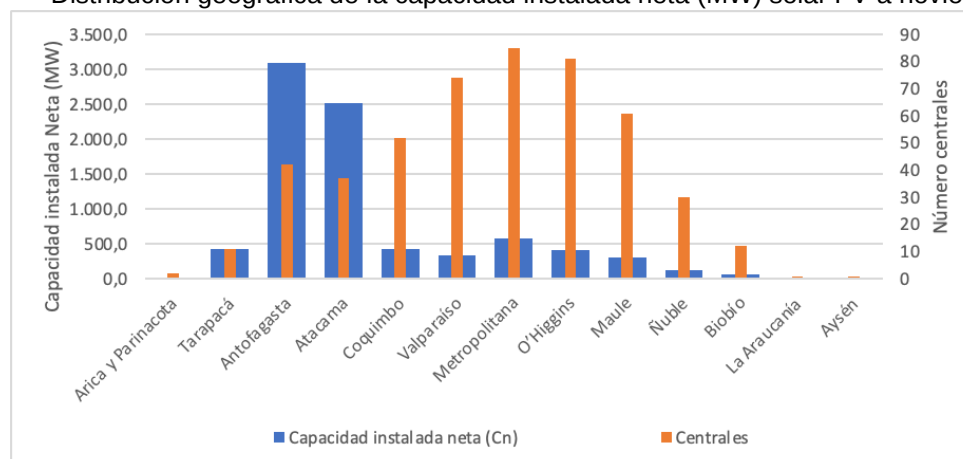
Gráfico 3-2 Evolución de la capacidad instalada bruta de generación fotovoltaica (MW)



Fuente: Elaboración propia según datos de (Comisión Nacional de Energía, 2023)

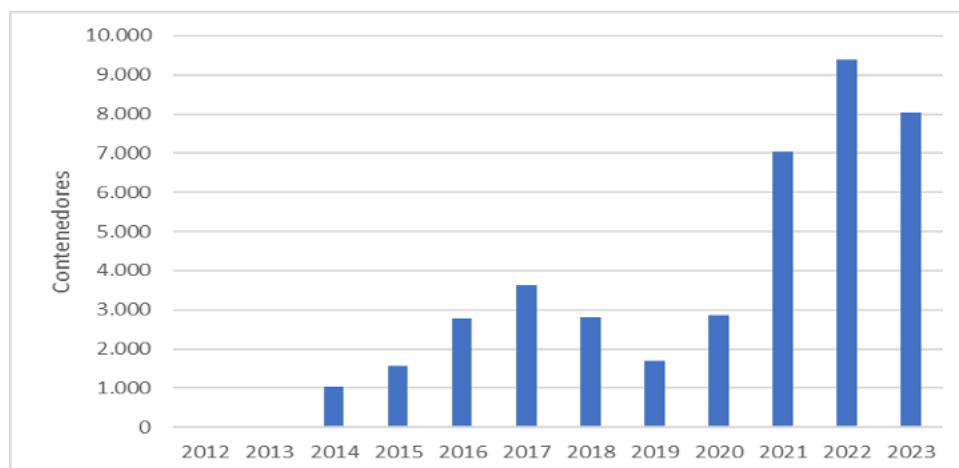
Este desarrollo se encuentra concentrado en las regiones ubicadas en la Zona Norte (desde la Región de Arica y Parinacota hasta la de Coquimbo), con cerca del 78% de la capacidad instalada del país, (principalmente en las Regiones de Antofagasta y Atacama) y el 29% de las centrales fotovoltaicas. En la Zona Centro (desde la Región de Valparaíso hasta la de Ñuble) se cuenta con una capacidad instalada de un 21% y una concentración del 68% de centrales. El resto se ubica en la Zona Sur (desde la Región del Biobío hasta Magallanes y la Antártica Chilena). Su distribución se muestra en el Gráfico 3-3 siguiente.

Gráfico 3-3 Distribución geográfica de la capacidad instalada neta (MW) solar FV a noviembre de 2023



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Comisión Nacional de Energía, 2023)

Desde el punto de vista de la carga de proyecto, se puede estimar que hasta noviembre del 2023 han ingresado aproximadamente 24,5 millones de paneles fotovoltaicos lo que equivalentemente representa entre 23.000 a 41.000 contenedores. Los factores que influyen en su estimación son la capacidad anual instalada, la capacidad por panel, los tamaños de los paneles, su peso y el tamaño del contenedor. Para analizar el efecto de este tipo de carga en el sistema, se ha estimado la mayor proyección, considerando una potencia de panel de 350 W, una capacidad por contenedor de 40 pies de 600 unidades. De acuerdo con esta estimación máxima, el sistema portuario habría transferido un máximo de 9.382 contenedores en el año 2022, como se muestra en el Gráfico 3-4.

Gráfico 3-4 Estimación máxima por año de contenedores con carga de proyectos solares

Fuente: Elaboración propia

La mayor concentración anual se produjo entre los años 2021 al 2023 en las Regiones de Antofagasta y Atacama, con valores que fluctúan entre unos 1.700 a 5.100 contenedores anuales. Si consideramos que esta carga ha sido transferida totalmente por puertos de la Región de Antofagasta, la máxima demanda agregada en el año 2022 de 5.100 contenedores no afecta a la capacidad del sistema, porque en ese año se transfirieron, según DIRECTEMAR, cerca de 156 mil contenedores contra los 201 mil contenedores que se movilizaron durante el año 2016. En el resto de las regiones, los contenedores con este tipo de carga no superan cifras de tres dígitos. Incluso, si se supusiera que las cargas de las Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule se transfirieran por los puertos ubicados en la primera de ellas, no se generarían dificultades con la capacidad del sistema portuario.

Para el transporte de este tipo de carga se dispone de navieras internacionales que ofrecen servicios marítimos regulares que hacen uso de los puertos especializados en el manejo de carga general y, en especial, en la transferencia de contenedores con que cuenta el país. La siguiente Tabla 3.2 presenta los puertos y terminales que atienden servicios navieros de línea de carga contenerizada incluyendo de cabotaje, y las regiones de su área de influencia nacional.

Tabla 3.2 Puertos y terminales de carga general, especializados en contenedores, capaces de atender proyectos fotovoltaicos según región

Región	Comuna	Puerto o terminal	Región(es) de influencia
Arica y Parinacota	Arica	Puerto Arica	Arica y Parinacota
Tarapacá	Iquique	Puerto Iquique	Tarapacá
Antofagasta	Mejillones	Complejo Portuario Puerto Angamos	Antofagasta y Atacama
	Antofagasta	Puerto Antofagasta	
Coquimbo	Coquimbo	Puerto Coquimbo	Atacama y Coquimbo
Valparaíso	Valparaíso	Puerto Valparaíso	Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y Ñuble
	San Antonio	Puerto San Antonio	
Del Biobío	Talcahuano	Puerto San Vicente Talcahuano	Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos
	Penco	DP World Lirquén	
	Coronel	Puerto Coronel	

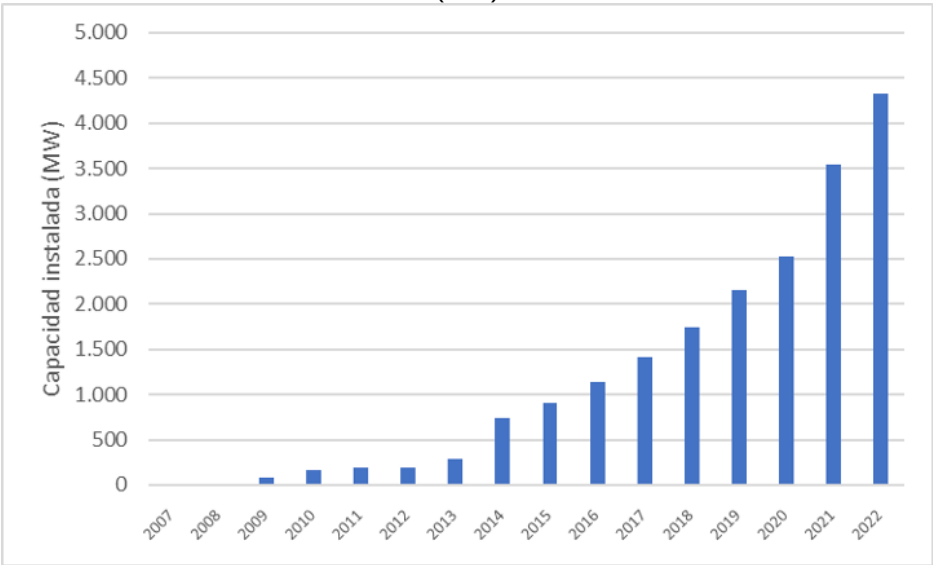
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto Montt	Los Ríos y Los Lagos
	Puerto Chincui	Puerto Montt	
Aysén	Aysén	Puerto Chacabuco	Aysén
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal J.S. Mardones	Magallanes y la Antártica Chilena

Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Respuesta del sistema portuario ante demanda de proyectos eólicos desarrollados

Los proyectos eólicos que han entrado en operación desde el año 2007, han tenido una evolución anual que se presenta en el Gráfico 3-5 siguiente.

Gráfico 3-5 Evolución de la capacidad instalada bruta según entrada en operación de proyectos eólicos (MW)

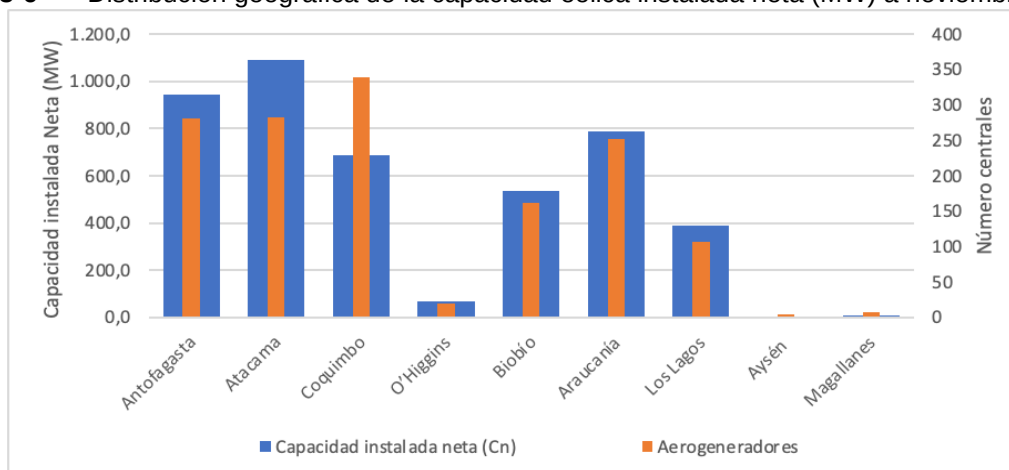


Fuente: Elaboración propia según datos de (Comisión Nacional de Energía, 2023)

Este desarrollo se encuentra concentrado en las regiones ubicadas en la Zona Norte (desde la Región de Arica y Parinacota hasta la de Coquimbo), con cerca del 60% de la capacidad instalada (principalmente en las Regiones de Antofagasta y Atacama) y el 62% de los aerogeneradores instalados en el país. Le sigue la Zona Sur (desde la Región del Biobío hasta la Región de Magallanes y la Antártica Chilena) con cerca del 38% de la capacidad instalada (principalmente en la Región de La Araucanía) y el 36,5% de los aerogeneradores. El resto se concentra en la Zona Centro (desde la Región de Valparaíso hasta la de Ñuble). Su distribución total se muestra en el

Gráfico 3-6 siguiente.

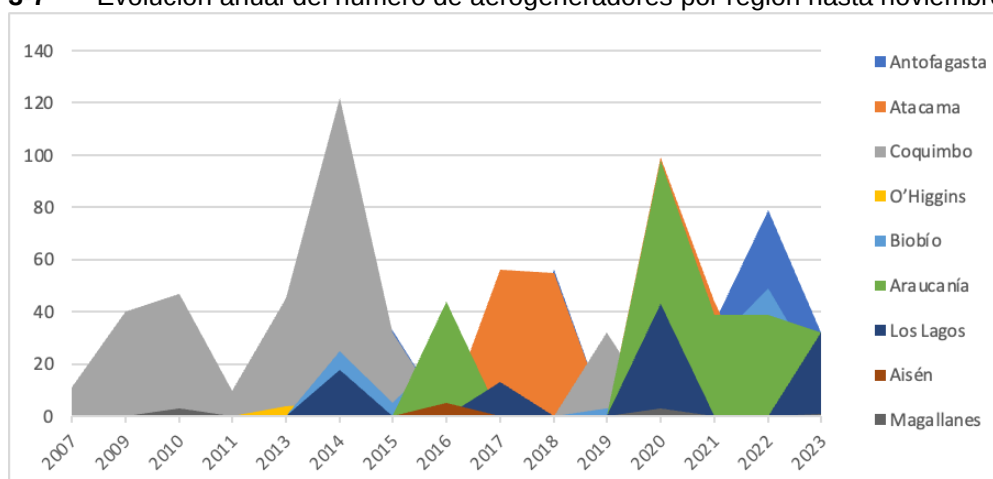
Gráfico 3-6 Distribución geográfica de la capacidad eólica instalada neta (MW) a noviembre de 2023



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Comisión Nacional de Energía, 2023)

Tal y como se puede observar en el Gráfico 3-7, desde el año 2007 a diciembre de 2023, la Región de Coquimbo concentra el mayor número de aerogeneradores acumulando un total de 339 unidades y un peak observado el año 2014 de 122 unidades. Le siguen la Región de Atacama, con 283 torres y un máximo de 100 torres; Antofagasta, con 281 torres y un máximo de 80 unidades; La Araucanía, con 252 torres y un máximo de 100 unidades.

Gráfico 3-7 Evolución anual del número de aerogeneradores por región hasta noviembre de 2023



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Comisión Nacional de Energía, 2023)

El sistema portuario ha sido capaz de absorber la demanda de carga de proyectos eólicos, la que se ha traducido en la transferencia de partes y piezas correspondientes a unas 1.454 torres. Para ello se dispuso de los mismos puertos de carga general donde se transfiere carga relacionado con proyectos solares. Las operaciones de desembarque a través de los puertos y terminales, así como el transporte de la carga hacia los lugares donde se emplazaron los parques eólicos, siempre han sido posible, a pesar de las dimensiones de algunos de sus componentes.

Algunos ejemplos obtenidos desde los respectivos expedientes ambientales, de las correspondientes páginas web de los parques y fuentes propias. En el año 2020 entró en operación el Parque Eólico San Gabriel en la Comuna de Renaico, Región de La Araucanía, consistente en 61 torres con aerogeneradores cuyas hélices tienen un diámetro de 132 m. Se dispusieron dos posibilidades portuarias. El Puerto de Coronel y DP World Lirquén, cuya distancia respecto a la localización del parque, es de unos 115 km. El flujo mensual estimado de camiones fue de 80 unidades, a través de rutas concesionadas como la ruta del Itata o caminos públicos.

En el año 2021 comenzó a operar el Parque Eólico Calama, en la comuna del mismo nombre, Región de Antofagasta. Consiste en 36 torres con aerogeneradores con hélices de 145 m de diámetro. La distancia entre el puerto de desembarque de la carga de proyecto, Puerto Angamos ubicado en la Comuna de Mejillones, y el lugar donde se emplazó el parque, es de unos 270 km. Para el transporte desde el puerto hacia la obra se previó un flujo de camiones total de 720 viajes ida y vuelta. Las cargas sobre dimensionadas circularon, desde el puerto hasta el lugar donde encuentra el parque, por rutas como Ruta 1; Ruta B-400; Ruta 5; Ruta 25; Ruta 23-Ch y la B-165.

En el año 2023 entró en operaciones el Parque Eólico Atacama ubicado en la Comuna de Freirina, Región de Atacama, constituido por 30 torres con hélices de 170 m de diámetro. Las operaciones de descarga de sus partes y piezas se realizaron en el Muelle Multipropósito Puerto Las Losas, ubicado a unos 48 km del lugar donde se ubica el parque. Para transportar la carga hacia el lugar de la obra se utilizaron rutas como la 5 Norte; la ruta secundaria C-500 y, entre otras, un camino que permite el acceso a otros proyectos eólicos.

En la Comuna de Ovalle, Región de Coquimbo, en el año 2014 entró en operaciones el Parque Eólico Los Cururos, parte # 2 con 35 torres cuyas hélices tienen un diámetro de 100 m. La ruta seleccionada fue la 5 norte y la estimación de viajes fue de 10 camiones por torre. La duración total del transporte fue de unos 120 días.

El Parque Eólico San Pedro de Dalcahue se encuentra en la cima de la Cordillera de San Pedro, Comuna de Dalcahue, Región de Los Lagos, a unos 160 km de distancia. Su segunda etapa consistió en la instalación de 13 torres con hélices de 128 m de diámetro. Los equipos fueron desembarcados con las grúas del barco debido a que el puerto no cuenta con este tipo de equipamiento, siendo cargados sobre camiones para ser depositados en un área cercana a 1 ha. Los equipos de menor tamaño fueron transportados por tierra hasta el lugar donde se iba a construir el parque eólico. Las otras partes fueron trasladadas en barcazas sobre semirremolques desde el puerto hasta una rampa ubicada en Pargua. El tracto camión se trasladó por tierra cruzando el Canal Chacao para esperar la llegada de la barcaza y tomar el semirremolque para transportarlo hasta el lugar de la obra. Se realizaron entre 3 a 4 viajes diarios por la noche. Para esta operación se tuvo que acondicionar un camino privado.

En la Región de Puerto Montt inició operaciones el Parque Eólico Puelche Sur con 32 torres cuyas hélices tienen 149 m de diámetro y se ubican en las Comunas de Frutillar y Puerto Octay, a una distancia de unos 66 km. El traslado de la carga desde el puerto hasta donde se encuentra el parque se realizó ocupando importantes rutas urbanas, como las que conectan al puerto con la ruta 5 y a esta con la vialidad de las comunas donde se encuentra el parque.

Estos ejemplos muestran que, a pesar de las restricciones de accesibilidad existente, como tener que utilizar, principalmente, rutas urbanas en el caso del Parque Eólico Puelche Sur o tener que alcanzar la cima de un cerro como fue en Parque Eólico San Pedro en la comuna de Dalcahue, fue posible lograr el objetivo de llegar con la carga a destino. Tampoco fue obstáculo la distancia existente entre el puerto y el lugar donde fueron emplazados los parques como fue el caso del Parque Eólico Calama; la longitud de las hélices, Parque Eólico Atacama; atender demandas provenientes de otras regiones, Parque Eólico San Gabriel; o tener que utilizar una ruta con alto tráfico interurbano, Parque Eólico Los Cururos.

La carga de proyecto muestra ciertas tendencias que deben tenerse en cuenta a la hora de planificar el sistema portuario, en especial donde no existe experiencia previa, como es el caso de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. La demanda de este tipo de carga ha sido cubierta por puertos y terminales multipropósito, sin que hayan surgido propuestas sobre la necesidad de contar con más puertos de este tipo, a pesar de que, en sus Regiones -Antofagasta, Atacama y Coquimbo - existe solo una oferta portuaria, lo que podría estar afectando la competitividad del sistema. Solo en las Regiones del Biobío y Los Lagos existe más de una oferta para operar con este tipo de carga.

4 Descripción de la oferta y demanda portuaria existente

4.1 Caracterización de los puertos y terminales y sus sitios

Se identificó un universo de 106 terminales que podrían atender el desembarque y embarque de carga asociada al desarrollo de los proyectos de H2R. Cada uno de ellos se encuentra descrito en términos de su propietario y tipo (estatal o privado), tipo de acceso (uso público o uso privado), operadores, ubicación, características de sus sitios y frente de atraque al que pertenecen, productos que transfieren, líneas navieras que recalcan en ellos, y si ha desembarcado elementos asociados a proyectos eléctricos. Estos datos se encuentran contenidos en planilla que forma parte del presente informe, cuyo contenido se describe en el Anexo 1: Contenido planilla “Terminales marítimos”.

4.1.1 Especialización y tipos de cargas atendidas

En el país existen puertos y terminales estatales y privados, tanto de uso público como de uso privado. A su vez, dentro de los estatales se encuentran aquellos que funcionan bajo el régimen de concesión marítima, normada por el DFL N° 340 de 1960, y los de las EPA'S regidos por la Ley N° 19.542. En la Tabla 4.1 se resume el número de puertos y terminales por Zona, según propiedad y uso.

Tabla 4.1 Puertos y terminales según tipo de operador y uso

Zona	Propiedad estatal			Propiedad privada			Total
	Uso público	Uso privado	Subtotal	Uso público	Uso privado	Subtotal	
Norte	6	2	8	2	27	29	37
Centro	2	5	7	2	3	5	12
Sur	22	6	28	20	9	29	57
Total	30	13	43	24	39	63	106

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior significa que los puertos estatales con uso público constituyen solo el 28% de los 106 puertos y terminales seleccionados, en primera instancia. Es en estos puertos donde el Estado puede ejercer su derecho a fijar políticas de desarrollo con mayor facilidad que en el resto. Los puertos estatales de uso privado están ligados a procesos comprometidos con determinada carga a granel vinculada a procesos productivos ligados a la minería y al sector energético.

En el año 2022, por los puertos y terminales de comercio exterior, cabotaje y tránsito del país, excluyendo los terminales de conectividad regional, se transfirió un total de 134.564.796 ton. De ese total, la carga general y refrigerada correspondió al 28,1%, los graneles sólidos al 41,1%, los líquidos al 27,2% y el tránsito internacional al 3,6%.

A través de los puertos y terminales de uso público se movilizó el 96,6% de la carga general y refrigerada, un 21,1% del granel sólido, el 38,7% de los líquidos y el 100% del tránsito internacional. Su complemento respectivamente fue transferido a través de los de uso privado. La Tabla 4.2 siguiente presenta los volúmenes que se movizaron por zona del país y tipo de uso durante el año 2022.

Tabla 4.2 Distribución volúmenes transferidos en el año 2022 según tipo de carga, zona del país y tipo de uso del puerto o terminal [tm]

Zona/Uso	General y refrigerada	Granel Sólido	Granel Líquido	Tránsito Internacional	Total
Norte	4.731.995	39.951.612	11.688.076	4.287.448	60.659.131
Uso público	3.806.966	1.841.476	650.930	4.287.448	10.586.820
Uso privado	925.029	38.110.136	11.037.146	0	50.072.311
Centro	20.461.280	7.761.105	12.321.667	413.597	40.957.649
Uso público	20.271.428	4.004.321	2.034.638	413.597	26.723.984
Uso privado	189.852	3.756.784	10.287.029	0	14.233.665
Sur	12.558.059	7.657.482	12.598.679	133.796	32.948.016
Uso público	12.382.202	3.803.503	2.378.771	133.796	18.698.272
Uso privado	175.857	3.853.979	10.219.908	0	14.249.744
Total	37.751.334	55.370.199	36.608.422	4.834.841	134.564.796
Uso público	36.460.596	9.649.300	5.064.339	4.834.841	56.009.076
Uso privado	1.290.738	45.720.899	31.544.083	0	78.555.720

Fuente: Elaboración propia en base a Boletín Estadístico Marítimo (BEM) (DIRECTEMAR, 2023)

En resumen, los puertos de uso público concentran su transferencia en carga general y los privados en la carga a granel.

La Zona Norte concentra el 72,2% de los graneles sólidos que se transfirieron en el país en el año 2022 y, el 95,4% de ellos lo hicieron por puertos y terminales de uso privado. En el caso de los graneles líquidos, tales participaciones correspondieron al 31,9% y 94,4%, respectivamente. La carga general y refrigerada correspondió al 12,5% del total nacional y el 80,5% lo hizo a través de puertos y terminales de uso público.

La Zona Central, que se encuentran dentro del área de influencia de los puertos y terminales de la Región de Valparaíso, concentra el 54,2% de la carga general y refrigerada del país, siendo transferida en un 99,1% por puertos y terminales de uso público. Los graneles sólidos y líquidos representaron el 14,0% y 33,7% del total nacional, y un 48,4% y 83,5% respectivo de ellos se transfirió a través de instalaciones portuarias de uso privado.

En la Zona Sur la participación de los puertos y terminales de uso público en la transferencia de carga general y refrigerada, graneles líquidos y sólidos fue de 98,6%, 49,7% y 18,9%, respectivamente.

De los 106 puertos y terminales analizados, 26 transfieren solo carga líquida, siendo la ENAP la que cuenta con la mayor cantidad de terminales, 9 en total, ubicados en Isla de Pascua, Quintero (3), Talcahuano, Punta Arenas y San Gregorio. Adicionalmente, cuenta con 2 terminales ubicados en la Comuna de Primavera, los que se encuentran inhabilitados; pero que, eventualmente podrían ser utilizados nuevamente. Le sigue COPEC con 6 terminales ubicados en las Comunas de Arica, Iquique, Caldera, Coquimbo, Quintero y Aysén; y OXQUIM con 3 terminales ubicados en Mejillones, Quintero y Coronel, y por último Terquim en la Comuna de Mejillones. Esta distribución permite reconocer la importancia de ENAP respecto a su potencialidad para ofrecer alternativas para el embarque de los productos de exportación y de distribución al interior del país y de la relevancia de una serie de terminales privados en el abastecimiento del país.

Por otra parte, los terminales que transfieren graneles líquidos y otras cargas son 17. En la mayoría de ellos se transfieren tres o más tipos diferentes de carga, por lo que se hace más complejo contar con facilidades

para el embarque de productos, pero podrían ser utilizados para la recepción de carga de cabotaje y distribución del suministro interno, como, por ejemplo, el Terminal Marítimo San José de Calbuco.

Los terminales que transfieren solo granel sólido (GS) son 21 y están concentrados en el grupo CAP con 5 unidades, ubicadas en las Comunas de Totoralillo, Huasco, Coquimbo, Talcahuano y Puerto Natales, y en Portuaria Cabo Froward con 4 terminales emplazados en las Comunas de Coronel y Calbuco. En este último grupo existen terminales que transfieren carbón a centrales termoeléctricas que pudieran ser reconvertidas, en la medida que vayan dejando de funcionar este tipo de centrales.

Los terminales que solo transfieren carga general (CG) son 8. A ellos hay que agregar 36 terminales que transfieren este tipo de carga junto a otras. A este grupo pertenecen las EPA y los 12 terminales donde ya se han llevado a cabo operaciones con carga de proyecto relacionada con proyectos renovables. Junto a este grupo de terminales se dispone de 10 rampas que podrían ocuparse como infraestructura de apoyo para el traslado de carga de proyecto y de cabotaje hacia zonas sin conexión terrestre.

Tabla 4.3 Cantidad de puertos y terminales por tipo de carga

Tipo de carga	Terminales	Tipo de carga	Terminales
GL	26	CG; Pax	4
GS	21	CG; GL	3
CG; Rodados; Pax	10	CG; GL; Pax	2
CG	8	CG; GS; GL	2
CG; GS	8	CG; GS; GL; Pax	1
s/s	5	CG; GS; GL; Rodados	1
Rodados; Pax	5	CG; GS; Pax	1
CG; GS; GL; Rodados; Pax	4	Pax	1
GS; GL	4	Total	106

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (DIRECTEMAR, 2023) y fuentes propias

Cabe señalar que la empresa estatal Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) es dueña del Complejo Portuario Mejillones S.A., ubicado en la bahía de Mejillones, que alberga los terminales Puerto Angamos S.A. y el Terminal de Graneles del Norte (TGN) S.A. Por decisión de la cuprífera ambos fueron definidos como de uso público. Estas instalaciones son operadas por Complejo Portuario Puerto Angamos y Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A., respectivamente, bajo un contrato de exclusividad.

Por su parte, la ENAP opera directamente una serie de terminales de su propiedad como parte de su giro, consistente en la refinación de crudos destinados a producir combustible diésel, bencina y otros derivados del petróleo.

4.2 Estadísticas de transferencia de carga y proyecciones

4.2.1 Evolución de la demanda portuaria

En la Tabla 4.4 que se presenta a continuación se exhiben los volúmenes por tipo de carga transferidos por puertos y terminales según la clasificación de DIRECTEMAR, excluyendo los puertos regionales (Sur Austral e insular) destinados, principalmente, a la atención de servicios de conectividad, comprendidos en cada una

de las zonas definidas y a nivel país en el período 2018 a 2022, extraídos de los BEM. También se presenta la tasa anual media de variación de la demanda del período.

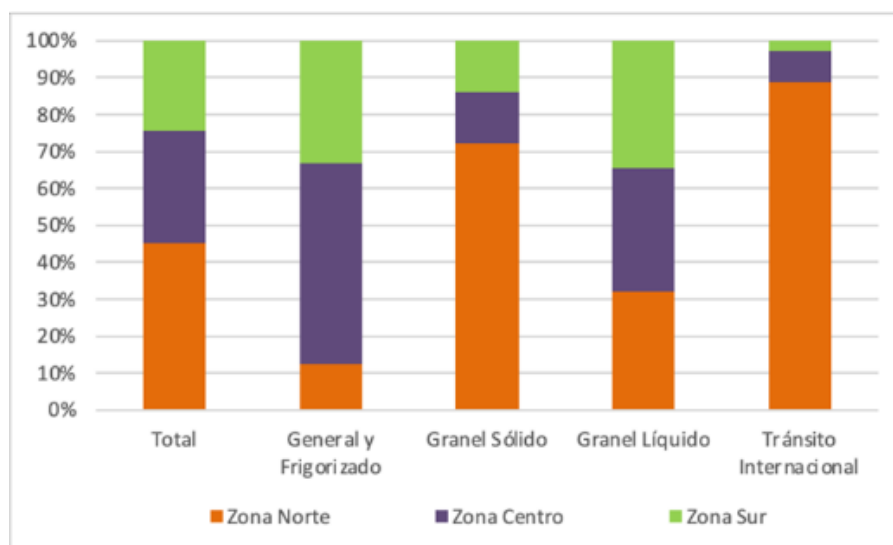
Tabla 4.4 Volumen de carga [TM] transferida en puertos por zona y a nivel país entre 2018-2022

Zona/tipo de carga	2018	2019	2020	2021	2022	Tasa anual promedio
Zona Norte	62.172.251	55.331.288	59.098.448	63.433.591	60.659.131	-0,6%
CG y CR	4.580.165	4.279.358	4.754.138	4.468.756	4.731.995	0,8%
GS	44.814.689	38.387.391	43.239.350	45.846.797	39.951.612	-2,8%
GL	8.806.349	9.276.815	8.232.632	9.684.637	11.688.076	7,3%
Tránsito Internacional	3.971.048	3.387.724	2.872.328	3.433.401	4.287.448	1,9%
Zona Centro	43.749.333	40.898.464	38.612.439	43.286.680	40.957.649	-1,6%
CG y CR	19.377.563	18.767.641	18.326.889	22.103.512	20.461.280	1,4%
GS	10.266.874	9.836.971	9.423.785	9.230.242	7.761.105	-6,8%
GL	14.104.896	12.293.852	10.861.765	11.558.974	12.321.667	-3,3%
Tránsito Internacional	0	0	0	393.952	413.597	
Zona Sur	42.697.015	40.338.897	37.833.213	39.886.892	32.948.016	-6,3%
CG y CR	14.532.028	13.344.841	13.257.160	13.267.706	12.558.059	-3,6%
GS	16.007.657	13.953.031	12.447.888	12.206.240	7.657.482	-16,8%
GL	12.157.330	13.041.025	12.128.165	14.338.501	12.598.679	0,9%
Tránsito Internacional	0	0	0	74.445	133.796	
Total	148.618.599	136.568.649	135.544.100	146.607.163	134.564.796	-2,5%
CG y CR	38.489.756	36.391.840	36.338.187	39.839.974	37.751.334	-0,5%
GS	71.089.220	62.177.393	65.111.023	67.283.279	55.370.199	-6,1%
GL	35.068.575	34.611.692	31.222.562	35.582.112	36.608.422	1,1%
Tránsito Internacional	3.971.048	3.387.724	2.872.328	3.901.798	4.834.841	5,0%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

En el Gráfico 4-1 que se presenta a continuación se aprecia la participación que tuvieron a nivel de volumen total y por tipo cada una de las zonas en el año 2022.

Gráfico 4-1 Participación en volumen total y por tipo de carga de las zonas en 2022



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

En el período 2018-2022, el volumen total transferido a nivel país ha disminuido a una tasa anual promedio (TAP) de 2,5%, siendo menor en la Zona Norte, que concentra la actividad minera del país, donde lo hizo a una tasa anual promedio negativa de 0,6%, y mayor en la Zona Sur, cuya actividad económica principal corresponde a la industria forestal emplazada en la Región del Biobío y la acuícola localizada desde la Región de Los Lagos al sur del país, alcanzando -6,3%. La Zona Centro, donde se concentra la mayor proporción de la población y de los servicios, decreció a una tasa anual de 1,6%.

Por tipo de mercancía, la carga general (contenedorizada y fraccionada) y refrigerada han experimentado una variación anual promedio de -0,5% a nivel país. No obstante, el comportamiento positivo observado en la Zona Norte (TAP: 0,8%) y Centro (TAP: 1,4%) es contrarrestado por la disminución de 3,6% que se verifica en la Zona Sur.

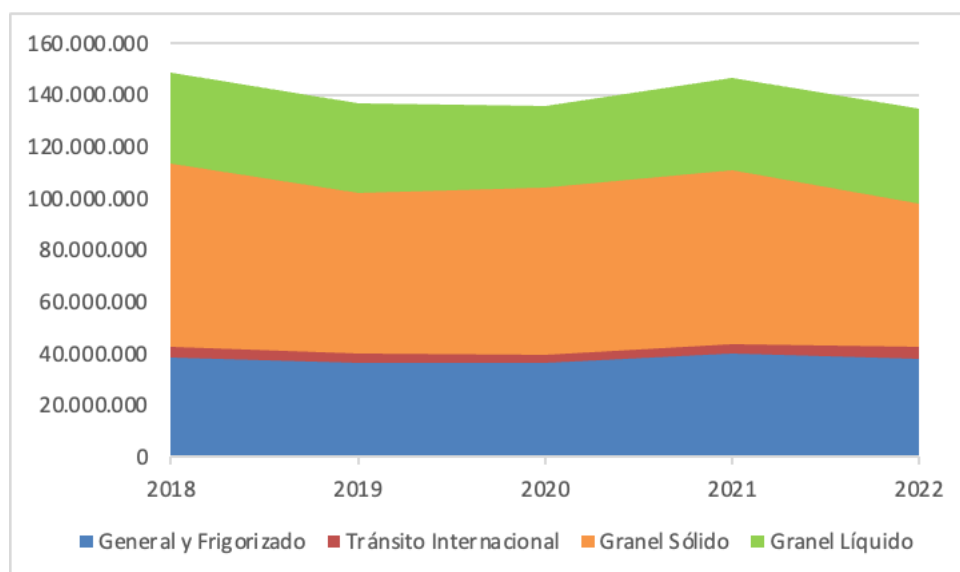
Los graneles sólidos, por su parte, han decrecido a una tasa anual promedio de 6,1%. Tal tendencia se verifica en todas las zonas, siendo mayor en la Zona Sur donde lo hizo a una tasa anual de -16,8%. Le sigue la Zona Centro con -6,8% y la Norte con -2,8%.

Los graneles líquidos han crecido a tasa anual de 1,1% a nivel país. No obstante, los incrementos anuales promedios de 7,3% y 0,9% que se observan en la Zona Norte y la Zona Sur respectivamente, son amortiguados por la Zona Centro que decreció a una tasa anual promedio de 3,3%.

Por su parte, el tránsito internacional, que se concentra mayoritariamente en Puerto Arica y corresponde al comercio internacional de Bolivia, ha crecido a una tasa anual del 5,0%.

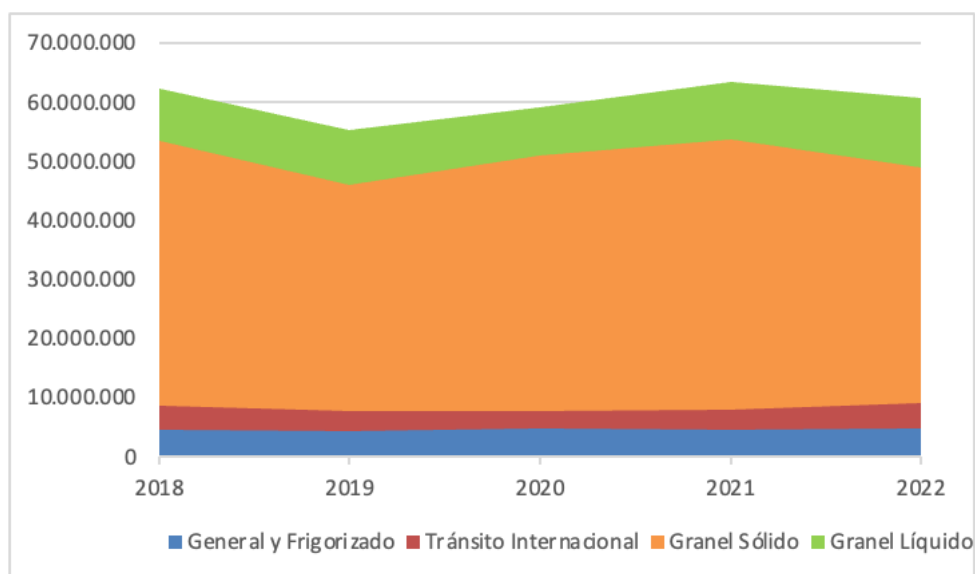
La evolución de los volúmenes de carga a nivel país y por Zona se presenta en los Gráfico 4-2 a Gráfico 4-5 expuestos a continuación.

Gráfico 4-2 Evolución del volumen de carga total nacional transferida por tipo



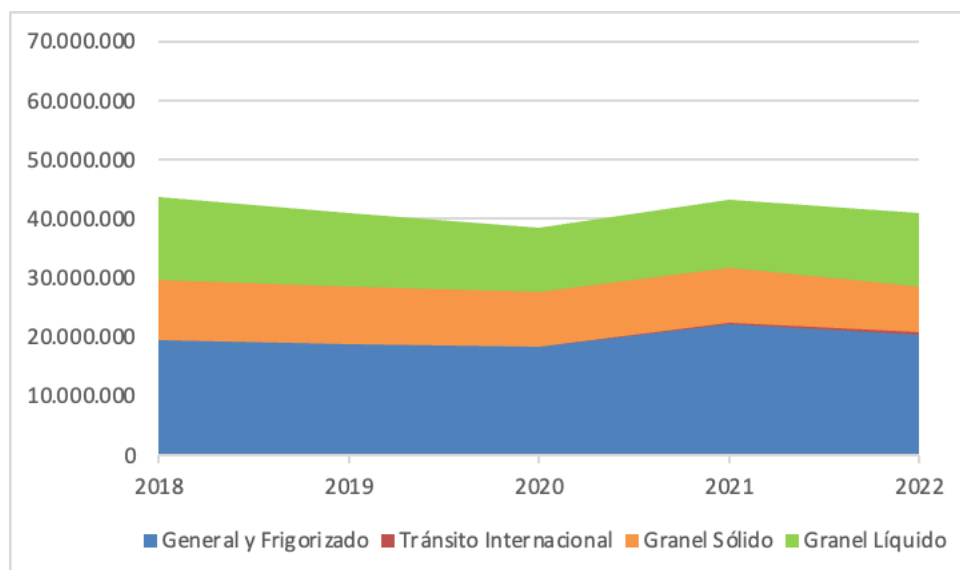
Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

Gráfico 4-3 Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Norte por tipo



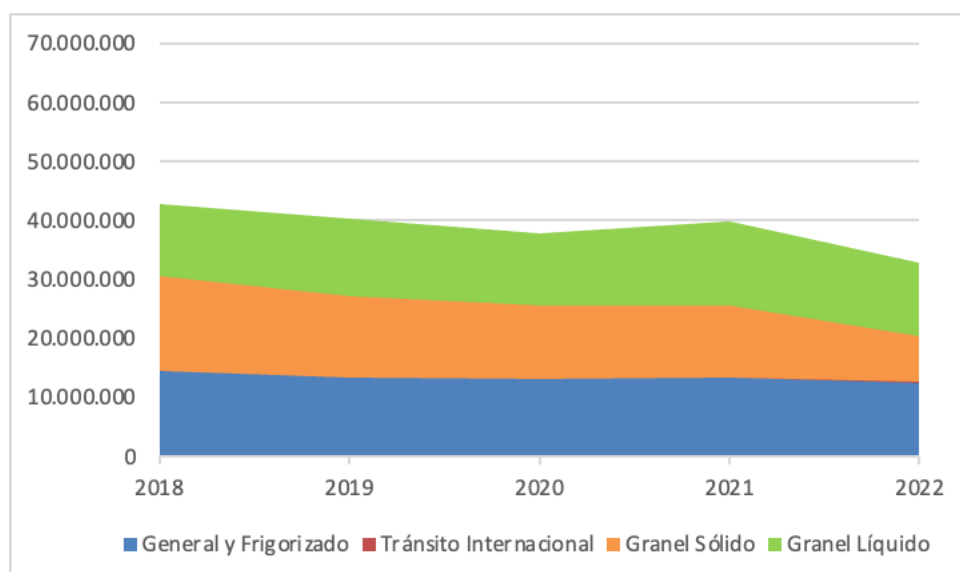
Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

Gráfico 4-4 Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Centro por tipo



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

Gráfico 4-5 Evolución del volumen de carga transferida en la Zona Sur por tipo



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

4.2.2 Tráfico de cabotaje

Según datos de DIRECTEMAR, el cabotaje de carga líquida, la que, sin considerar el ácido sulfúrico, representa un dato significativo sobre el tipo de producto que el H2R y sus derivados deberían sustituir, se ha mantenido en una banda entre las 4,1 millones y 3,8 millones de ton entre los años 2018 y 2021. El petróleo diésel, gasolina para vehículos y el petróleo crudo representan entre el 75% y 80% de la canasta de productos.

Por otra parte, Quintero, San Vicente y Cabo Negro son los actuales centros de embarque del país. Mientras que, en la Zona Norte, los principales lugares de desembarque son Mejillones, Iquique, Guayacán y Caldera; en la Zona Centro, Hanga Roa y Quintero y, en la Zona Sur, San Vicente, Coronel, Calbuco y Puerto Chacabuco.

La siguiente Tabla 4.5 muestra lo ocurrido en el año 2021 con la carga de cabotaje en relación con sus orígenes y destinos, conformada por combustible, de manera muy significativa, además de algunos productos químicos, sin ácido sulfúrico.

Tabla 4.5 Distribución de carga líquida de cabotaje (ton) sin ácido sulfúrico entre zonas en 2021

Embarque	Desembarque						Total
	Norte		Centro		Sur		
Norte			Hanga Roa	1.517	San Vicente	413.000	
Centro (Quintero)	Arica	31.684	Ventanas	24.656	Coronel	199.557	
	Iquique	119.038			Calbuco	328.409	
	Mejillones	192.448			Chacabuco	25.496	
	Barquito	6.600					
	Caldera	62.403					
	Guayacán	377.324					
Total	789.497		26.173		966.462		1.782.132
Sur (San Vicente, Cabo Negro)	Arica	4.812	Hanga Roa	7.033	Coronel	155.288	
	Iquique	115.507	Quintero	318.428	Calbuco	617.438	
	Tocopilla	173.093	Cabo Negro	21.105	Chacabuco	161.567	
	Barquito	17.351			Punta Arenas	4.645	
	Caldera	21.463			Otros	8.647	
	Guayacán	92.252					
	Otros	284.350					
Total	708.828		346.566		947.585		2.002.979
Total Embarque	1.498.325		372.739		1.914.047		3.785.111

Fuente: Elaboración propia en base a datos del BEM (DIRECTEMAR, 2023)

En ella se puede observar que no existe tráfico desde la Zona Norte hacia las Zonas Centro y Sur, cuestión que podría variar si desde allí hubiera que suplir los embarques de combustibles desde la Zona Centro (Quintero). Además, refleja la importancia que tienen los centros distribuidores ubicados en las bahías de Quintero y San Vicente no solo para abastecer a la Zona Norte, sino que también para cubrir demandas entre ellas.

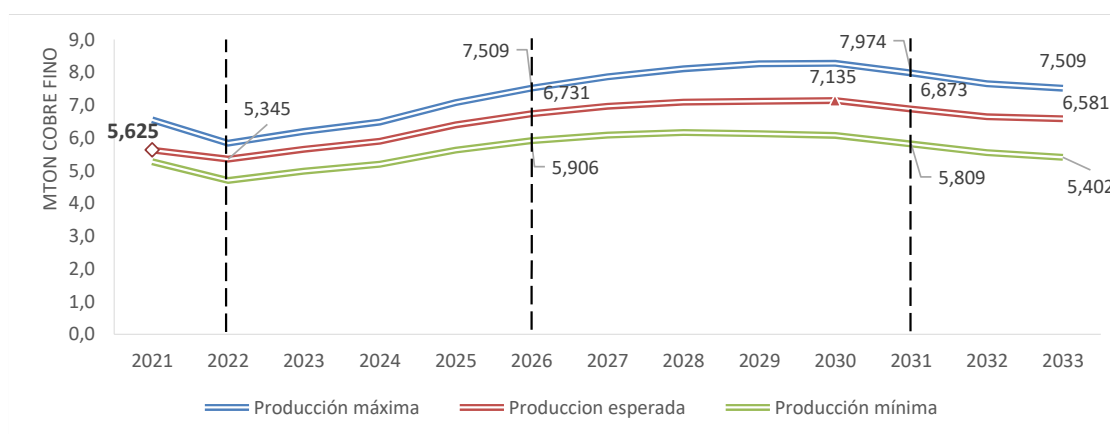
4.2.3 Proyecciones de demanda portuaria

Para efectos de proyectar la demanda para el horizonte de 10 y 20 años, se supondrá que la carga general y refrigerada, así como el tránsito internacional, crecerá a la tasa anual del 2,0%. Los estudios de demanda que ha elaborado el MTT para áreas específicas muestran una relación amplia de estas cargas con la economía nacional. La tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto entregada por el IPoM, consiste en una banda de 2,0 a 3,0% a partir de 2025. Es por ello que la tasa adoptada resulta conservadora para los efectos de analizar la relación demanda-capacidad de las instalaciones portuarias.

El granel sólido se asumirá que no crece, lo que supone un comportamiento optimista dado que debiera continuar su tendencia negativa por efecto del retiro de las centrales térmicas a carbón, en tanto el aumento de la participación de exportación de concentrado de cobre versus cobre metálico no compense tal caída. Según COCHILCO, la proyección de producción esperada para el periodo 2022-2033 muestra que la producción hidrometalúrgica pasaría de una participación de 25,1% de la producción total en 2021, 1.410.000 ton, a un 6,3% hacia 2033 con un poco más de 416.000 ton, una caída de 70,6%.

El granel líquido debiera continuar creciendo por efecto de la actividad minera del norte del país, pero a una tasa más baja en línea con la del aumento de producción de cobre proyectado por COCHILCO que la sitúa en un promedio de 1,3% anual en el período 2022-2033, hasta alcanzar un peak de 7.140.000 ton de cobre fino y cuya proyección se muestra en el Gráfico 4-6 siguiente.

Gráfico 4-6 Producción de cobre 2021 y proyección periodo 2022 – 2033 a nivel nacional



Fuente: (COCHILCO, 2022)

Las estadísticas de demanda observada en el período 2018-2022 se encuentran contenidas en las respectivas memorias de las EPA'S y puertos privados de uso público, mientras que para el caso de los puertos privados de uso privado, se ha recurrido a los BEM.

5 Selección y caracterización oferta portuaria para atención de proyectos de energía renovable

5.1 Puertos y terminales para el desembarque de carga de proyecto

5.1.1 Definición de la nave de diseño

En el caso de los proyectos eólicos, el transporte de los elementos que conforman una torre eólica se hace por medio de buques especializados en carga de proyecto o, en carga fraccionada o graneles sólidos, reacondicionados.

La capacidad de los buques para el transporte de elementos de proyectos eólicos es relativamente pequeña. Uno de los mayores embarques que se ha llevado a cabo ha sido el traslado de 156 palas V120 (60 m longitud), con un peso de 1.638 ton, desde Dafeng (China) hasta Torozos (España), en un barco cuyas características e imagen se presentan en la Tabla 5.1 que se presentan a continuación.

Tabla 5.1 Características buque Zhi Xian Zhi Xing

Nave	Eslora	Manga	Calado	DWT (tm)	Velocidad Max y Media
Zhi Xian Zhi Xing	159,6 m	43,05 m	6,5 m	24.961	10,8 / 8,7 nudos

Fuente: www.vesselfinder.com/

Existe otra experiencia de un transporte de 198 palas V100 desde Taranto (Italia) hacia el puerto de Vancouver (EE. UU.). Las palas tenían 50 m de largo, las que fueron transportadas por un buque tipo bulk carrier cuyas características se señalan en la Tabla 5.2 siguiente.

Tabla 5.2 Características buque COMBI DOCK I

Nave	Eslora	Manga	Calado	DWT (tm)	Velocidad
COMBI DOCK I	169,4	25 m	6,6 m	10.480 t	16 nudos

Fuente: www.vesselfinder.com

Otros registros de naves que han transportado palas o partes y piezas, se detallan en la Tabla 5.3 a continuación.

Tabla 5.3 Lista de buques de transporte de partes y piezas

Nave	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	DWT (tm)	Velocidad (nudos)
Arkhanelsk Vaasa	145	23	8,18	12.500	15
Ontario	138	21	8	12.771	16
Challenger	145	18	6,3	11.121	14
Star Lindesnes	204	32	8,7	50.748	15
UHL FAME	150	26	7,3	17.165	15
UHL FUTURE	150	26	7,3	17.190	15
TIAN XI	190	29	8,5	38.098	15

XIN Fu Song	179	27	10	27.292	15
PARIS TRADER	180	30		40.292	15
Condor Patagonia	140	22	8,6	12.337	14
Stellar Maestro	146	20	8,3	13.524	

Fuente: www.marinetraffic.com; www.fleetmon.com; www.vesselregister.dnv.com

En la selección de la nave tipo se debe considerar el tamaño de las palas. En los dos primeros casos de Tabla 5.3 se trató de piezas de 60 y 50 m de largo, respectivamente. En el caso de las experiencias realizadas en los Puertos de Lirquén, Chincui, Coquimbo y Puerto Montt, las dimensiones de las palas fueron de 66m, 77m, 76m y 80 m respectivamente.

La nave tipo debe asegurar dos condiciones, la primera, atender el tamaño de los embarques requeridos y, la segunda, contar con una disposición que permita el desembarque de la manera más eficiente posible. En el caso que se estudia, las proyecciones de inversión requieren de cantidades importantes de carga de proyecto lo cual genera un problema derivado de los tamaños de embarque y la disponibilidad de terminales que permitan su desembarque, de tal forma que no dificulten el plan de operaciones del puerto.

En consecuencia, tomando como referencia aquellas naves descritas en la Tabla 5.3, se ha optado por una nave modelo o tipo son: 190 m de eslora; calado: 8,5 m; DWT: 40.000 tm.

5.1.2 Identificación de puertos y terminales factibles

Caracterización de puertos y terminales seleccionados

Los terminales factibles corresponden a todos aquellos donde se hayan realizado operaciones de transferencia de carga de proyecto, así como otros que muestren aptitud para recibir este tipo de carga en general pero no necesariamente implica que ya hayan recibido palas eólicas.

En la Zona Norte, se ha incluido al Puerto Arica por la experiencia mencionada previamente. Además, posee el equipamiento para el desembarque de sus componentes y de proyectos fotovoltaicos movilizables en contenedores.

En la Zona Sur se ha incorporado Muelle Comercial de Corral ya que ha existido transferencia de carga de proyecto utilizando barcas.

También se han contemplado como factibles otros terminales como Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito, el Muelle Punta Caleta y Puerto Talcahuano, donde si bien no se han realizado transferencia de torres eólicas o sus componentes podrían ser utilizados eventualmente debido a las características de sus respectivas infraestructuras.

Luego del filtro, en total se han considerado 20 puertos y terminales, los que se muestran en la Tabla 5.4 siguiente.

Tabla 5.4 Terminales aptos para el desembarque de carga de proyecto

Región	Comuna	Puerto /Terminal	Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	Arica	Puerto Arica	Con operaciones realizadas. Componentes menores	10	347	50.000	14,5
Tarapacá	Iquique	Puerto Iquique	Especializado en CG. Componentes menores	11	232	48.066	34,3
Antofagasta	Mejillones	Complejo Portuario Puerto Angamos	Con operaciones realizadas. Alta demanda en CG	14	249	126.000	40,0
Antofagasta	Antofagasta	Puerto Antofagasta	Especializado en CG. Componentes menores	12	224	117.248	4,0
Atacama	Chañaral	Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Transfiere CG. Componentes menores	8,5	220	58.000	0,8
Atacama	Caldera	Muelle Punta Caleta	Especializado en CG; con operaciones realizadas	11,2	222	60.000	5,8
Atacama	Huasco	Muelle Multipropósito Puerto Las Losas	Con operaciones realizadas	13	225	75.000	29,0
Coquimbo	Coquimbo	Puerto Coquimbo	Con operaciones realizadas	14	300	86.000	9,5
Valparaíso	Valparaíso	Puerto Valparaíso	Especializado en CG. Componentes menores	14	366	155.438	21,0
Valparaíso	San Antonio	Puerto de San Antonio	Con operaciones realizadas	14,89	367	177.000	37,1
Biobío	Talcahuano	Puerto Talcahuano	Especializado en CG. Componentes menores	8,2	190	49.000	8,0
Biobío	Talcahuano	Puerto San Vicente	Especializado en CG. Componentes menores	16,3	367	176.250	40,0
Biobío	Penco	DP World Lirquén	Con operaciones realizadas	15,5	366	181.000	39,8
Biobío	Coronel	Puerto Coronel	Con operaciones realizadas	14,1	366	164.000	86,0
Los Ríos	Corral	Muelle Comercial de Corral	Con operaciones realizadas con apoyo barcazas	12,2	229	70.000	2,2
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto de Puerto Montt	Con operaciones realizadas	10,8	229		11,6
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto Chincui	Con operaciones realizadas	13	230	86.899	33,0
Aysén	Aysén	Puerto Chacabuco	Con operaciones realizadas	9,6	192	38.000	6,4
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal J.S. Mardones	Con operaciones realizadas. Exportación contenerizada	13,9	250	65.000	24,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Muelle Bahía Laredo	Posibilidades de reconversión. Transferencia de carga de proyecto con apoyo artefacto naval	2,5	76,2	1.746	88,0

Fuente: Elaboración propia

Equipamiento

El equipamiento que posee los citados puertos y terminales se encuentran indicados en el Anexo 8.4.

5.1.3 Proyectos de ampliación

Para la descripción de los proyectos de ampliación solo se han considerado los que se encuentran iniciando su tramitación ambiental, cuentan con concesión marítima, aunque requieran de una modificación o que hayan iniciado su tramitación. Así, las iniciativas de inversión identificadas son las siguientes:

1. Puerto Chincui, Terminal Marítimo Patagonia, está desarrollando un nuevo muelle en forma de “L”, con un área de respaldo de 4 ha, llegando a 6,2 ha. Además, tiene previsto en una etapa posterior en unirlo con el existente. Este proceso está destinado a la optimización de sus procesos y se encuentra en trámite de aprobación ambiental. (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.).
2. Empresa Nacional del Petróleo (ENAP). Se encuentra desarrollando un proyecto de potenciamiento de capacidad de transferencia de su terminal Laredo, que está orientado a la carga general y de proyectos, con dos sitios. Se estima un plazo de 10 años para la entrada en operación de sus primeras etapas con una inversión referencial entre 50 ya 60 MM USD. Su desarrollo considera un emplazamiento donde la empresa ya cuenta con una concesión marítima, aunque se estima que requerirá tramitar su modificación.
3. Empresa Portuaria Austral se encuentra desarrollando un proyecto destinado a reforzar la losa de su Terminal J.S. Mardones con el objeto de permitir el uso de grúas móviles y asegurar las condiciones para la descarga de cargas pesadas. El reforzamiento de este terminal cuenta con la autorización administrativa para llevarlo a cabo (RS) y se está preparando el proceso de licitación. Se espera concluirlo a mediados del año 2025 y su inversión es de unos \$ 6 mil millones. Con el objeto de tener aún una mayor flexibilidad en la asignación de sitios, se concluirá un proyecto de recuperación de la capacidad del Muelle Prat, de manera de trasladar, transitoriamente, la atención de algunas naves desde este terminal hacia el Muelle Prat.
4. Terminal Marítimo TEG Chile SPA se encuentra desarrollando la instalación de un terminal para la descarga de carga de proyecto y embarque de amoníaco de 2.300 m de largo y 100 m de ancho. Para el caso de las naves para carga se contempla una eslora de 150 m, manga de 25 m, calado de 7 m y un DWT de 16.949 tm. Se ubicará en la Bahía Gente Grande en la isla de Tierra del Fuego, Comuna de Primavera. Se encuentra en la etapa de “Otorgamiento” para la obtención de su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.). Además, está proyectando la construcción de un muelle para el desembarque de carga general y de proyectos en Bahía Grande, Tierra del Fuego, Comuna de Porvenir. La nave de diseño se proyecta con una eslora de 190 m, manga de 27 m, calado de 9 m y un DWT de hasta 30.000 tm. La carga principal es la recepción de partes y piezas de una planta de producción de amonio, una planta desaladora, un parque eólico. Las obras se ubicarán en distintos lugares de la península Juan Mazia. Este proyecto se encuentra en la etapa de “otorgamiento” para obtener su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.).
5. Terminal ASOE Chile Diez SpA contempla, en San Gregorio, la construcción de un terminal portuario para la importación de equipamiento y componentes en buques de esloras máxima de 193,9 m; manga de 28,2 m y calado máximo de 11,2 m Incluye, además, de instalaciones para la exportación de hidrógeno y/o amoniaco, vinculadas al desarrollo que impulsa HNHENERGY. Actualmente se encuentra en etapa de “Otorgamiento” para obtener su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.) y (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, 2023).

5.1.4 Balance demanda-capacidad

Capacidad de transferencia portuaria

La capacidad de transferencia de carga en el frente de atraque ha sido calculada según la Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019).

La capacidad de transferencia de los puertos estatales seleccionados regidos por la Ley N° 19.542 corresponde a aquella informada en el Plan Maestro vigente de la respectiva EPA. En el caso particular del

terminal Puerto Angamos su cálculo ha sido hecho en base a una velocidad de transferencia promedio estimada.

En el caso de los puertos privados de uso público y de uso privado seleccionados, la capacidad de transferencia corresponde a la informada por la empresa en publicaciones disponibles en la web o aquella calculada utilizando una velocidad promedio estimada.

Los datos de velocidad y capacidad de transferencia nave-muelle se encuentran contenidos en la hoja “Frentes de Atraque” de la Planilla Terminales Marítimos.

Relación demanda-capacidad

El foco ha sido puesto en la capacidad de transferencia de los terminales identificados para el desembarque de equipos y componentes eólicos. En esta línea, el hecho que la demanda derivada de la atención de tales cargas no será de carácter permanente dificulta la justificación de construcción de nuevos puertos sólo para tales efectos. Además, se dispone de un conjunto de puertos a nivel nacional que han participado en la descarga de 1.454 torres eólicas que están operando a nivel nacional, pero que también atienden demandas permanentes asociadas al área de influencia del terminal o también conocido como “hinterland”.

En la Tabla 5.5 que se presenta a continuación se exhibe, para cada uno de los puertos de desembarque de equipos y componentes eólicos, la demanda observada en el período 2017-2022, la proyectada para los años 2032 y 2042, la capacidad actual informada y calculada según el caso, y la potencial, en el caso de contarse con ella.

Tabla 5.5 Demanda período 2018-2022, proyectada año 2032 y 2042 y capacidad de transferencia nave-muelle

Puerto/Terminal	2018	2019	2020	2021	2022	Proyección 2032	Proyección 2042	Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Estimada	Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Informada	Capacidad Transferencia Nave-muelle Potencial Informada
Puerto Arica	3.091.206	2.795.287	2.587.682	2.972.970	2.765.456	3.371.076	4.109.323		6.000.000	11.200.000
Puerto Iquique	2.418.249	2.544.014	2.152.071	2.518.998	2.800.709	3.414.049	4.161.707		5.144.935	9.015.812
Puerto Angamos	3.526.000	3.765.000	4.225.000	3.901.000	3.493.000	4.257.948	5.190.415	3.801.827		
Puerto Antofagasta	2.663.522	2.957.953	2.458.734	2.759.701	2.730.023	3.327.883	4.056.671		3.251.910	6.500.000
Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	230.655	375.328	326.499	279.060	619.308	754.933	920.260	418.971		
Muelle Punta Caleta	39.883	28.037	35.084	18.250	76.598	93.373	113.821	837.941		
Muelle Multipropósito Puerto Las Losas	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				1.900.000	
Puerto Coquimbo	477.494	516.125	479.565	519.420	526.901	642.290	782.948		1.741.646	4.100.000
Puerto Valparaíso	10.367.548	9.397.542	8.309.614	9.287.289	9.486.138	11.563.550	14.095.903		10.076.908	20.153.816
Puerto de San Antonio	22.060.128	22.680.847	22.020.341	25.092.640	22.527.774	27.461.231	33.475.088		30.485.000	71.500.000
Puerto San Vicente	5.687.923	4.319.400	3.532.941	3.695.272	2.635.981	3.213.247	3.916.930	7.821.550		
Puerto Talcahuano	408.962	437.570	437.438	585.465	792.067	965.526	1.176.970	962.739		
DP World Lirquén	4.690.013	4.647.713	4.274.155	4.198.437	3.464.106	4.222.726	5.147.480	5.873.727		
Puerto Coronel	9.714.159	9.159.615	9.043.751	8.431.055	8.337.188	10.162.986	12.388.623	14.634.585		
Muelle Comercial de Corral	1.095.425	1.202.783	1.172.376	1.130.734	790.977	964.197	1.175.351	1.047.426		
Puerto Chincui	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			876.915		
Puerto de Puerto Montt	1.046.946	969.183	1.036.731	1.115.353	958.958	1.168.965	1.424.962		2.080.366	2.258.170
Puerto Chacabuco	543.198	350.499	449.701	526.023	441.599	538.307	656.193		982.383	
Terminal J.S. Mardones	307.462	321.820	311.778	331.704	N.D.	404.346	492.895		379.450	843.048
Muelle Bahía Laredo	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					

Fuente: Elaboración propia en base a Memorias y Planes Maestros Empresas Portuarias Estatales, Memorias Empresas Portuarias Privadas, y Noticias de prensa.

5.1.5 Identificación de restricciones de infraestructura u operación

Análisis de las RCA

Los puertos y terminales seleccionados se encuentran autorizados para la transferencia de carga general, incluida la carga de proyecto. (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.).

Análisis de las resoluciones de habilitación

Los puertos y terminales cuentan con su respectiva habilitación por parte de DIRECTEMAR. (DIRECTEMAR (a), s.f.). El único terminal que no cumple con las condiciones generadas definidas por la nave tipo es el Muelle Bahía Laredo. Sin embargo, ha sido considerado como una alternativa factible tanto, para la carga de exportación como de importación de carga de proyecto debido a que cuenta con espacio terrestre para el acopio, ya se ha desembarcado carga de proyecto, incluyendo la descarga de equipos eólicos, y, aunque su calado sea muy bajo, cuenta con posibilidades espaciales para aumentarlo o podría hacer operaciones con barcasas.

Análisis de los Planes Maestros y Concesiones Marítimas

En el caso de las EPA'S, sólo la Empresa Portuaria Austral se encuentra desarrollando un proyecto de inversión relacionado con la carga vinculada con la industria del H2R. En ninguna de ellas existen restricciones en sus Planes Maestros que le impidan emprender iniciativas de este tipo.

Respecto a los otros puertos no existen restricciones de uso de la infraestructura ni dificultades en su operación, como consecuencia de lo establecido en el otorgamiento de su concesión marítima.

En Anexo 8.5 se presenta el levantamiento realizado de la información disponible en el sistema de concesiones marítimas.

Análisis de los Planes Reguladores Comunales e Intercomunales

De acuerdo con la revisión realizada, todos los puertos y terminales factibles cuentan con usos habilitados para la transferencia de carga proyecto, según el análisis realizado teniendo como fuente las páginas web de las respectivas Municipalidades y Gobiernos Regionales.

5.2 Puertos y terminales para el embarque de exportación y cabotaje

5.2.1 Definición de la nave de diseño

El transporte marítimo del hidrógeno líquido es una tecnología en desarrollo y compleja. Solo existen prototipos de barcos, no exentos de problemas. Es por ello que para esta industria se está estudiando el uso de otros carriers como pueden ser los liquid organic hydrogen carriers (LOHC por sus siglas en inglés), el amoníaco o el metanol donde existe experiencia acumulada y presentan ventajas competitivas.

En el año 2019, de los 180.000.000 ton de amoníaco que se produjeron a nivel mundial, cerca del 10% fueron comercializadas internacionalmente. Además, existe un alto nivel de madurez respecto a la infraestructura portuaria, de almacenamiento y transporte de amoníaco en naves de GLP, y las rutas marítimas internacionales están bien establecidas, existiendo una amplia red de puertos en todo el mundo que manipulan amoníaco a gran escala (Fuster & Arteaga Yerko, 2022).

En términos de proyecciones, si bien es cierto, la pandemia afectó considerablemente este mercado debido a la baja demanda provocada por una disminución en la producción de las industrias que lo utilizan, se espera que se vaya normalizando, creciendo en forma escalonada entre 1,8% y 1,9%, hacia el año 2028.

Las naves que se utilizan son del tipo Handysize, de 60.000 m³, 30.000 m³ y 20.000 m³. En algunos casos, el transporte de amoníaco en buques para GLP constituye una opción, pero es importante tener en cuenta que las naves GLP están diseñadas principalmente para transportar propano y butano, principalmente. A pesar de esto, es posible adaptar buques GLP para el transporte de amoníaco. Esta adaptación suele requerir una limpieza y acondicionamiento exhaustivos de los tanques y sistemas del buque para evitar cualquier contaminación cruzada y para garantizar la seguridad.

Los buques de GLP que transportan grandes cantidades de carga a largas distancias se clasifican como refrigerados (fully refs) y son capaces de movilizar sobre 100.000 m³ a presión casi atmosférica y hasta -55°C. Otra categoría corresponde a los presurizados, que fueron la primera generación de gaseros y

constituyen la flota más numerosa seguida por los fully refs con capacidades de carga entre los 3.500 m³ y 11.000 m³, capaces de transportar LPG hasta una temperatura de -10°C y una presión de hasta 18 kg/cm² (17,65 bar). También existen los clasificados como semi-refrigerados o semi-presurizados, que cuentan con una capacidad entre 3.000 m³ y los 22.000 m³ y están equipados con una planta de licuefacción capaz de mantener la temperatura (hasta -55°C, al igual que los buques refrigerados) y la presión hasta 9,17 kg/cm² (9 bar).

A continuación, en la Tabla 5.6 se presentan las condiciones de transporte para el amoníaco, el metanol y derivados del GLP.

Tabla 5.6 Condiciones para el transporte de amoníaco, metanol y GLP por mar

Carga	Punto de ebullición en °C a presión atmosférica	Presión de vapor a 45°C en bar absolutos	Condiciones de Transporte
n-butano	-0,5	4,3 bar a	Full presurizado, semi-presurizado o full refrigerado
i-butano	-12	5,2 bar a	
Butadieno	-5	5,1 bar a	
Cloruro de Vinilo	-14	6,8 bar a	
Amoníaco	-33	17,8 bar a	
Propano	-43	15,5 bar a	
Propileno	-48	18,4 bar a	
Etano	-89	Sobre la temperatura crítica	Semi-presurizado o full refrigerado
Etileno	-104	Sobre la temperatura crítica	Semi-presurizado o full refrigerado
Metanol/GNL	-161	Sobre la temperatura crítica	Full refrigerado

Fuente: (International Chamber of Shipping, 2023)

El surgimiento de la industria del H₂R y sus derivados está empujando la demanda por buques que lo transporten, que lo utilicen como combustible propio y que su uso se extienda a otros tipos de nave. El anuncio hecho por la naviera Mitsui OSK Lines (MOL) junto a Namura Shipbuilding y Mitsubishi Shipbuilding para desarrollar un buque de transporte de amoníaco de gran tamaño ha generado expectativas en el sentido de que se podrá contar con naves de mayor capacidad a las que se pueden proyectar hoy en día (Puente de mando, 2022).

No obstante lo anterior, para efectos de proceder a realizar la selección de los puertos aptos para el embarque de exportación y cabotaje, se utilizó como criterio la definición previa de la nave de diseño, considerando a aquella que cumpla con las que tienen la mayor capacidad actual y que están operando, principalmente en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, específicamente en los terminales Cabo Negro 1 y 2, y que fueron construidas con el propósito de atender la demanda de exportación y cabotaje de metanol, así como la recepción de productos limpios destinados al mercado interno regional. Estas naves realizan también el servicio de cabotaje, por consiguiente, son aceptables para otros terminales que atienden la demanda interna de combustibles fósiles y/o reciben naves del exterior, teniendo a la vista las Resoluciones de Habilitación de cada Terminal. En esto están comprendidos los terminales de Puerto Mejillones S.A., Interacid, Enaex, en la Región de Antofagasta; Caldera en la Región de Atacama; Guayacán en la Región de Coquimbo; Bahía de Quintero en la Región de Valparaíso; Bahía San Vicente en la Región del Biobío y el Terminal San José, en la Región de Los Lagos.

Tomando en consideración los últimos períodos de embarque efectuados en el Terminal Marítimo Cabo Negro, se seleccionó el buque gasero “Gas Júpiter”, cuyas características son: i) capacidad de transporte:

93.000 m³; ii) eslora: 230 m; iii) calado: 12,1m y iv) manga: 37 m. Esta nave tiene un DWT de 57.600 tm. El peso en toneladas de amoníaco estará dado, según las condiciones estándar de este producto, por una densidad que varía entre 0,681kg/m³ y 0,823 kg/m³.

Actualmente existen 22 órdenes de construcción de buques que estarán disponibles después del año 2026 (Portal Portuario, 2021) (Puente de mando, 2023), con la misma capacidad de 93.000 m³ y, prácticamente, con las mismas características de la nave señalada, agregando a la flota mundial una capacidad adicional de 2.046.000 m³ para los próximos 6 años.

5.2.2 Identificación de puertos y terminales factibles

Caracterización de los terminales seleccionados

Los terminales de embarque deben cumplir, en lo posible, ciertas condiciones de localización respecto al emplazamiento de las plantas productoras de la carga a exportar. La producción de H₂R y sus derivados se concentra en las Regiones de Antofagasta y, Magallanes y la Antártica Chilena. Por esta razón es que la localización de los terminales se encuentra en la Zona Norte y Sur.

De los 106 terminales analizados, se consideró que 63 no contaban con las condiciones suficientes para asumir la transferencia de carga de exportación y embarque de la carga líquida de cabotaje. De los restantes 43 terminales, 21 unidades fueron consideradas que cumplían con las condiciones para prestar servicios para la transferencia de este tipo de carga.

Dentro de ellos se encuentran terminales que tendrían que reconvertir sus operaciones, una vez que dejen de transferir carbón de acuerdo con el Plan de Descarbonización (Ministerio de Energía, 2023) y los terminales inhabilitados deberán actualizar sus Resoluciones de Habilitación. En la Región de Antofagasta quedaría capacidad disponible en los Terminales Marítimo Minera Patache, Marítimo Electro Andina, Graneles el Norte (TGN) S.A., Marítimo Puerto Andino y Marítimo Puerto Mejillones S.A.

Se ha incluido Muelle Punta Caleta por su relativo bajo nivel de ocupación y su disponibilidad de áreas para analizar la alternativa de embarque de carga, sin perjuicio que pudiera transferir los otros tipos de carga.

En el caso de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, la situación es un tanto distinta, toda vez que predominan los terminales estatales pertenecientes a la Empresa Nacional del Petróleo, donde es posible generar condiciones para el despacho de productos de exportación y de cabotaje, incorporando terminales que se encuentran inhabilitados o mejorando los actuales. Por otra parte, la Empresa Portuaria Austral ya ha exportado combustible derivado del H₂R, a través de su Terminal J.S. Mardones. Y está siendo considerado para embarcar el nuevo producto por medio de contenedores, lo que generará un tráfico hacia los puertos ubicados en las Regiones del Biobío o de Valparaíso, donde existen las condiciones para absorber esta demanda teniendo presente que estas regiones son las que cuentan con servicios de líneas que atienden el comercio exterior directamente.

Los puertos y terminales considerados para el embarque de carga de exportación y cabotaje son los que se muestran en la siguiente

:

Tabla 5.7 Puertos y terminales aptos para el embarque carga de exportación y cabotaje

Región	Comuna	Puerto / Terminal	Situación actual/Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Tarapacá	Iquique	Terminal Marítimo Minera Patache	Cierre de central Tarapacá CT Tar / Reconversión.	14,4	230	85.344	3,7
Antofagasta	Tocopilla	Terminal Marítimo Electroandina	Cierre de centrales Norgener y Tocopilla / Reconversión.	14,6	243	95.000	19,3
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo GNL Mejillones S.A.	Desembarque de GNL / Posibilidades de expansión.	12,5	300	130.000	56,1
Antofagasta	Mejillones	Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A.	Cierre de centrales Angamos y Cochrane / Reconversión	14,4	250	95.000	56,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Interacid Trading (Chile) S.A.	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	14,0	242,8	80.300	28,3
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Terquim S.A.	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	12,8	193	95.000	6,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Puerto Andino	Transfiere graneles / Reconversión	17,9	292	198.500	9,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	Cierre de centrales IEM, Hornitos, Andina, CTMs / Reconversión	14,3	230	85.344	19,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Enaex S.A.	Importación de amoníaco / Reconversión	12,5	200	42.098	67,0
Atacama	Caldera	Muelle Punta Caleta	Posibilidades de expansión	11,2	222	60.000	345,8
Atacama	Huasco	Muelle Mecanizado Guacolda I	Cierre de centrales Guacolda / Reconversión	13,5	240	72.000	8,2
Valparaíso	Quintero	Muelle Oxiquim	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	12,55	235	77.400	27,2
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo GNL Quintero	Desembarque de GNL / Posibilidades de expansión.	13,0	300	180.000	40,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal Marítimo de Cabo Negro	Posibilidades de expansión	14,2	241	100.063	700,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal J.S. Mardones	Exportación contenedorizada	13,9	250	65.000	24,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Muelle Bahía Laredo	Posibilidades de reconversión	2,5	76,2	1.746	88,0

Proyecto TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal Marítimo Pecket (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	16,5	240	s/i	900,0
Magallanes y la Antártica Chilena	San Gregorio	Terminal Marítimo Gregorio	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	14,9	250	75.000	235,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Río Verde	Terminal Otway (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	16,5	292	200.000	1,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Primavera	Terminal Marítimo Clarencia (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	s/s	s/s	s/s	8,4
Magallanes y la Antártica Chilena	Primavera	Terminal Marítimo Puerto Percy (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	s/s	s/s	s/s	130,0

Fuente: Elaboración propia

Equipamiento

A continuación, en la Tabla 5.8 se indican las velocidades de transferencia por producto asociado al equipamiento con que cuentan.

Tabla 5.8 Velocidades de transferencia y equipamiento puertos y terminales de embarque, exportación y cabotaje

Puerto o terminal	Velocidad de embarque (ton/hora)	Producto	Equipamiento
Terminal Marítimo Minera Patache		Sal y carbón	Dos correas transportadoras para sal y carbón.
Terminal Marítimo Electroandina	1.500	Carbón, ácido sulfúrico	Dos grúas para descarga de 30 ton SWL y 90 ton SWL, Sistema aéreo de cañerías
Terminal Marítimo GNL Mejillones S.A.	1.000	Gas natural	Línea conductora y Estanque
Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A.	1.500	Carbón	Cuenta con cintas transportadoras
Terminal Marítimo Interacid Trading (Chile) S.A.	1.300 a 520		Línea conductora y Estanque
Terminal Marítimo Terquim S.A.	250	Orform SX_80; Cemento; Asfáltico; LPG, etc.	Línea conductora y Estanque
Terminal Marítimo Puerto Andino			Cintas transportadoras
Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	460	Ácido sulfúrico, Clinker, concentrado de cobre	Cuenta con dos cintas transportadoras para graneles sólidos y un ducto aéreo para el ácido sulfúrico
Terminal Marítimo Enaex S.A.		Amoníaco	Cañería conductora y estanques
Muelle Punta Caleta	6 teu/hora; 90 pallet/hora	Fruta en pallets y contenedores y Con Hierro	Grúas horquillas y cintas transportadoras móviles
Muelle Mecanizado Guacolda I	1.500	Carbón	Cintas transportadoras
Muelle Oxiquim	1.000 a 75	LPG (max.) hasta Metanol (min.)	Cañerías conductores
Terminal Marítimo GNL Quintero	5.100	GNL	Cañerías conductoras
Terminal Marítimo de Cabo Negro	1.200 a 190	Propano y metanol (max.) a Gasolina natural (min.)	Líneas conductoras y estanques
Terminal J.S. Mardones	10 TEU/hora	Contenedores, clinker	Tolvas descarga Clinker
Muelle Bahía Laredo		Carga de proyecto	Rampa y muelle para atender RAM y artefactos navales
Terminal Marítimo Pecket (inhabilitado)			
Terminal Marítimo Gregorio	1.800 a 365	Petróleo crudo (max.) a Nafta (min.)	
Terminal Otway		Inhabilitado	
Terminal Marítimo Clarencia		Inhabilitado	
Terminal Marítimo Puerto Percy		Inhabilitado	

Fuente: Elaboración propia en base a BEM (DIRECTEMAR (a), s.f.), (DIRECTEMAR (b), 2023) y páginas web de terminales

5.2.3 Proyectos de ampliación

Para la selección de los proyectos de ampliación, destinados al embarque de productos, se han utilizado los mismos criterios empleados para el caso de proyectos destinados a la carga de proyecto.

1. Terminal Oxiquim, en la Bahía de Mejillones, Oxiquim S.A., se encuentra desarrollando un proyecto que consta de un muelle con dos sitios de atraque y de un terminal submarino para la transferencia de graneles líquidos y gaseosos. Actualmente está tramitando la obtención de su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.)
2. La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) se encuentra desarrollando para San Gregorio un proyecto de puerto comenzando en forma de “L” y más tarde de tipo “T”, con dos sitios, destinado a la exportación e importación de productos de gasolina y amoníaco. Para ello cuenta con una concesión marítima, aunque se estima que no se tiene certeza si debería tramitar una modificación.
3. Terminal ASOE Chile Diez SpA contempla, en la Comuna de San Gregorio, la construcción de un terminal portuario Open Access para la exportación de hidrógeno y/o amoníaco, con dos sitios de atraque para atender naves de capacidad de transporte máxima de 83.300 m³, 231 m de eslora, 36,6 m de manga, y 12,2 m de calado. Este proyecto contempla, además, cuatro atraques para la importación de equipamiento y componentes. Actualmente se encuentra en etapa de “Otorgamiento” para obtener su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.) y (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, 2023). Este proyecto tiene relación Este proyecto pertenece al desarrollador HNHENERGY.
4. Terminal marítimo TEG Chile SPA se encuentra desarrollando, en la Comuna de Primavera, la instalación de un terminal para el embarque de amoníaco con naves de capacidad de 150.000 m³ y de una eslora de 320 m. Se encuentra en la etapa de “Otorgamiento” para la obtención de su concesión marítima. (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.).

5.2.4 Balance demanda-capacidad

Los terminales que han sido identificados para la atención de la demanda permanente de embarque asociada a la exportación y cabotaje de H₂R y/o sus derivados, salvo un par de excepciones, requerirán reconvertirse o expandirse, por lo que su capacidad de transferencia dependerá de las infraestructura e instalaciones que se habiliten en cada caso.

5.2.5 Descripción de las restricciones de la infraestructura

Análisis de las RCA

De la revisión de los terminales seleccionados como potencialmente aptos para realizar embarque o desembarque de H₂R y sus derivados (amoníaco), y que cuentan con RCA aprobada, se verificó que solo seis de ellos poseen la habilitación ambiental correspondiente. Ellos son:

1. Terminal Marítimo Enaex S.A. ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para el trasiego de amoníaco anhidrido. Actualmente no realiza este tipo de operación.
2. Terminal Marítimo Oxiquim S.A., ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para la transferencia y almacenamiento de productos Clase 2, División 2.1, 3 y 4 de la Nch 382, Of 2004; sustancias corrosivas o reactivas señaladas en la Clase 5 de la Nch 382, Of 2004; y sustancias tóxicas Clase 6 División 6.1 de la NCh 382, Of 2004.
3. Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A., ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para el trasiego de amoníaco. No ha efectuado operaciones con este producto.
4. Terminal Terquim, ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente de acuerdo a la RCA 0114/2009 para transferir y almacenar productos según la NCh 382 Of.2004, Clase 3 y 8. Modificada por RCA 029/2010, aumentando su capacidad de almacenamiento, incorporando kerosene de aviación, biocombustibles y solventes químicos, y por RCA 0113/2019, que incorpora GLP en sus operaciones.

5. Muelle Oxiquim, ubicado en la Región de Valparaíso, Comuna de Quintero. Calificado ambientalmente para el trasiego de productos químicos y GLP.

Terminal Marítimo Escuadrón, ubicado en la Región del Biobío, Comuna de Coronel Calificado ambientalmente para la transferencia y almacenamiento de metanol en un estanque de 4.000 m3.

Lo anterior se traduce en que todos los otros terminales deberán obtener la calificación ambiental correspondiente si intentan transferir carga de H2R y sus derivados, para después tramitar la habilitación por parte de DIRECTEMAR.

El resumen de las Resoluciones de Calificación Ambiental (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.) se encuentra en la carpeta "Fichas R.C.A."

Análisis de las Resoluciones de Habilitación

De acuerdo con las características de la nave de diseño definida para este tipo de carga, en los siguientes terminales existirían algunas restricciones debido a que ciertos parámetros son menores a los requeridos: en el Terminal Marítimo Terquim S.A y Muelle Punta Caleta, sus esloras; en el Terminal Marítimo ENAEX S.A., su eslora y DWT y, en el Muelle Laredo, su eslora, calado y DWT. (DIRECTEMAR (a), s.f.). Sin embargo, estas limitaciones no son condiciones como para no considerarlos en el análisis debido a que cuentan con características suficientes como para poder atender naves con las características de la nave de diseño. Respecto a los terminales inhabilitados, la situación de ellos se presenta en la Tabla 5.9 siguiente.

Tabla 5.9 Situación de los puertos y terminales inhabilitados

Terminal	Propietario	Inhabilitación	Carga
Terminal Marítimo Pecket	Ingeniería del Sur S.A.	Fecha Inhabilitación: 20/08/2019. Causa: sin operación, certificación boyas vencidas	Muelle mecanizado carga carbón
Terminal Otway	Portuaria Otway Ltda.,	Fecha Inhabilitación: 26/05/2020. Causa: sin operación, certificación boyas vencidas	Muelle mecanizado carga de carbón
Terminal Marítimo Clarencia	Empresa Nacional del Petróleo (ENAP)	Fecha inhabilitación: 04/04/2012. Causa: modificaciones sin autorización y no contar con nuevo Estudio de Maniobrabilidad y falta de aprobación de nuevas líneas flexibles y boyas	Transferencia de petróleo crudo y productos limpios
Terminal Marítimo Puerto Percy	Empresa Nacional del Petróleo (ENAP)	Fecha inhabilitación: 11/12/2007. Causa: cese de operaciones de almacenamiento y distribución de combustibles	Transferencia de gas licuado y productos limpios

Fuente: Elaboración propia según datos de (DIRECTEMAR (a), s.f.) y fuentes propias.

Análisis de los Planes Maestros y concesiones marítimas

Los proyectos de ampliación identificados tienen asociados nuevas solicitudes de concesiones marítimas.

Análisis de los Planes Reguladores Comunales e Intercomunales

El único Plan Regulador Intercomunal del Borde Costero vigente corresponde a la Región de Antofagasta, el que se encuentra en un proceso de actualización. En su condición actual no presenta limitaciones para el desarrollo de posibles proyectos en los terminales seleccionados.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que se presenta continuación resume la condición establecida en los Planes Reguladores Comunales para los puertos y terminales factibles.

Tabla 5.10 Análisis de los planes reguladores e intercomunales aplicables a puertos y terminales de embarque de exportación y cabotaje

Puerto o terminal	Municipio	Plan regulador contiene actividad productiva	Fecha vigencia plan regulador	Comentarios
Terminal Marítimo Electroandina	Tocopilla	Sí, industria portuaria	2020	
Terminal Marítimo Minera Patache	Iquique	Sí, incluso carga peligrosa	2013	En 2023 se inició proceso de modificación del Plan Regulador.
Terminal Marítimo GNL Mejillones S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Marítimo Interacid Trading (Chile) S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Marítimo Terquim S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Marítimo Puerto Andino	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Terminal Marítimo Enaex S.A.	Mejillones	Sí, incluso carga peligrosa	2013	Id. Anterior
Muelle Punta Caleta (Caldera)	Caldera	Sí	2021	Data de 2009 y en 2021 se aprobaron modificaciones no sustanciales.
Muelle Mecanizado Guacolda I	Huasco	Sí	2021	
Muelle Oxiquim	Quintero	Sí	1984	En 2022 se dio inicio a proceso de actualización.
Terminal Marítimo GNL Quintero	Quintero	Sí	1984	En 2023 se inició proceso de modificación del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL), y conjuntamente en 2024 se inicia el proceso de actualización del PRC. El PREMVAL contempla 1.229 ha de usos Peligrosos exclusivos, de los cuales hoy hay 285 Has consolidadas. En la imagen objetivo, se pretende reducir las zonas de industria estratégica (peligrosa), acotándolas a lo actualmente consolidado con la condición de aportar con obras de conformidad a lo habilitado por el artículo 183° de la LGUC, y eliminar las actividades molestas y peligrosas en el suelo vacante. En general se reduce drásticamente las zonas productivas y de infraestructura.
Terminal Marítimo de Cabo Negro	Punta Arenas	Sí	2016	En proceso de modificación que fue interrumpido. La consultoría será licitada nuevamente. Paralelamente se licitará consultoría para formular Plan Regulador Intercomunal.

Proyecto TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Terminal J.S. Mardones	Punta Arenas	Sí	2016	Id. Anterior
Muelle Bahía Laredo	Punta Arenas	Sí	2016	Id. Anterior
Terminal Marítimo Pecket	Punta Arenas	Sí	2016	Id. Anterior
Terminal Marítimo Gregorio	San Gregorio	Sí	2000	
Terminal Otway	Rio Verde	Sólo en área Puerto y Mina Invierno	Sin instrumento de planificación territorial	MINVU ejerce como DOM
Terminal Marítimo Clarencia	Porvenir	Sí	2002	Iniciando proceso de modificación
Terminal Marítimo Puerto Percy	Porvenir	Sí	2002	Id. Anterior

Fuente: Elaboración propia en base a páginas web de las respectivas municipalidades y gobiernos regionales

5.3 Puertos y terminales para el desembarque de cabotaje

5.3.1 Definición de la nave de diseño

El sistema de distribución el consumo interno tiene complejidades debido a que la actual infraestructura seguirá siendo utilizada durante la etapa de transición y, porque los centros de producción variarán. Actualmente, los más importantes se encuentran en las instalaciones de la Empresa Nacional del Petróleo ubicadas en las bahías de San Vicente y Quintero, existiendo en algunos puntos del territorio subcentros de distribución como son los de Rapa Nui (ENAP), Arica (COPEC), Iquique (COPEC), Mejillones (Interacid), Caldera (COPEC), Quintero (ENAP), Calbuco (Terminal San José de Calbuco/COPEC) y Puerto Chacabuco (COPEC).

El actual sistema de abastecimiento masivo hacia los centros de distribución zonal o subcentros se realiza por vía marítima, los que se encuentran divididos en Norte, Centro, Sur e Insular, servidos por medio de una flota compuesta por seis naves cuyos tonelajes dependen de las demandas zonales.

La Zona Norte es atendida con 2 naves de 49.990 tm de DWT, arrendadas por ENAP, y una nave de 46.683 tm de DWT, como respaldo, teniendo presente que, por tratarse de un servicio de cabotaje, éste debe ser atendido por naves de bandera chilena, como lo son CMC (Compañía Marítima Chilena) y Ultratank, (Grupo Ultramar). Estas naves realizan el tráfico entre las refinerías de Concón (a través de Quintero) y San Vicente, distribuyéndose crudo o productos, según varíe la demanda como la producción en cada una de ellas. Además, proveen combustible para cargar las naves y para abastecer la zona, a través de los puertos de Guayacán, Caldera, Chañaral, Antofagasta, Iquique y Arica.

La Zona Sur, por su parte, cuenta con una nave de 49.990 tm de DWT, que cubre desde San Vicente hasta Calbuco; y una nave de 16.000 DWT, que lo hace desde San Vicente hasta Puerto Chacabuco. Más al sur, se abastece desde los terminales de ENAP, ubicados en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, y desde donde se realiza también un tráfico hacia San Vicente con una nave de 49.990 tm de DWT que transporta crudo y productos limpios.

La zona insular, Rapa Nui, se atiende con una nave de 5.000 tm de DWT, la que también atiende Puerto Chacabuco cuando la demanda así lo requiere.

Tabla 5.11 Caracterización de la flota naviera de cabotaje de ENAP

Zona	Servicio	Naves	
		#	DWT (tm)
Norte	Tráfico entre Refinerías Concón y San Vicente		
	Arica, Iquique, Antofagasta, Chañaral, Caldera y Guayacán		
Sur (Biobío-Aysén)	San Vicente – Calbuco	1	49.990
	San Vicente – Chacabuco	1	16.000
Sur (Magallanes-Biobío)	Cabo Negro – San Vicente	1	49.990
Insular	Isla de Pascua	1	5.000

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, COPEC posee una nave propia que opera con cargas de importación desde Quintero hacia Escuadrón (Coronel) y Calbuco, por el sur y, por el norte, de manera preferente, hacia los puertos de Guayacán, Caldera y Mejillones.

En la definición de la nave tipo de cabotaje se tuvo en cuenta que la situación más exigente sería que, desde los nuevos centros de distribución (Antofagasta y Punta Arenas), se cubriría todo el territorio, manteniendo la distribución como está operando hoy, es decir, que en la Zona Centro y Sur (Quintero y San Vicente,

respectivamente) se recibiría carga para ser distribuida dentro de su propia zona. Mientras que en la Zona Norte y en parte de la Zona Sur (Región de Magallanes y la Antártica Chilena) la distribución dentro de ellas sería desde los propios centros de producción o de sus terminales.

Por esto es que se definieron dos naves tipos. Una, para el caso del abastecimiento para las Zonas Centro (Quintero) y Sur (San Vicente), consistente en una nave de capacidad de 59 mil m³, eslora de 205 m, calado de 12 m, manga de 32,2 m y un DWT de 44.773 tm.

La segunda nave tipo, para el caso de la distribución hacia las zonas de influencia de los centros distribuidores, incluidos Quintero y San Vicente, se ha definido como un buque con una capacidad de 22 mil m³, eslora de 159,83 m, calado de 10m, manga de 26,62 m y un DWT de 24.303 tm.

5.3.2 Identificación de puertos y terminales factibles

Caracterización de los terminales

La distribución interna se realiza, principalmente, desde los grandes centros de acopio y distribución, que son, Mejillones, Quintero, San Vicente, Calbuco y Cabo Negro/ San Gregorio. En el largo plazo, de mantenerse los actuales centros proyectados de producción de H₂R y sus derivados, se generaría un cambio en el rol de las instalaciones que mantiene ENAP en las bahías de San Vicente y Quintero, las que dejarían de ser centros productivos manteniendo solo su rol de distribución. En todo caso, durante la etapa de transición, podrían generarse espacios para la recepción y almacenamiento de los productos, en la medida que la demanda por combustibles fósiles vaya disminuyendo. De ocurrir esto, la dificultad surgiría con los sistemas rígidos de distribución interna, como ocurriría con el uso de ductos que se encuentran en operaciones, tanto en la Zona Centro como en la Zona Sur.

En el caso que fuera necesario que ENAP, el principal proveedor de combustible de los distribuidores nacionales, tuviera que importar productos, su capacidad no le impediría hacerlo, tratándose de casos puntuales.

Del total de los terminales considerados, 26 son aptos para la recepción de carga de cabotaje, los que se muestran en la siguiente Tabla 5.12:

Tabla 5.12 Puertos y terminales aptos para el desembarque carga de cabotaje (productos del H2R)

Región	Comuna	Puerto / Terminal	Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	Arica	Terminal Marítimo COMAP Arica	Muelle multiboya. Desembarca combustible	13,0	185		2,5
	Arica	Puerto Arica	Cuenta con terminal de líquidos sin uso	11,0	347	50.000	s/i
Tarapacá	Iquique	Terminal Marítimo COMAP Iquique	Muelle multiboya. Desembarca combustible	12,8	229,0		1,9
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	Desembarca productos químicos. Posibilidades de expansión	13,5	200,0	95.000	7,3
Atacama	Chañaral	Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Desembarca productos químicos	9,2	220,0	58.000	0,7
	Chañaral	Terminal Marítimo Petrolero Barquito	Desembarca combustibles. Posibilidades de expansión	14,0	250,0	58.000	6,0
	Caldera	Muelle Punta Caleta	Posibilidades de expansión	10,5	160,0		5,8
	Huasco	Muelle Mecanizado Guacolda I	Posibilidad de Reconversión	13,6	240,0	72.000	8,1
Valparaíso	Rapa Nui	Terminal Marítimo Vinapu	Desembarca productos químicos. Isla de Pascua	11,2	222,0	60.000	7,0
	Quintero	Muelle Oxiquim	Muelle Multiboya, desembarca productos químicos, (Metanol)	21,5	345,0	350.000	24,0
	Quintero	Terminal Marítimo GLP Quintero	Desembarca productos químicos	10,5	160,0		
	Quintero	Terminal Marítimo Multicrudo	Muelle multiboya. Desembarca combustible	10,2	185,0	54.000	68,2
	Quintero	Terminal Marítimo Monoboya Quintero	Muelle multiboya. Desembarca combustible	12,9	250,0	130.000	
	Quintero	Muelle Puerto Ventanas S.A.	Desembarca productos químicos. Posibilidades de expansión	14,9	245	84.405	12,7
	Quintero	Terminal Marítimo El Bato, Quintero	Desembarca productos limpios	12,5	250	130.000	199,9
	Quinteros	Terminal Marítimo GNL Quintero	Desembarca GNL. Posibilidades de expansión	13,0	300,0	180.000	40,0
	San Antonio	Puerto de San Antonio	Cuenta con terminales especializados en productos químicos	14,89	367,0	177.000	29,8
Del Biobío	Talcahuano	Terminal Marítimo ENAP, San Vicente	Transfiere combustible. Posibilidades de expansión	12,2	284,0	136.161	
	Hualpén	Terminal Marítimo Abastible, San Vicente	Transfiere combustibles limpios	13,4	250,0	80.000	

Proyecto TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

	Penco	Muelle de Penco	Posibilidades de reconversión	10,7	205,0	51.190	39,6
	Coronel	Muelle Chollín	Posibilidades de reconversión	14,6	210,0	95.410	82,0
	Coronel	Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.	Transfiere metanol. Posibilidades de expansión	12,2	211,0	50.000	24,9
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto Chincui	Posibilidades de expansión	13,0	230	86.899	33,0
	Calbuco	Terminal Marítimo San José de Calbuco	Desembarca combustibles. Posibilidades de expansión	12,6	229,0	82.811	36,0
Aysén	Aysén	Terminal Marítimo COPEC	Muelle multiboya. Desembarca combustible	9,5	125,0	19.628	1,5
Magallanes y la Antártica Chilena	Cabo de Hornos	Terminal de Transbordo de Puerto Williams	Cabotaje multipropósito	1,9	70,6	1.300	

Fuente: Elaboración propia

Las características de las naves tipo son, para la ruta hacia la Zona Centro y parte de la Zona Sur (Región del Biobío), de 205 m de eslora, 12 m de calado y DWT de 44.773 tm, y para las otras zonas, de 159 m de eslora, 10 m de calado y DWT 24.303 tm. En los siguientes terminales, las naves de diseño no pueden operar, debido a que sus características son superiores a las establecidas en las respectivas Resoluciones de Habilitación emitidas por DIRECTEMAR.

Tabla 5.13 Puertos y terminales con limitaciones para atender nave de diseño para cabotaje

Puerto o terminal	Característica
Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Menor calado
Terminal Marítimo COPEC	Menor calado y eslora
Muelle Punta Caleta	Menor calado, resistencia de muelle
T.T. Puerto Williams	Menos calado, eslora y DWT

Fuente: Elaboración propia en base a (DIRECTEMAR (a), s.f.)

Lo anterior no significa que no sean consideradas en el análisis, porque pueden atender naves de menores características o realizar adaptaciones a sus instalaciones. En el caso del terminal ubicado en Puerto Williams, lo más probable es que se ocupe una nave menor a la definida como la nave tipo.

Equipamiento

A continuación, en la Tabla 5.14 se indican las velocidades de transferencia por producto asociado al equipamiento con que cuentan.

Tabla 5.14 Velocidad de transferencia por producto de puertos y terminales para el desembarque de cabotaje

Puerto / Terminal	Velocidad de desembarque (t/h)	Producto
Terminal Marítimo COMAP Arica	500	Petróleo diésel, gasolina
Puerto Arica		Posee instalaciones, pero sin operar
Terminal Marítimo COMAP Iquique	700 a 600	Diesel, gas(max.) a F.O.N°6(min.)
Terminal Terquim	200	Soda cáustica
Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	360 a 120	(max.) a Sulfhidrato de sodio, (min) Soda cáustica
Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	380	Ácido Sulfúrico
Terminal Marítimo Petrolero Barquito	700 a 400	Diesel(max.) a Fuel Oil (min.)
Muelle Punta Caleta		Fruta en pallets y contenedores
Muelle Mecanizado Guacolda I	680	
Terminal Marítimo Vinapu	300 a 280	Gasolina (max.) a Diesel (min.)
Muelle Oxiquim	1.000 a 75	L.P.G. (max.) a Metanol y otros(min)
Terminal Marítimo GLP Quintero	1.100 a 320	Productos limpios (max.) a Propano butano (min.)
Terminal Marítimo Multicrudo	2.500 a 900	Crudo(max.) a IFO-180

Terminal Marítimo Monoboya Quintero	5.000	Crudo
Muelle Puerto Ventanas S.A.	970 a 700	Fuel Oil(max.) a Asfalto(min.)
Terminal Marítimo El Bato, Quintero	1.822 a 552	Diesel(max.) a Kerosene aviación(min.)
Terminal Marítimo GNL Quintero	5.100	GNL
Puerto de San Antonio		
Terminal Marítimo ENAP, San Vicente	2.500	Productos limpios
Terminal Marítimo Abastible, San Vicente	1.000	L.P.G. y productos limpios
Muelle de Penco	600	Harina de soya, azúcar
Muelle Chollín	680	Carbón, clinker
Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S. A	660 a 550	Metanol(max.) a Soda cáustica
Puerto Chincui	150	Harina de soya, Trigo, gluten
Terminal Marítimo San José de Calbuco	1.000	Gasolina, diesel, Kerosene, aceite vegetal
Terminal Marítimo COPEC Puerto Chacabuco	394	Gasolina, diésel, etc.
Terminal de Transbordo de Puerto Williams		Solo carga de cabotaje en rodados

Fuente: Elaboración propia en base a (DIRECTEMAR, 2023), págs.178 – 180; (DIRECTEMAR (a), s.f.) y páginas web de terminales

5.3.3 Proyectos de ampliación

No se conocen proyectos destinados a la recepción de carga de cabotaje de H₂R o de sus derivados. ENAP estaría estudiando cómo utilizar los terminales que no serán utilizados para el embarque de exportación y cabotaje.

5.3.4 Balance demanda-capacidad

Los terminales que han sido identificados para la atención de la demanda permanente de desembarque de cabotaje de H₂R y/o sus derivados, requerirán reconvertirse o expandirse, por lo que su capacidad de transferencia dependerá de las infraestructura e instalaciones que en cada caso se habiliten.

5.3.5 Descripción de las restricciones de la infraestructura

Análisis de las RCA

De la revisión de aquellos terminales seleccionados como aptos, para realizar embarque o desembarque de H₂R y sus derivados y que cuentan con RCA aprobada (Servicio Evaluación Ambiental, s.f.), se verificó que solo seis de ellos poseen la habilitación ambiental correspondiente. Ellos son:

1. Terminal Marítimo Enaex S.A., ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para el trasiego de amoníaco anhídrido. Actualmente no realiza este tipo de operaciones.
2. Terminal Marítimo Oxiquim S.A., ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para la transferencia y almacenamiento de productos Clase 2, División 2.1, 3 y 4 de la NCh 382, Of 2004; sustancias corrosivas o reactivas señaladas en Clase 5 de la NCh 382, Of 2004; y sustancias tóxicas Clase 6 División 6.1 de la Nch 382, Of 2004.

3. Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A., ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente para el trasiego de amoníaco. No ha efectuado operaciones con este producto.
4. Terminal Terquim, ubicado en la Región de Antofagasta, Comuna de Mejillones. Calificado ambientalmente de acuerdo a la RCA 0114/2009 para transferir y almacenar productos según la NCh 382 Of.2004, Clase 3 y 8. Modificada por RCA 029/2010, aumentando su capacidad de almacenamiento, incorporando kerosene de aviación, biocombustibles y solventes químicos, y por RCA 0113/2019 que incorpora GLP en sus operaciones.
5. Muelle Oxiquim, ubicado en la Región de Valparaíso, Comuna de Quintero. Calificado ambientalmente para el trasiego de productos químicos y GLP.
6. Terminal Marítimo Escuadrón, ubicado en la Región del Biobío, Comuna de Coronel. Calificado ambientalmente para la transferencia y almacenamiento de metanol en un estanque de 4.000 m3.

Lo anterior se traduce en que todos los otros terminales deberán obtener la calificación ambiental correspondiente si intentan transferir carga de hidrógeno y sus derivados, para después tramitar la habilitación por parte de DIRECTEMAR.

Análisis de las Resoluciones de DIRECTEMAR

Los puertos y terminales seleccionados cuentan con sus respectivas habilitaciones (DIRECTEMAR (a), s.f.). En caso de que se realicen modificaciones en su infraestructura o en la atención de naves no consideradas en la resolución vigente, se debe realizar un nuevo Estudio de Maniobrabilidad de acuerdo con la nueva nave tipo que recalará.

Análisis de los planes maestros y de las concesiones marítimas

Las EPA'S no realizan este tipo de servicio ni lo contemplan en sus planes maestros. Respecto de las concesiones marítimas, solo el Terminal de Oxiquim en Mejillones se encuentra realizando el trámite de solicitud de concesión marítima para ampliar el terminal (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b), s.f.).

Análisis de los Planes Reguladores e Intercomunales

La Tabla 5.15 que se presenta continuación resume la condición establecida en los Planes Reguladores Comunes para los puertos y terminales de desembarque de cabotaje factible

Tabla 5.15 Análisis de los planes reguladores e intercomunales aplicables a puertos y terminales de desembarque de cabotaje

Puerto o terminal	Comuna	PL Regulador contiene actividad productiva	Fecha vigencia	Comentarios
Terminal Marítimo COMAP Arica	Arica	Sí	2009	Modificación en trámite desde 2017.
Puerto Arica	Arica	Sí	2009	Id. Anterior
Terminal Marítimo COMAP Iquique	Iquique	Sí	2007	
Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	Mejillones	Sí, incluso Carga Peligrosa	2013	Plan Intercomunal de Ordenamiento del Borde Costero, Región de Antofagasta, en proceso de actualización. Plan Regulador de la comuna en proceso de modificación.
Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Chañaral			ZU-9 zona industrial de alto impacto
Terminal Marítimo Petrolero Barquito	Chañaral	Sí	2005	
Muelle Punta Caleta	Caldera	Sí	2021	Data de 2009 y en 2021 se aprueban modificaciones no sustanciales.
Muelle Mecanizado Guacolda I	Huasco			Se establece zona de Puerto, adyacente a zona industrial
Terminal Marítimo Vinapu	Isla de Pascua	Sí	2021	
Terminal Marítimo GLP Quintero	Quintero	Sí	1984	En 2023 se inició proceso de modificación del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso
Terminal Marítimo Multicrudo	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Terminal Marítimo Monoboya Quintero	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Muelle Oxiquim	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Muelle Puerto Ventanas S.A.	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Terminal Marítimo El Bato, Quintero	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Terminal Marítimo GNL Quintero	Quintero	Sí	1984	Id. Anterior
Puerto de San Antonio	San Antonio	Sí, incluso carga peligrosa	2006	

Proyecto TeamEurope Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Terminal Marítimo ENAP, San Vicente	Talcahuano	Sí, incluso “eventualmente peligroso”	2006	Existe versión consolidada con modificaciones hasta 2016.
Terminal Marítimo Abastible, San Vicente	Talcahuano	Sí, incluso “eventualmente peligroso”	2006	Existe versión consolidada con modificaciones hasta 2016.
Muelle de Penco	Penco	Sí	2007	Posteriormente hubo modificaciones menores.
Muelle Chollín	Coronel	Sí	2016	
Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S. A	Coronel	Sí	2016	
Puerto Chincui	Puerto Montt	Sí	2009	
Terminal Marítimo San José de Calbuco	Calbuco	Sí	2006	
Terminal Marítimo COPEC	Calbuco	Sí	2006	
Terminal de Transbordo de Puerto Williams	Navarino	Sí	1988	

Fuente: Elaboración propia en base a páginas web de las respectivas Municipalidades y Gobiernos Regionales.

5.4 Vías alternativas modales de internación de productos

Las características de los componentes de los proyectos fotovoltaicos o eólicos solo hacen aconsejable utilizar puertos ubicados en países limítrofes cuando, por una situación muy extrema, no sea posible hacerlo por puertos nacionales. En el caso de los proyectos fotovoltaicos, cuando han surgido condiciones que han impedido descargar los contenedores en el puerto de destino, como el caso de marejadas, las navieras proceden a hacerlo en otro puerto del país o descargarlo en Callao, para un posterior transbordo. Y, respecto a la carga de proyectos eólicos, sus dimensiones, pesos, cantidades y distancias hacen muy improbable que se llegue a utilizar algún puerto de descarga ubicado en los países limítrofes.

Por el norte del país, los puertos más cercanos son Ilo y Matarani en Perú. Si bien, ambos puertos estarían en condiciones de recibir este tipo de carga, las distancias son un factor limitante, frente a la alternativa en el propio territorio nacional. A modo referencial, Ilo se encuentra a 166 km de Arica y a 883 km de Antofagasta, mientras que Matarani se ubica a 306 km de Arica y a 1.024 km de Antofagasta. Todo ello, sin considerar las demoras por trámites de internación y de aprendizaje de la logística en otra nación.

En el sur de Argentina se ubica el Terminal Punta Loyola, al oriente de Río Gallegos. Es el terminal argentino más austral próximo a Punta Arenas, dista 276 km de Punta Arenas por la ruta 255. En dicho lugar hay un terminal para embarque de carbón a granel, donde se han descargado equipos eólicos de 40 m. Sin embargo, ante solicitudes de transferencias de mayores dimensiones y cantidades de equipos, el terminal no ha sido viable según señalado por uno de los incumbentes entrevistados.

En dirección norte existe una diversidad de puertos en la costa atlántica argentina, los cuales en general, están dedicados a la pesquería industrial y cargas generales, no disponen de grúas de gran capacidad ni de vías de circulación para cargas de alto peso y, los que pudieran estar en condiciones de recepción el tipo de carga que genera la industria del H₂R, se encuentran a una distancia no menor. Por ejemplo, son los casos de Punta Quilla, donde se podría operar; pero dista 523 km de Punta Arenas, a través de rutas RN3 y RN3-R255. San Julián se ubica a 614 km de Punta Arenas. Puerto Deseado dista a 991 km de Punta Arenas; Caleta Olivia, a 955 km; Comodoro Rivadavia, a 1.032 km; Rawson, a 1.416 km; Puerto Madryn, a 1.471 km; San Antonio Este, a 1.762 km; Bahía Blanca, a 2.172 km, donde se ha realizado varias descargas de equipos eólico; Necochea, a 2.506 km, etc.

6 Capacidad de la infraestructura portuaria adicional para proyectos de hidrógeno, amoníaco y metanol

6.1 Escenarios de generación eléctrica, producción y consumo de hidrógeno y amoníaco

Para efectos del desarrollo del presente estudio, el Ministerio de Energía en conjunto con GIZ, elaboraron tres escenarios de producción: optimista, intermedio y conservador, para los cortes temporales 2030, 2040 y 2050 (Ministerio de Energía, 2023). En cada uno se proyecta la cantidad de potencia eólica y solar fotovoltaica, así como la producción de hidrógeno para exportación y consumo doméstico tanto energético como no energético. Las proyecciones se basan en la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) y otros estudios disponibles, diferenciadas según tres áreas geográficas: Zona Norte, que comprende desde la Región de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo; Zona Centro, que abarca desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Ñuble; y la Zona Sur, que agrupa desde la Región del Biobío a Magallanes y la Antártica Chilena.

En la Tabla 6.1 se presentan las proyecciones de producción de H2R para cada escenario.

Tabla 6.1 Escenarios de proyección de producción de hidrógeno en [kton H2R]

Escenario	Demanda doméstica						Exportación			Total
	Energética			No energética						
	Norte	Centro	Sur	Norte	Centro	Sur				
Optimista										
2030	114,7	72,9	41,0	9,4	8,7	6,8	319,7	-	263,3	836,4
2040	752,3	534,5	295,8	64,0	59,3	46,7	2.653,1	-	1.306,9	5.712,7
2050	1.290,2	1.073,9	611,4	64,0	59,3	46,7	4.868,3	-	2.265,7	10.279,5
Intermedio										
2030	38,2	53,9	39,4	4,1	3,8	3,0	92,0	-	82,9	317,2
2040	465,3	400,9	254,1	32,0	29,6	23,4	913,8	-	468,2	2.587,4
2050	912,1	676,2	443,1	64,0	59,3	46,7	1.797,2	-	858,7	4.857,3
Conservador										
2030	21,5	29,4	24,7	1,0	0,9	0,7	58,8	-	53,0	190,0
2040	150,4	191,1	132,9	6,4	5,9	4,7	367,4	-	331,2	1.190,1
2050	351,4	366,2	254,2	32,0	29,6	23,4	925,2	-	474,1	2.456,1

Fuente: (Ministerio de Energía, 2023)

Los supuestos asociados a cada uno de los escenarios informados por el Ministerio de Energía son los siguientes:

Escenario optimista

- Demanda doméstica energética
Caso asociado al escenario de “Transición energética acelerada” en base a Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023). De esta manera al 2050 el H2R provee el:
 - 24% de energía para usos motrices y 9% para usos térmicos en industria manufacturera no relacionada a minería.
 - 97% de energía para usos motrices en minería de cobre.
 - 9% de energía para usos térmicos y 60% para usos motrices en minería no cobre.
 - 86% de energía en el transporte de carga por carretera.
 - 78% de energía en el transporte marítimo nacional.

- Demanda doméstica no energética

Al 2040 se sustituye:

- 100% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos.
- 100% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad.
- 100% del hidrógeno producido mediante Steam Methane Reforming (SMR por sus siglas en inglés) utilizado por ENAP.

Supone demanda constante de H₂R y sus derivados para uso no energético, como por ejemplo el consumo promedio anual de hidrógeno producido mediante SMR en refinerías ENAP de Aconcagua y Biobío entre los años 2018 y 2022. Asimismo, considera capacidad de producción nacional de nitrato de amonio para explosivos y producción nacional de fertilizantes nitrogenados importados en 2021.

- Demanda de exportación

Supone lograr capacidad de exportación de Estrategia Nacional H₂R, con cifras estimadas en el estudio (GIZ, Inicio Chile, 2021) que actualiza y recalcula demanda.

Escenario intermedio

- Demanda doméstica energética

Caso asociado al escenario “Rumbo a la Carbono Neutralidad al 2050” en base al Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023). De esta manera al 2050 el H₂R provee el:

- 25% de energía para usos motrices y 9% para usos térmicos en industria manufacturera no relacionada a minería.
- 97% de energía para usos motrices en minería de cobre.
- 9% de energía para usos térmicos y 59% para usos motrices en minería no cobre.
- 86% de energía en el transporte de carga por carretera.

- Demanda doméstica no energética

Al 2040 se sustituye:

- 50% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos.
- 50% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad.
- 50% del hidrógeno producido mediante SMR utilizado por ENAP.

Supone demanda constante de H₂R y sus derivados para uso no energético, como por ejemplo el consumo promedio anual de hidrógeno producido mediante SMR en refinerías ENAP de Aconcagua y Biobío entre los años 2018 y 2022. Asimismo, considera capacidad de producción nacional de nitrato de amonio para explosivos y producción nacional de fertilizantes nitrogenados importados en 2021.

- Demanda de exportación

Supone lograr al 2050 capacidad total equivalente a los proyectos en Chile de H₂R o derivados listados en calidad de factibilidad y prefactibilidad (34 proyectos en total).

Escenario conservador

- Demanda doméstica energética

Caso asociado al escenario de “Recuperación económica” en base a Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023). De esta manera al 2050 el H₂R provee el:

- 13% de energía para usos motrices y 9% para usos térmicos en industria manufacturera.
- 9% de energía para usos térmicos en minería no cobre.
- 55% de energía en el transporte de carga por carretera.

- Demanda doméstica no energética

Al 2040 se sustituye:

- 10% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos.
- 10% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad.
- 10% del hidrógeno producido mediante SMR utilizado por ENAP.

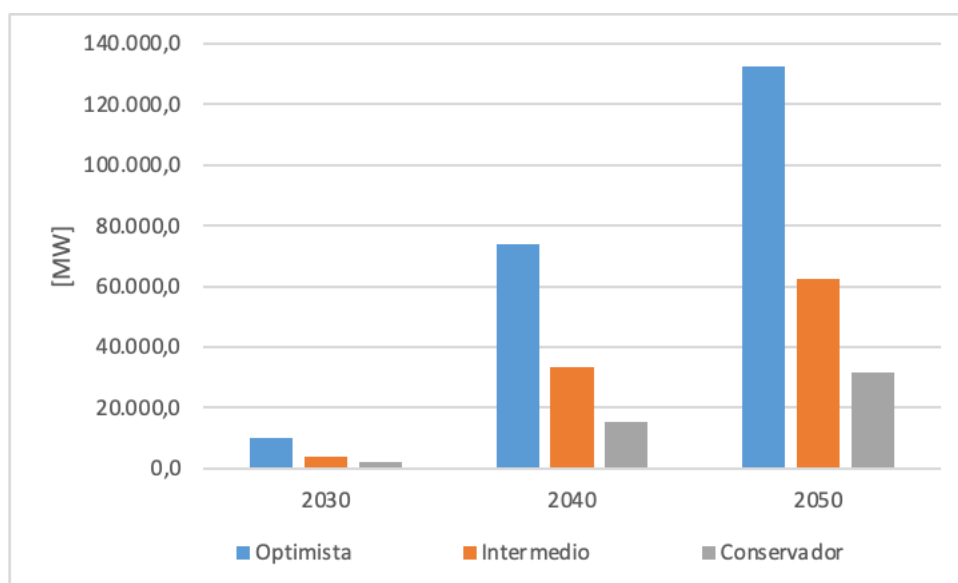
Supone demanda constante de H₂R y sus derivados para uso no energético, como por ejemplo el consumo promedio anual de hidrógeno producido mediante SMR en refinerías ENAP de Aconcagua y Biobío entre los años 2018 y 2022. Asimismo, considera capacidad de producción nacional de nitrato de amonio para explosivos y producción nacional de fertilizantes nitrogenados importados en 2021.

- Demanda de exportación

Supone lograr al 2050 la capacidad total equivalente a los proyectos en Chile de H₂R o derivados listados en calidad de factibilidad y con terreno asegurado (14 proyectos en total).

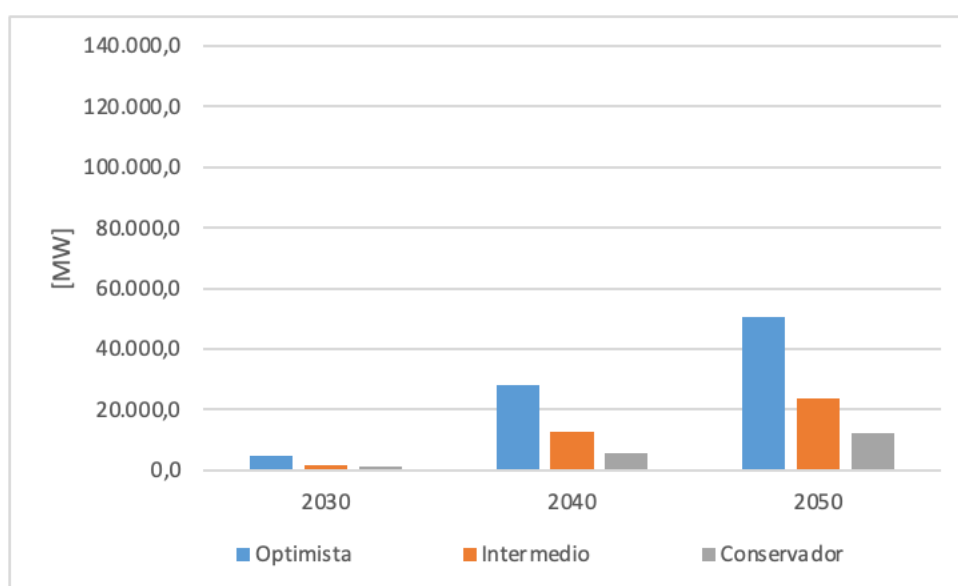
En el Gráfico 6-1 y el Gráfico 6-2 se presenta la proyección de capacidad instalada fotovoltaica y eólica asociada a cada uno de los escenarios de producción para la Zona Norte. Los supuestos utilizados para se presentan en el Anexo 8.6.

Gráfico 6-1 Capacidad instalada fotovoltaica según escenario



Fuente: (Ministerio de Energía, 2023)

Gráfico 6-2 Capacidad instalada eólica según escenario



Fuente: (Ministerio de Energía, 2023)

6.2 Modelo de demanda, producción y distribución

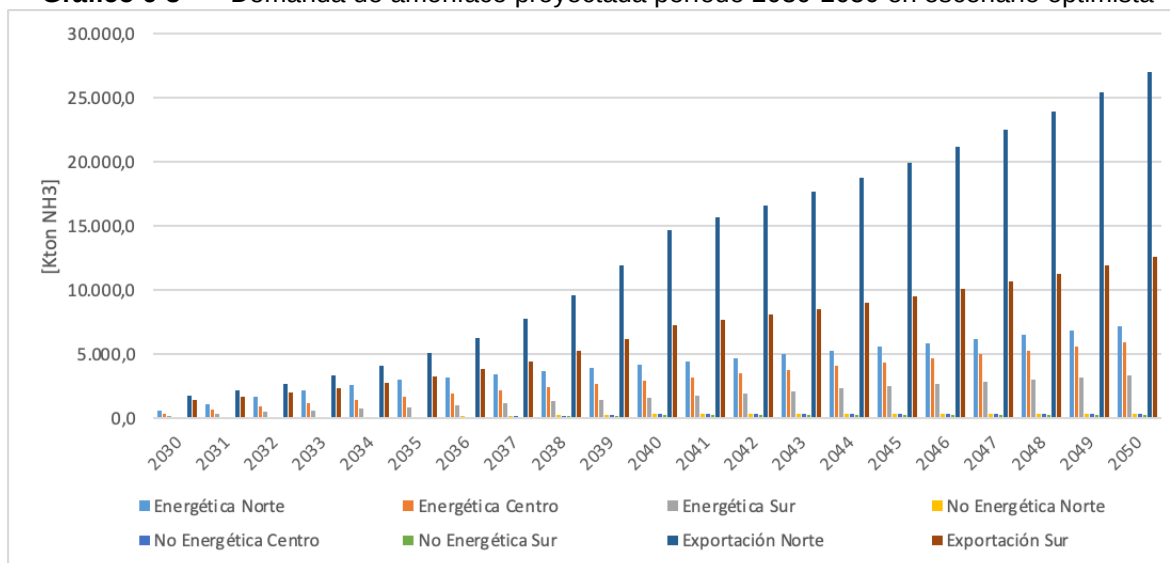
6.2.1 Modelo de demanda

La demanda está dada por el consumo interno de H2R o sus derivados del país, tanto energética como no energética, y de la exportación. Para efectos del presente estudio se ha asumido que el producto transportado corresponderá a amoníaco (NH3).

En los Gráfico 6-3, Gráfico 6-4 y

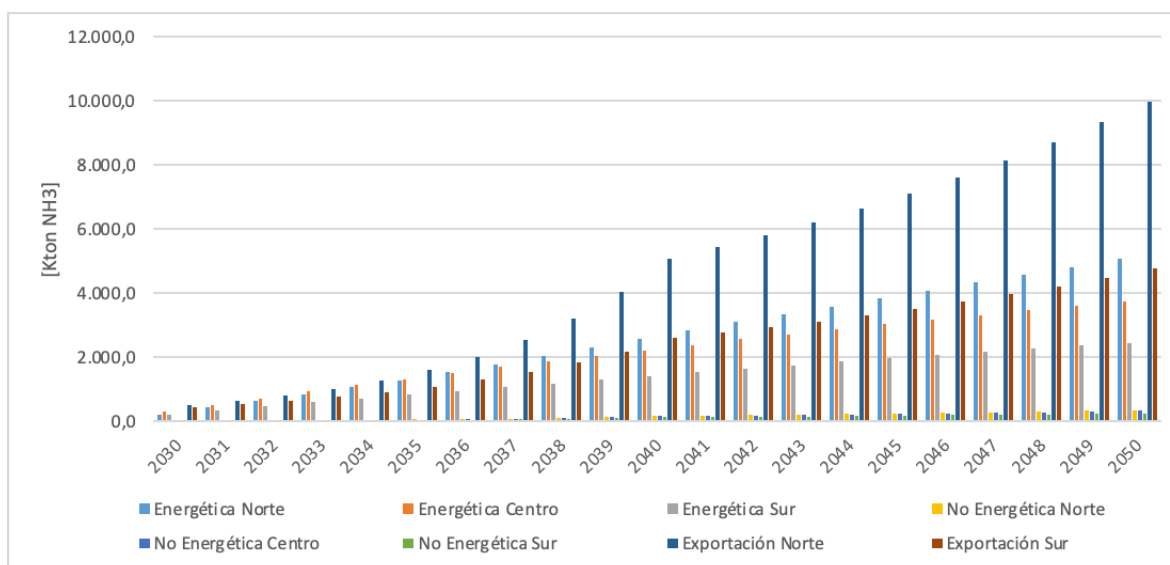
Gráfico 6-5 que se presentan a continuación, es posible visualizar la demanda anual proyectada de amoníaco asociada a cada uno de los escenarios de producción, utilizando como base la provista por el Ministerio de Energía para los cortes temporales 2030, 2040 y 2050.

Gráfico 6-3 Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario optimista

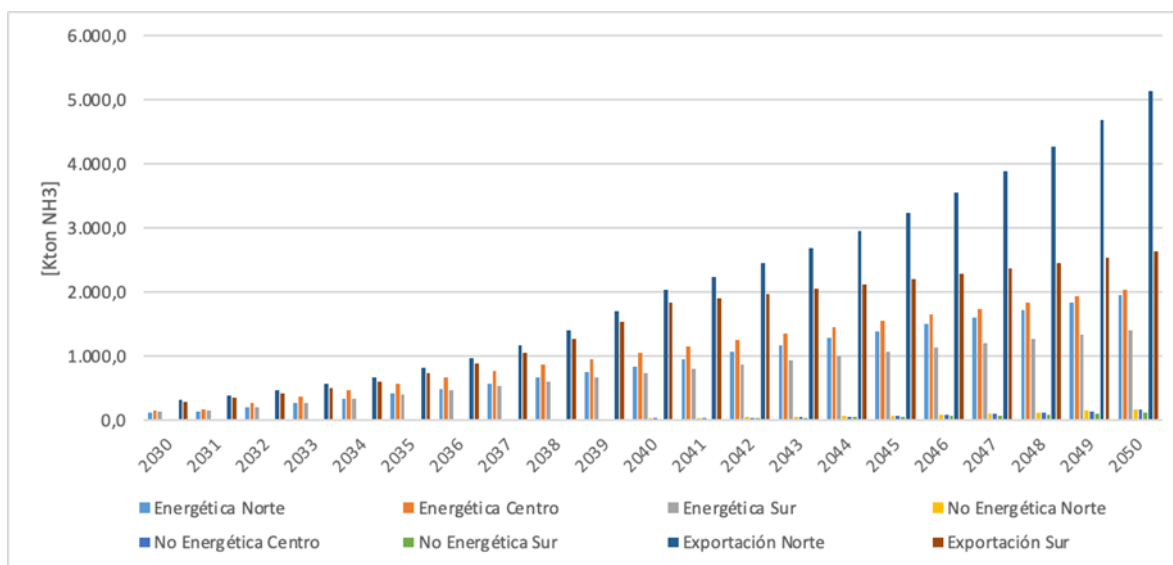


Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía, 2023)

Gráfico 6-4 Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario intermedio



Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía, 2023)

Gráfico 6-5 Demanda de amoníaco proyectada período 2030-2050 en escenario conservador

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía, 2023)

La expansión anual de las proyecciones definidas por el Ministerio de Energía fue realizada asumiendo un factor de transformación H₂R a NH₃ de 5,55 y utilizando las tasas anuales promedio derivadas para los periodos 2030-2040 y 2040-2050 en cada caso, salvo en el caso de la demanda doméstica energética en que se utilizó aquella contenida en las citadas proyecciones.

6.2.2 Modelo de producción

Para efectos de poder cuantificar las brechas de capacidad portuaria se ha supuesto que los parques eólicos, la producción del H₂R, y del amoníaco se localizan en la Zona Norte, Región de Antofagasta, y en la Zona Sur, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. En el caso de los parques fotovoltaicas se asume que se emplazan sólo en la Zona Norte.

El modelo de distribución adoptado supone concentrar los requerimientos portuarios de desembarque de la carga de proyecto, embarque de la carga de exportación y de consumo doméstico (cabotaje) en una región en particular perteneciente a las zonas asociadas, lo que significa una condición extrema de uso de la capacidad portuaria.

6.2.3 Modelo de distribución

El hecho que se asuma que los centros de producción se localizan en la Región de Antofagasta y la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, implica que desde ellas se embarcará la demanda asociada al consumo de exportación y de cabotaje requerida por el consumo energético y no energético del resto de las regiones del país. En este último caso, se ha supuesto que el consumo de tales regiones es proporcional al producto interno bruto regional.

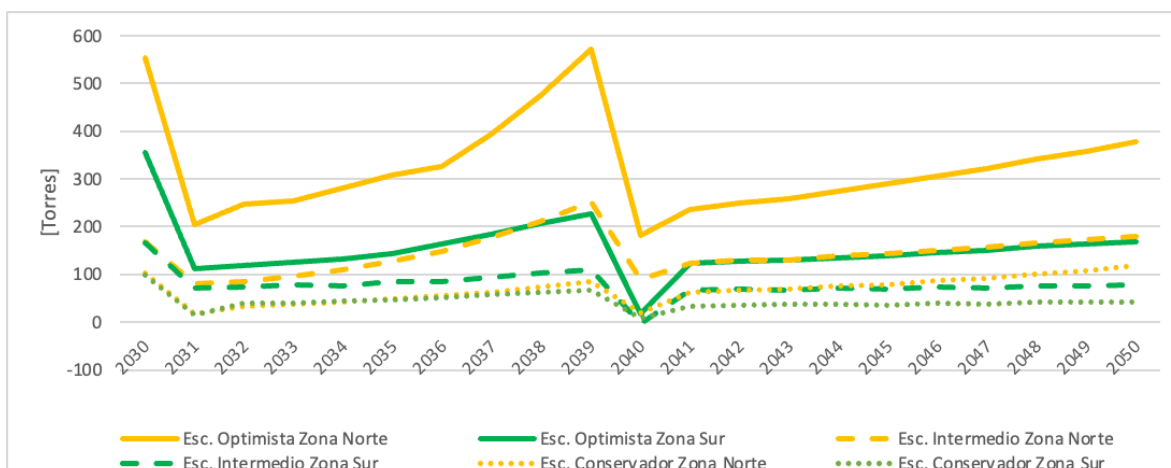
Además, se ha adoptado como criterio que desde la Región de Antofagasta se abastece la demanda propia y la del resto de las regiones de la Zona Norte, vale decir, la de Arica y Parinacota, Tarapacá, Atacama y Coquimbo. La Región de Magallanes y la Antártica Chilena, suministrará el resto del país.

6.3 Infraestructura portuaria para el desembarque de carga de proyecto

6.3.1 Transferencia proyectada

En base al modelo de producción definido, en el Gráfico 6-6 que se presenta a continuación, se visualizan la cantidad de torres eólicas que se deben adicionar al inicio de cada año para contar con la potencia necesaria para generar la producción proyectada en cada uno de los escenarios definidos para las Zonas Norte y Sur.

Gráfico 6-6 Cantidad anual de torres eólicas a ser desembarcadas por zonas según escenario

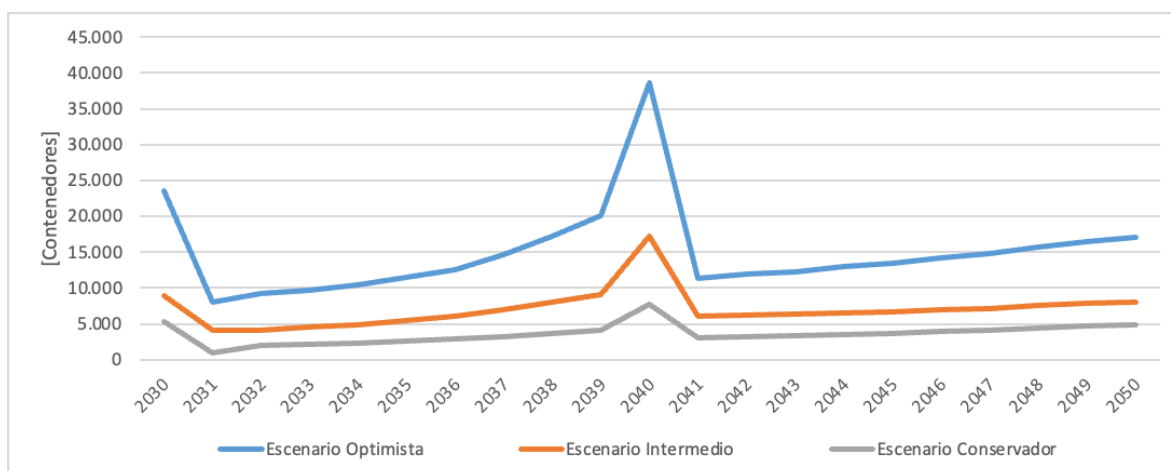


Fuente: Elaboración propia

Las proyecciones anuales de torres a desembarcar fueron determinadas, utilizando la potencia instalada asociada a cada escenario de producción, bajo el supuesto de que la potencia por torre eólica es de 4,5 MW en la Región de Antofagasta y 6,2 MW en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

En el caso de la energía solar, en el Gráfico 6-7 que se presenta a continuación, es posible visualizar el número de contenedores asociados con los paneles fotovoltaicos que se deben adicionar al inicio de cada año de manera de contar con la potencia instalada respectiva asociada a cada uno de los escenarios de producción.

Gráfico 6-7 Cantidad anual de contenedores a desembarcar con paneles fotovoltaicos según escenarios



Fuente: Elaboración propia

Las proyecciones de los contenedores a desembarcar anualmente fueron calculadas considerando una potencia por panel de 0,7 [kW] y 600 paneles por contenedor, en base a los antecedentes recopilados.

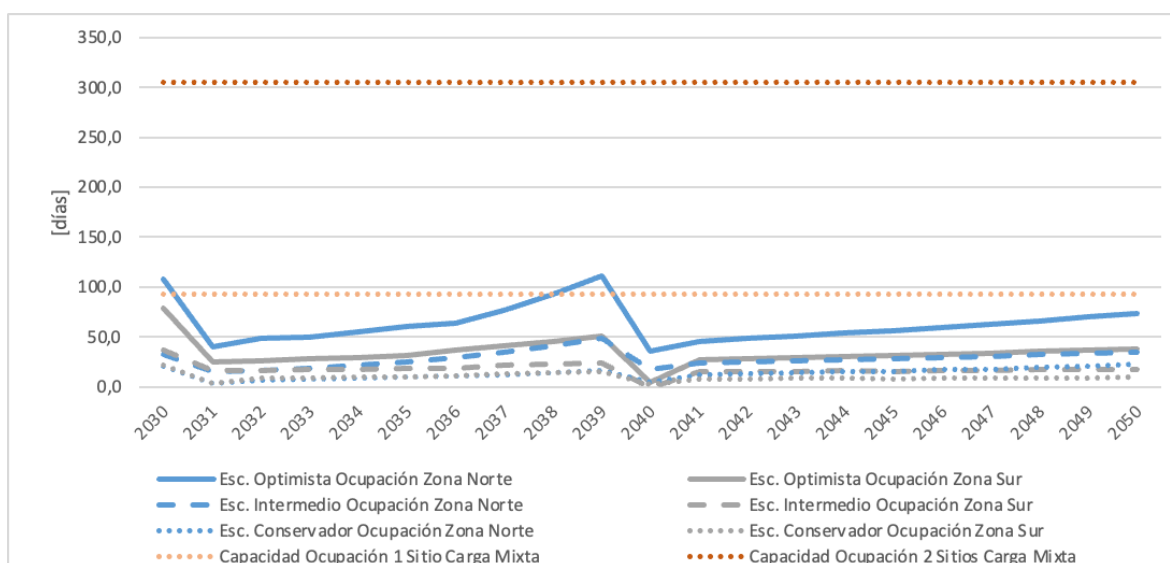
6.3.2 Cuantificación de la infraestructura adicional

En el Gráfico 6-8 que se presenta a continuación, es posible visualizar el número de días de ocupación al año, asociados a la descarga de las torres eólicas en la Zona Norte y Zona Sur para cada escenario de producción, versus la capacidad de ocupación expresada en días por año que resultan en el caso de contar con uno o dos sitios de carga mixta según la Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019) y considerando un downtime de 14%.

Cabe señalar que los niveles determinados a partir de la citada metodología constituyen niveles de ocupación máximos recomendables. Para un sitio de carga general, el nivel de ocupación óptimo corresponde a un 28,0% y para dos sitios a un 45,9%.

Bajo el escenario optimista, se aprecia que, si toda la carga de proyectos eólicos fuera desembarcada exclusivamente en un solo sitio, en la Zona Norte se superaría el nivel de ocupación recomendado por la citada Metodología MTT para 1 sitio en los años 2030 y 2039; mientras que en la Zona Sur solo en el año 2030 se podría producir una cierta estrechez. En el resto de los escenarios la capacidad estimada es superior al tiempo de ocupación.

Gráfico 6-8 Tiempo de ocupación para transferencia de carga de proyectos eólicos según escenarios versus capacidad de ocupación establecidos para 1 y 2 sitios mixtos.

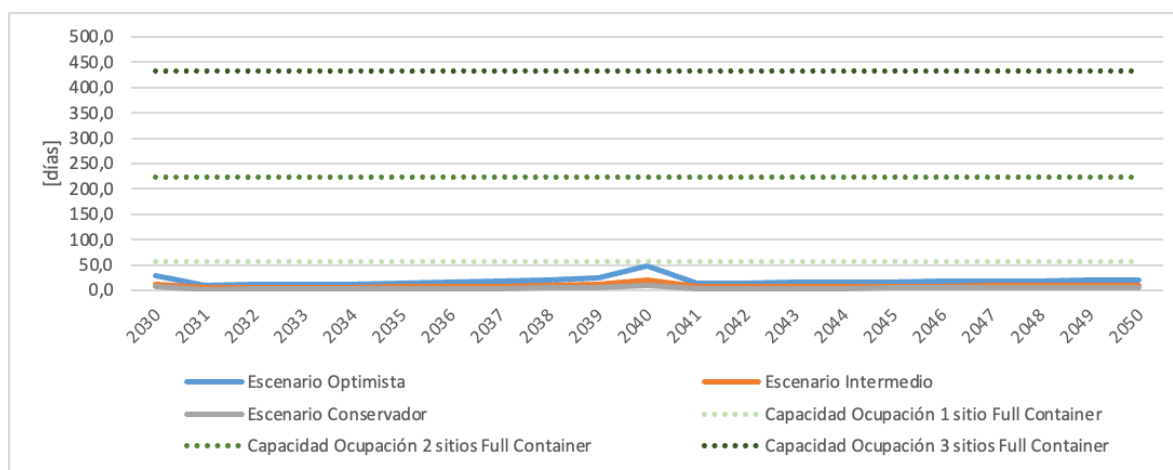


Fuente: Elaboración propia aplicando Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Los tiempos de ocupación asociados a la transferencia de la carga de proyectos eólicos relacionados fueron calculados asumiendo el desembarque de 7 componentes por cada una de ellas en el caso de la Zona Norte y 8 en la Zona Sur, y una velocidad de transferencia promedio de 1,6 componentes por hora. Estos parámetros fueron determinados en base a los antecedentes levantados durante el desarrollo del estudio, incluyendo aquella resultante de las entrevistas a incumbentes.

En el caso de los proyectos fotovoltaicos, sus componentes se transportan en contenedores en naves de línea que operan en puertos de la Zona Norte de las EPA y también en el Complejo Portuario Puerto Angamos. En el caso de la Región de Antofagasta, al citado Complejo, se suma la Empresa Portuaria Antofagasta, en cada caso con al menos un sitio especializado en la atención de naves full container. En el Gráfico 6-9 se presenta el nivel de ocupación asociado a los volúmenes de contenedores con componentes fotovoltaicos versus la capacidad de ocupación asociada a uno, dos y tres sitios para naves full container, determinados usando la Metodología MTT. Cabe señalar que las tasas de ocupación que define la metodología son de 17,1%, 33,6% y 43,3%, para uno, dos y tres sitios, respectivamente.

Gráfico 6-9 Tiempo de ocupación para transferencia de contenedores con componentes fotovoltaicos versus capacidad de ocupación establecidos para 1, 2 y 3 sitios full container



Fuente: Elaboración propia aplicando la Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Los tiempos de ocupación fueron determinados asumiendo el uso de dos grúas móviles de muelle para transferencia de contenedores por sitio, con un rendimiento de 18 contenedores por grúa cada una hora.

En el escenario optimista, se requeriría de un sitio de acuerdo con la Metodología MTT, para no superar la tasa de ocupación del 17,1% asociada.

6.3.3 Relación demanda versus capacidad portuaria

Zona Norte

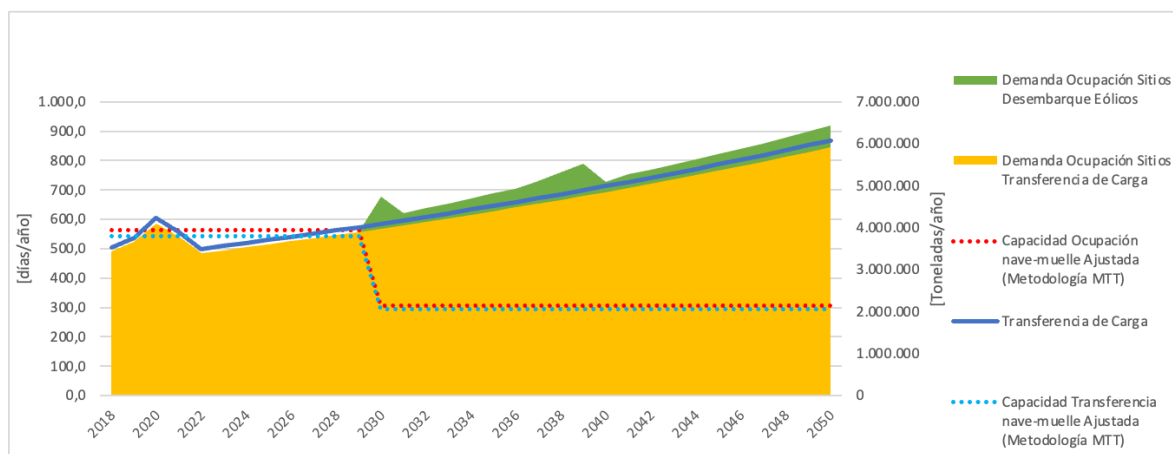
En esta zona, las instalaciones portuarias por donde se ha transferido carga de proyectos eólicos son: Puerto Arica, Complejo Portuario Puerto Angamos, Muelle Punta Caleta, Muelle Multipropósito Puerto Las Losas y Puerto Coquimbo. Mientras que el de Puerto Iquique y de Antofagasta están en condiciones de transferir componentes menores.

De acuerdo con el modelo de producción definido, se ha asumido que el Complejo Portuario Puerto Angamos, localizado en la Región de Antofagasta, concentrará toda la carga de proyecto. No obstante, dependiendo de la localización del proyecto eólico, también pueden considerarse como opción aquellas instalaciones portuarias emplazadas en la Región de Atacama.

A continuación, en el Gráfico 6-10 a Gráfico 6-15 se presentan la relación demanda-capacidad para cada escenario de producción para la transferencia nave-muelle y el acopio de la carga en el citado Complejo. En todos los escenarios se ha supuesto que la atención del desembarque de las torres eólicas reduce la capacidad de transferencia en el equivalente a 1 sitio, de manera de reflejar que su desembarque genera interferencia en la operación de los restantes sitios debido su emplazamiento en el muelle de penetración.

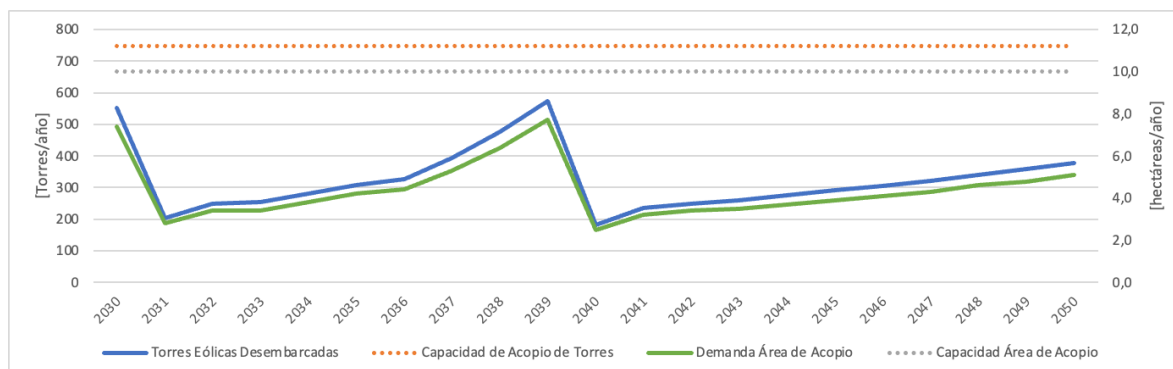
Como se observa, su situación actual es de una fuerte estrechez entre la actual demanda y su capacidad de transferencia, aún sin incluir una participación en la transferencia de la demanda asociada al desembarque de contenedores de proyectos fotovoltaicos. Y, respecto a la relación demanda capacidad de acopio, no se observan escenarios críticos.

Gráfico 6-10 Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario optimista



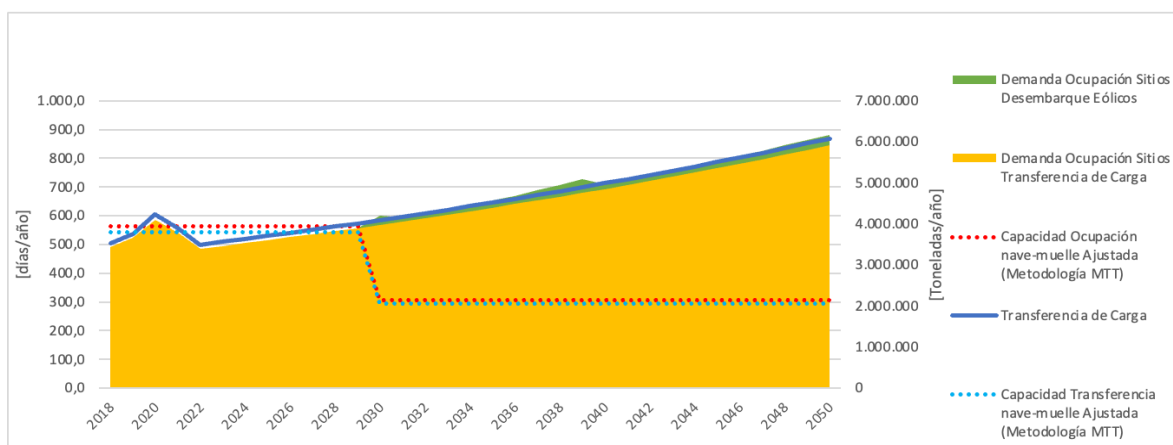
Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-11 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario optimista



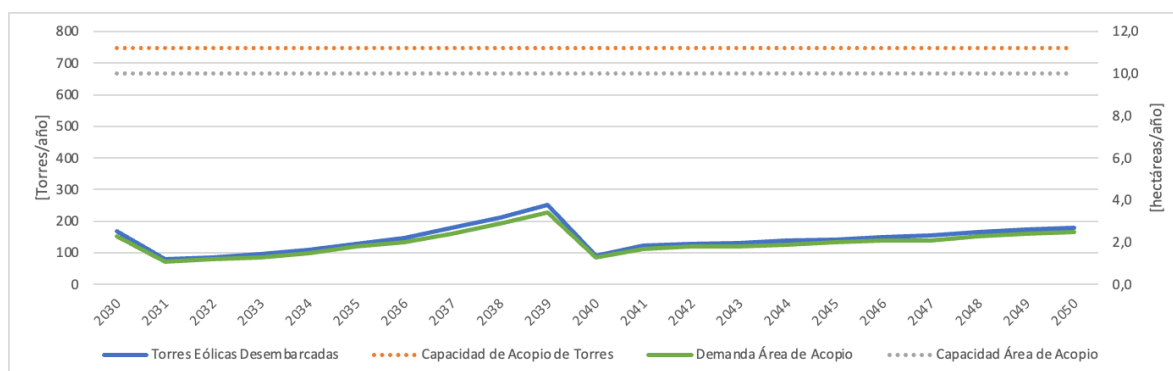
Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-12 Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario intermedio



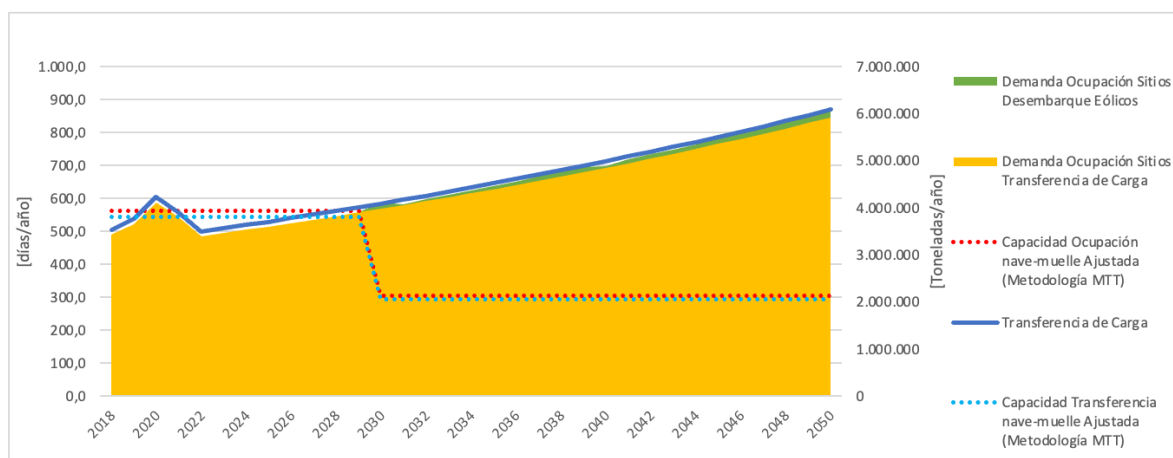
Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-13 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario intermedio



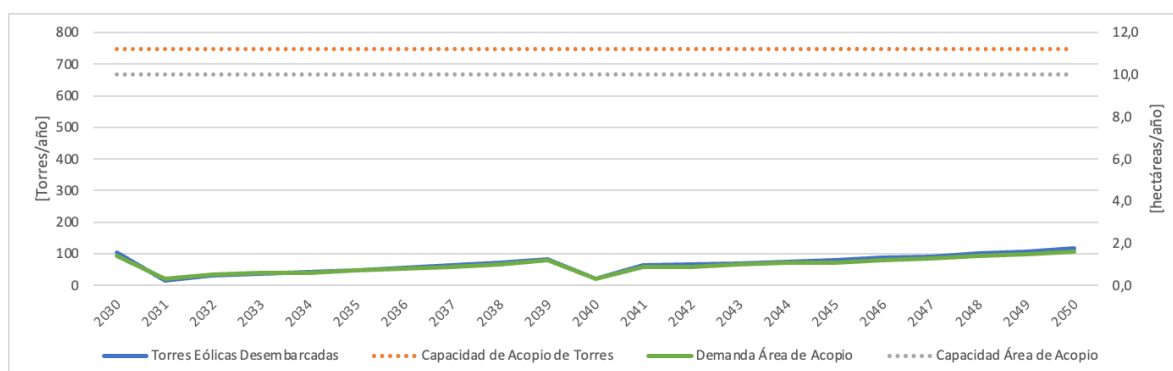
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-14 Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-15 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Complejo Portuario Puerto Angamos bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

La relación demanda-capacidad de acopio ha sido calculada asumiendo una disponibilidad de área de 10 ha, una densidad de acopio de 3,3 torres por ha y una estadía media de 10 días.

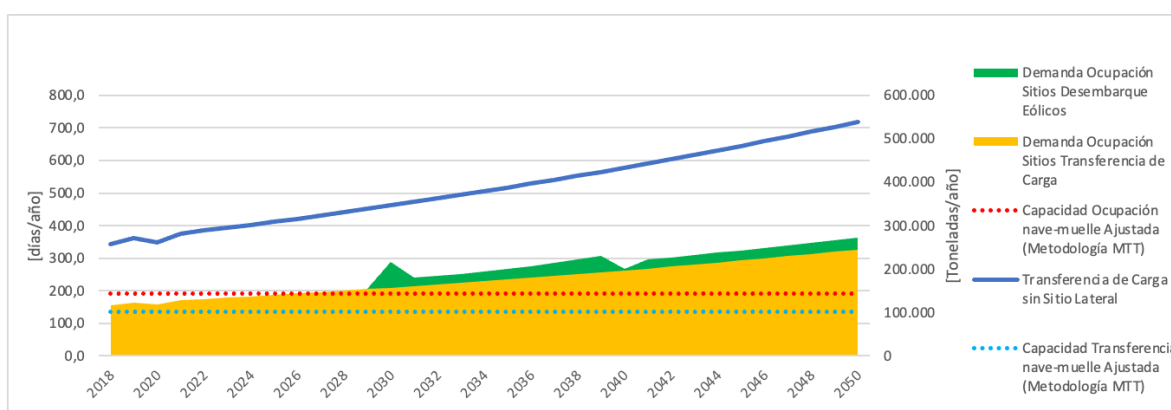
En virtud de lo anterior, en todos los escenarios, la demanda supera la capacidad de transferencia nave-muelle calculada de acuerdo con la Metodología MTT, incluso a aquella propia del Complejo. Sin embargo, el traslado del embarque de concentrado de cobre al Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A. podría reducir la demanda proyectada para el Complejo, lo que permitiría mejorar los niveles de servicio en la atención del

desembarque de carga de proyecto. A la fecha no se dispone de información sobre cuál sería el impacto que tendría sobre Complejo Portuario Puerto Angamos.

Zona Sur

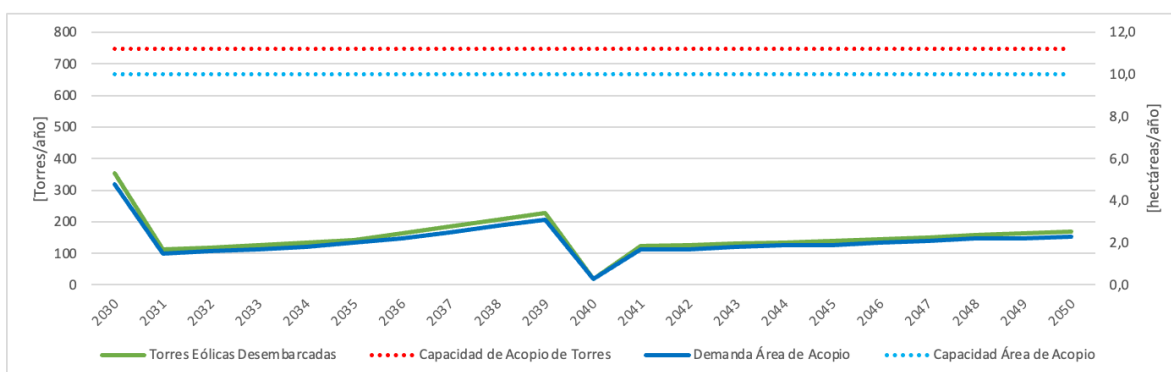
Aquí, el Terminal J.S. Mardones es la única instalación portuaria actual que permite la atención de la nave de diseño definida para el transporte de carga de proyecto. Entre el Gráfico 6-16 y el Gráfico 6-21 se presenta la relación demanda-capacidad para la transferencia nave-muelle del sitio exterior y el acopio de la carga en el citado terminal, para cada escenario de producción. La situación actual muestra que la capacidad es superior a la demanda, pero que en el año 2030 comienza a revertirse, más aún si se le agrega la carga de proyecto. Mientras que bajo ningún escenario se observa una situación crítica entre la demanda y la capacidad de acopio.

Gráfico 6-16 Relación demanda-capacidad para transferencia de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista



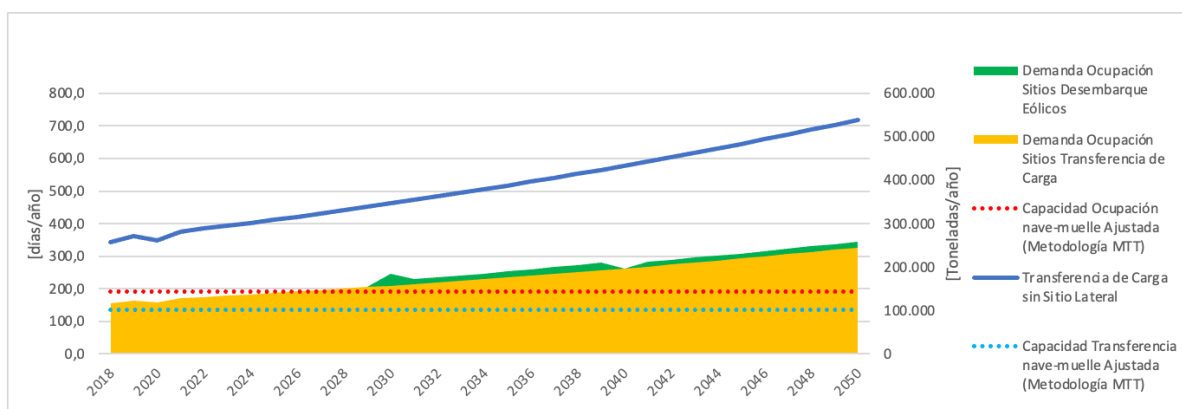
Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-17 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista



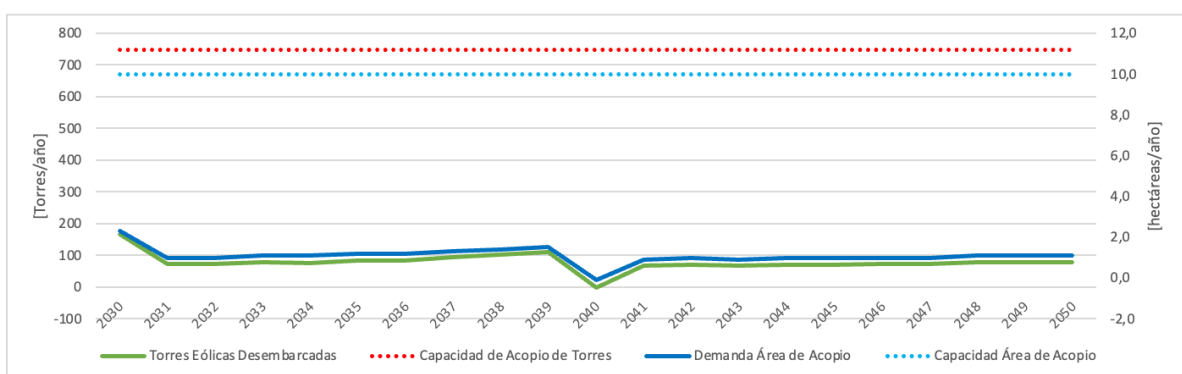
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-18 Relación demanda-capacidad para transferencia de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario intermedio



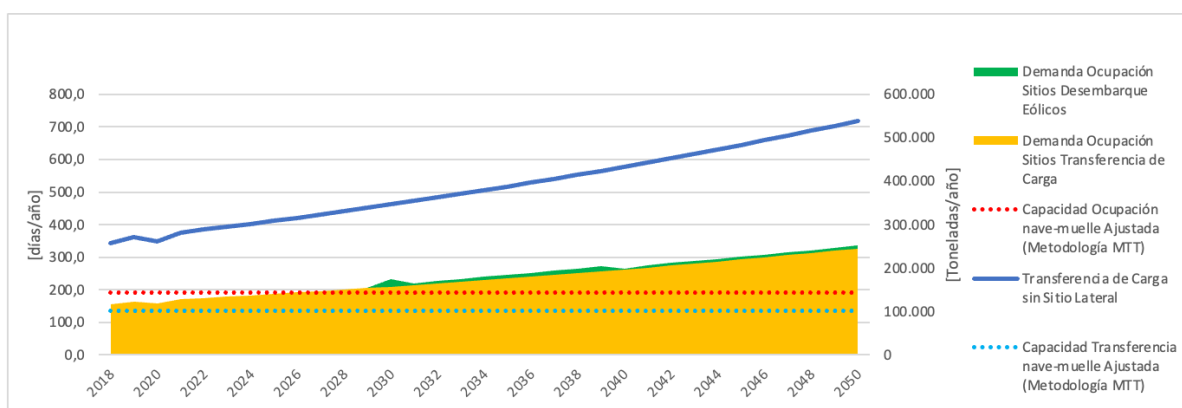
Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-19 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario intermedio



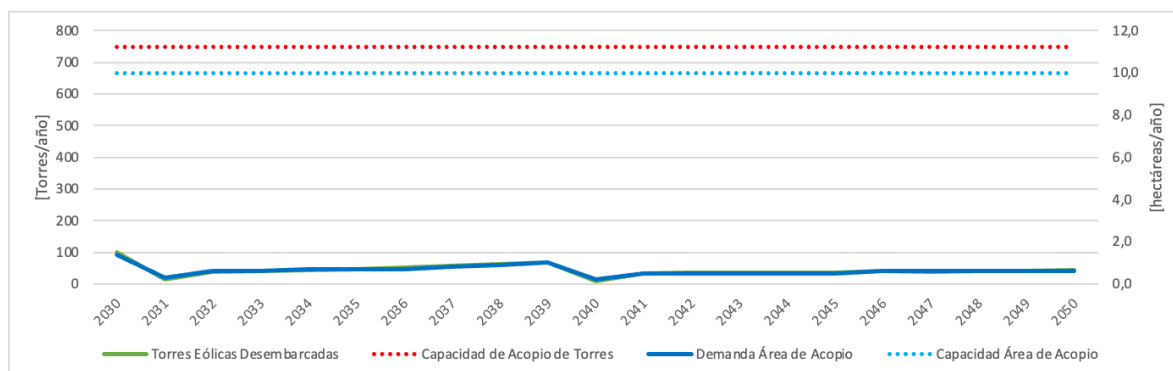
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-20 Relación demanda-capacidad para transferencia de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista conservador



Fuente: Elaboración propia en base a Metodología MTT (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2019)

Gráfico 6-21 Relación demanda-capacidad para acopio de carga de proyectos eólicos en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

La relación demanda-capacidad de acopio ha sido calculada asumiendo una disponibilidad de un área de 10 ha, una densidad de acopio de 3,3 torres/ha y una estadía media de 10 días.

En todos los escenarios la capacidad de transferencia, de acuerdo con la Metodología MTT, se encuentra por debajo de la demanda, incluyendo la carga propia del terminal.

6.3.4 Descripción conceptual de la infraestructura necesaria

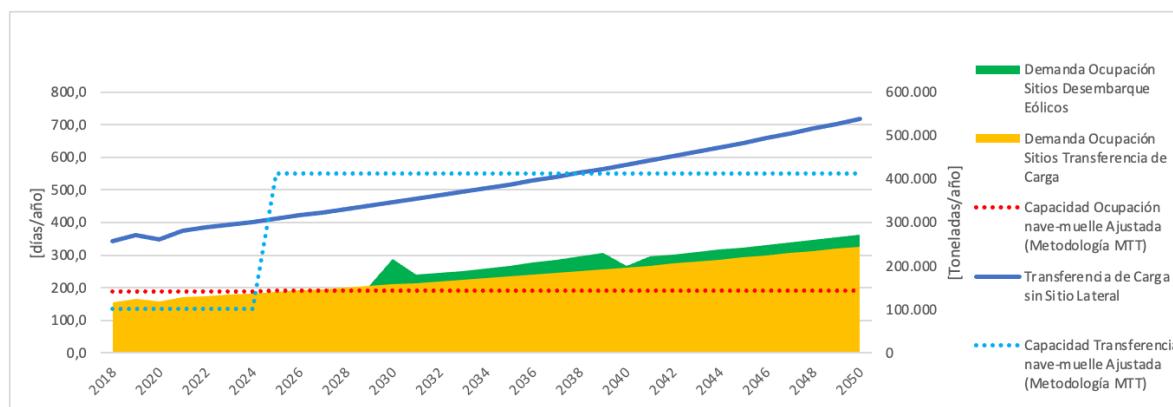
Zona Norte

Dada las condiciones que presenta el Complejo Portuario Puerto Angamos, se debe considerar que en la Zona Norte existen otros terminales, localizados en otras regiones, que podrían aminorar su falta de capacidad, sin perjuicio de los efectos que podría tener el hecho que disminuya su demanda, debido al traslado del concentrado hacia otro terminal.

Zona Sur

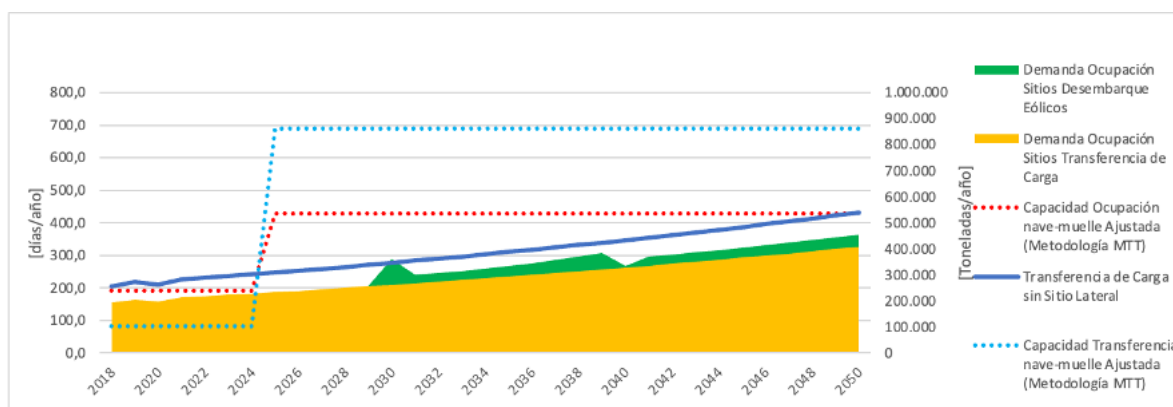
Entre los Gráfico 6-22 y Gráfico 6-25 es posible visualizar el efecto en la capacidad de transferencia nave-muelle del sitio exterior del Terminal J.S. Mardones al incorporar 2 grúas móviles especializadas en la transferencia de contenedores y en la extensión del muelle en 200 m para permitir la atención de dos naves en forma simultánea, bajo cada escenario de producción.

Gráfico 6-22 Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas, con 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista



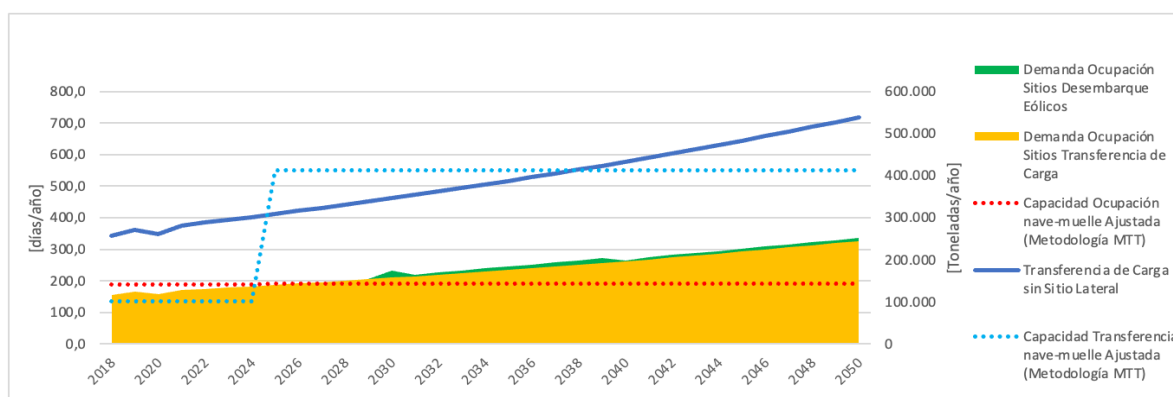
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-23 Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas con extensión de 200 m y 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario optimista



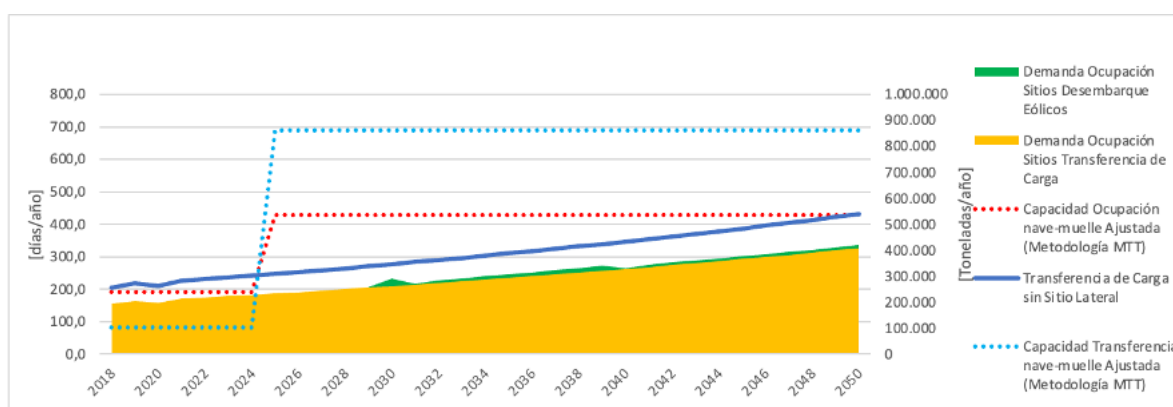
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-24 Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas, con 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-25 Relación demanda-capacidad transferencia sitio exterior para torres eólicas con extensión de 200 m y 2 grúas móviles de muelle en Terminal J.S. Mardones bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

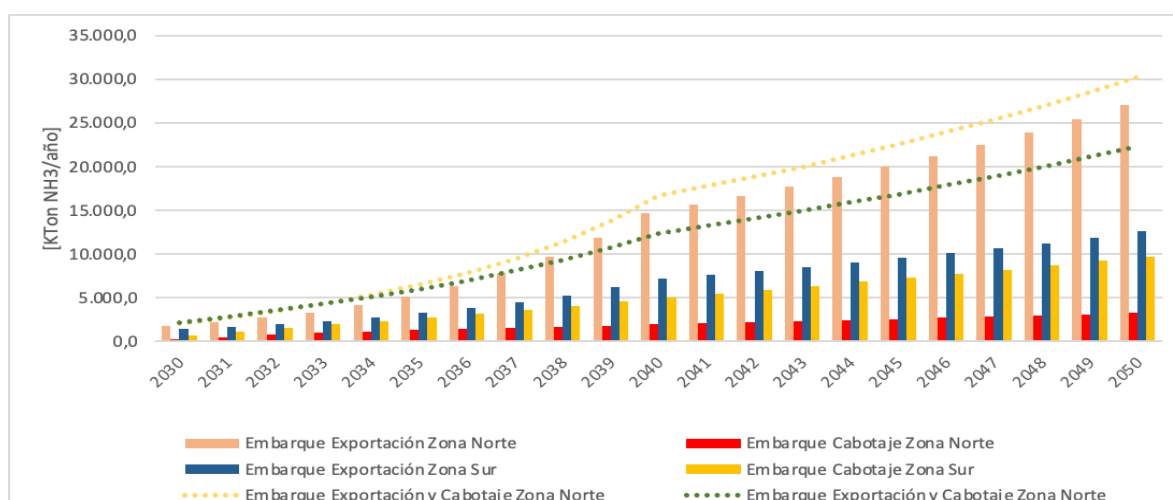
La incorporación de 2 grúas móviles no incrementa la capacidad de ocupación de acuerdo con la Metodología MTT, ya que ésta sólo es función del número de sitios y el nivel de ocupación que se establece en función del tipo carga transferida.

6.4 Infraestructura portuaria para el embarque de carga de exportación y cabotaje

6.4.1 Transferencia proyectada

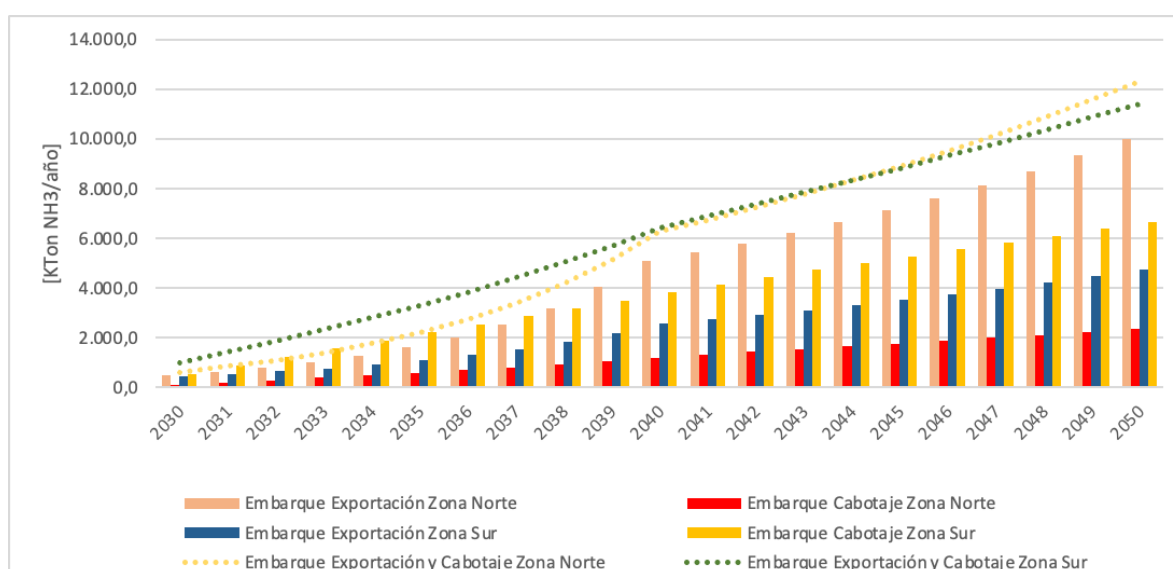
En base al modelo de distribución definido, desde el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** hasta el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se visualizan los volúmenes de amoníaco a ser embarcados en la Zona Norte y Zona Sur para satisfacer el consumo asociado a la demanda de exportación y doméstica energética y no energética, para cada uno de los escenarios definidos.

Gráfico 6-26 Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario optimista



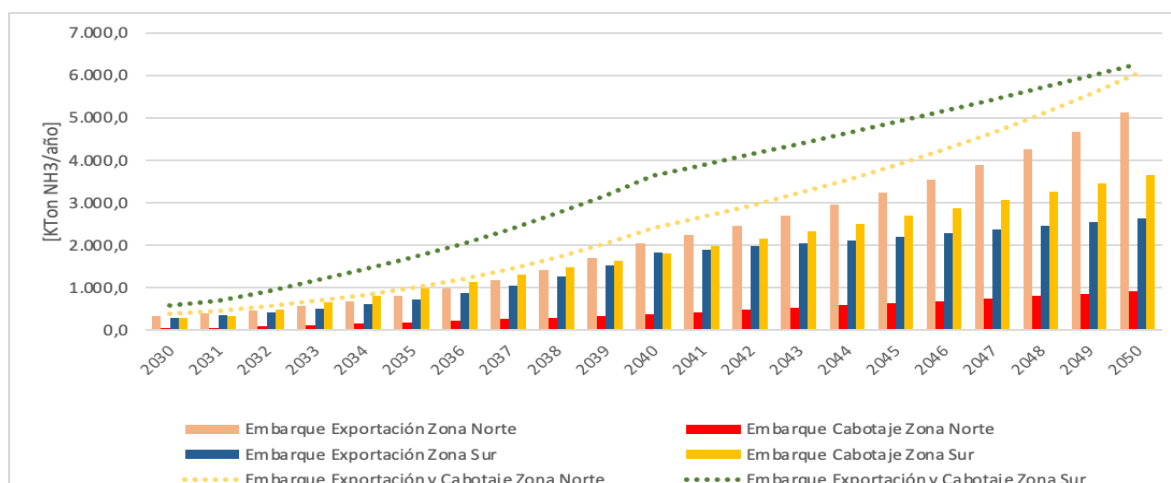
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-27 Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario intermedio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-28 Volumen de embarque de exportación y cabotaje de amoníaco Zona Norte y Zona Sur para escenario conservador



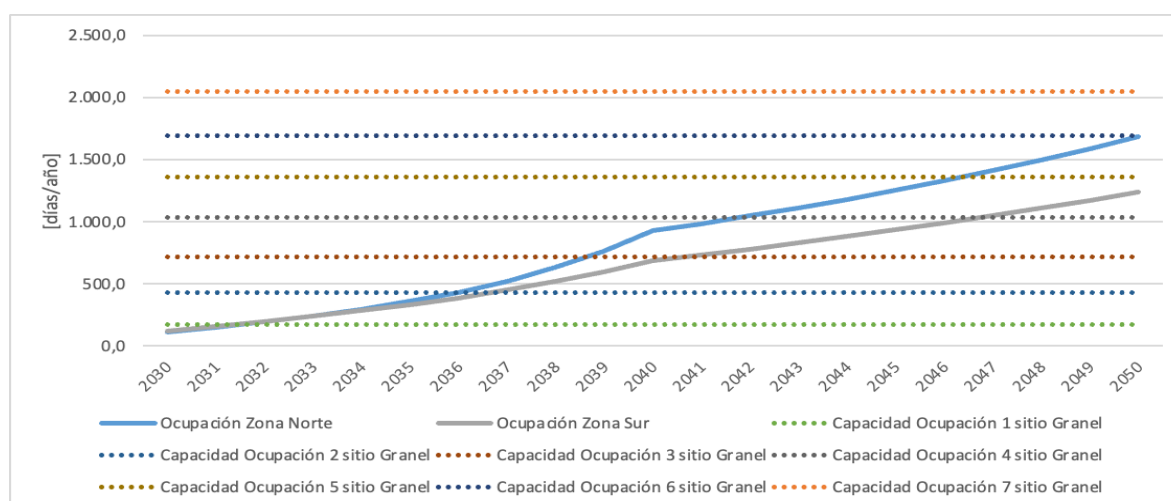
Fuente: Elaboración propia

En base a la proyección realizada, en el escenario de producción optimista se llegaría a embarcar 30,3 millones de toneladas de amoníaco de exportación y cabotaje en la Zona Norte el año 2050 y 22,3 millones de toneladas en la Zona Sur. En el escenario conservador, los volúmenes serían de 6,0 y 6,2 millones de toneladas, respectivamente.

6.4.2 Cuantificación de la infraestructura adicional

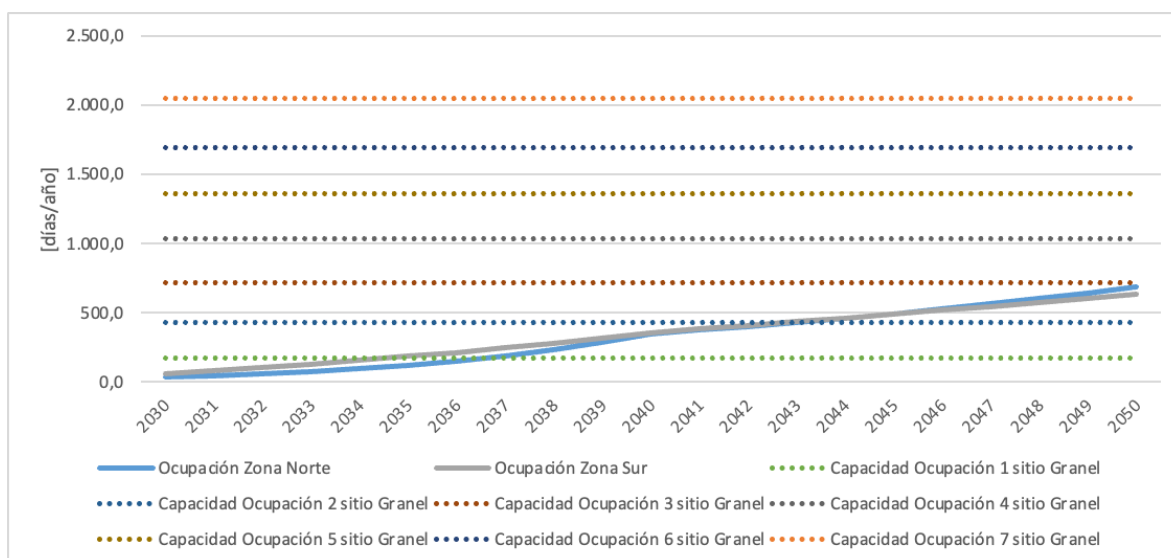
Desde el Gráfico 6-29 al Gráfico 6-31 se presentan la cantidad de días de ocupación al año, asociados al embarque de exportación y cabotaje de amoníaco en la Zona Norte y Zona Sur, para cada escenario de producción, versus los días de capacidad de ocupación determinados de acuerdo con la Metodología MTT para el caso de contar de 1 a 7 sitios de carga granel.

Gráfico 6-29 Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario optimista versus capacidad de ocupación de sitios de granel



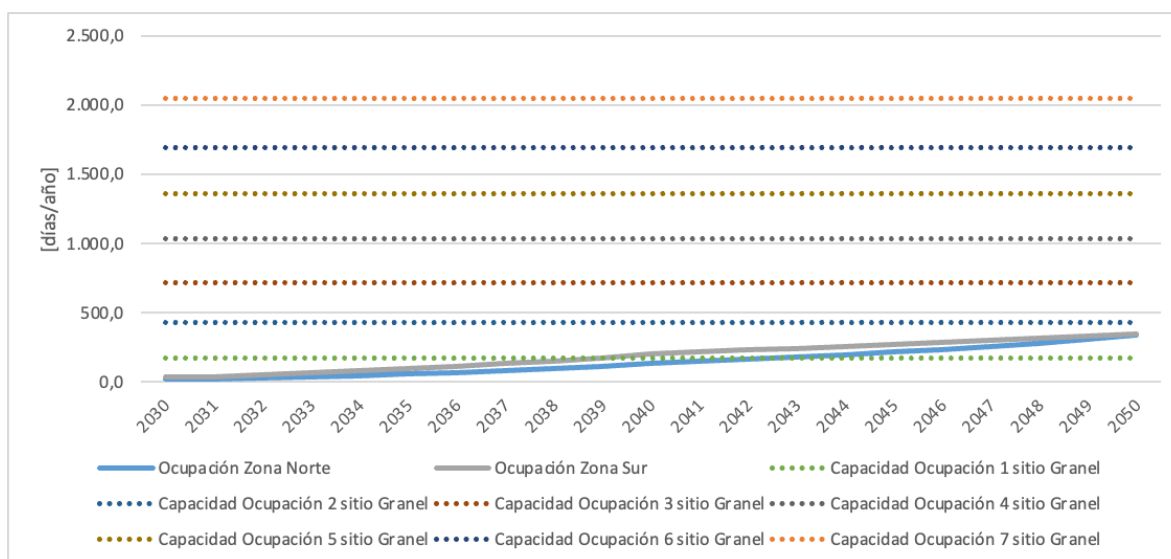
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-30 Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario intermedio versus capacidad de ocupación de sitios de granel



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-31 Tiempo de ocupación para embarque de exportación y cabotaje de amoníaco bajo escenario conservador versus capacidad de ocupación de sitios de granel



Fuente: Elaboración propia

Los valores anteriores fueron estimados asumiendo una velocidad de embarque de 800 toneladas por hora. Asimismo, se supuso un downtime de 14%.

Como se aprecia, en el escenario de producción optimista se podrían llegar a requerir 6 sitios en la Zona Norte y 5 en la Zona Sur. En el escenario intermedio se necesitaría disponer de 3 sitios dedicados en cada Zona.

En lo que respecta a la demanda por área de acopio, cada sitio debiera disponer de una superficie de 2,0 ha, de manera de ser capaz de transferir del orden de 3,3 millones de toneladas de amoníaco. Esta superficie está determinada asumiendo una densidad de acopio de 22.000 ton/ha, una permanencia media de 3 días y un factor peak de 1,6.

6.4.3 Relación demanda versus capacidad portuaria

En la actualidad, el Terminal Marítimo Enaex S.A. es el único que se encuentra transfiriendo amoníaco en la bahía de Mejillones. El Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A. se encuentra habilitado explícitamente para amoníaco y el Terminal Terquim lo está de manera general para productos de la clase 2 IMDG. Actualmente este último transfiere GLP, pero no ha hecho uso de la autorización otorgada.

El Terminal Marítimo Enaex S.A. tendría una capacidad estimada de 751.100 toneladas por año, en base a la Metodología MTT. De igual forma, en el caso del Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A. la capacidad se ha estimado en 4,85 millones de toneladas por año.

Al no estar disponible los datos de los volúmenes de carga que transfieren no es posible estimar la capacidad que pudieran disponer para atender carga de terceros.

6.4.4 Descripción conceptual de la infraestructura necesaria

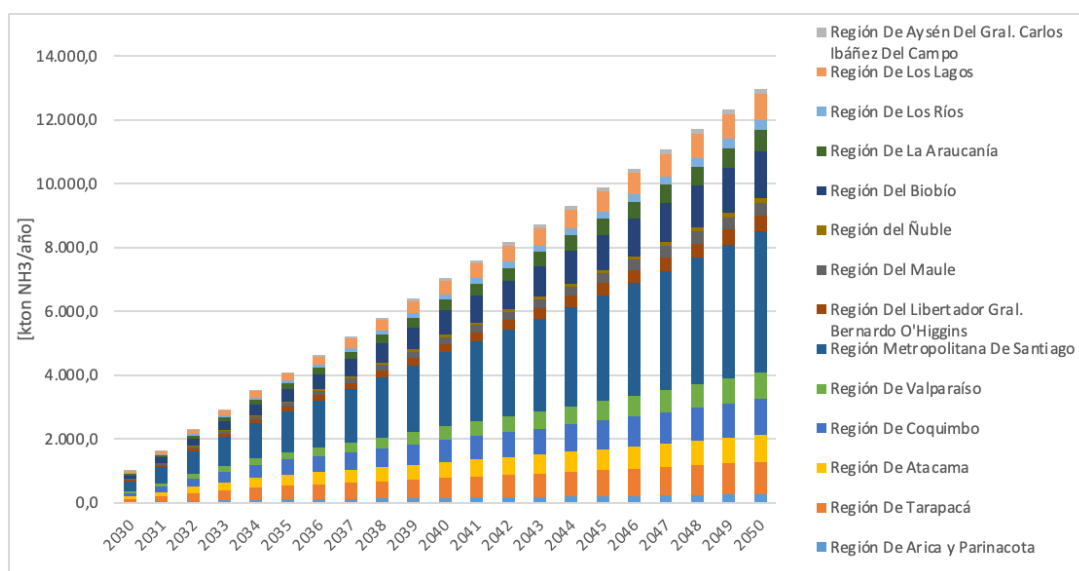
En todos los escenarios de producción es factible utilizar en un principio una eventual capacidad que pudieran tener los terminales en operación. No obstante, dado los volúmenes que se proyecta, será necesario de contar con sitios especializados con una capacidad de transferencia de al menos 800 toneladas por hora y 2 ha para la instalación de los estanques de acopio.

6.5 Infraestructura portuaria para el desembarque cabotaje

6.5.1 Proyección de transferencia de cabotaje

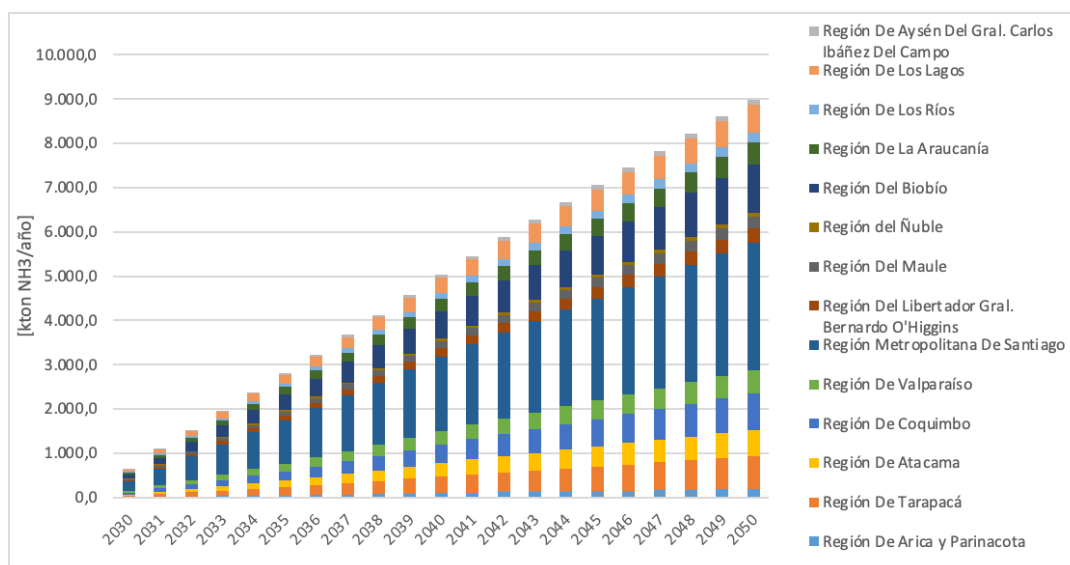
En base al modelo de distribución definido, el abastecimiento de amoníaco para todo el país excepto la Región de Antofagasta y la de Magallanes y la Antártica Chilena, se haría mediante servicios de cabotaje con orígenes en las regiones mencionadas. Asumiendo que los volúmenes a ser consumidos por cada región son proporcionales a su PIB, entre el Gráfico 6-32 y el Gráfico 6-34 se muestran los volúmenes de amoníaco que requieren ser desembarcados para abastecer cada una de ellas, en cada uno de los escenarios de producción definidos.

Gráfico 6-32 Volumen de amoníaco consumido por cada región para escenario optimista



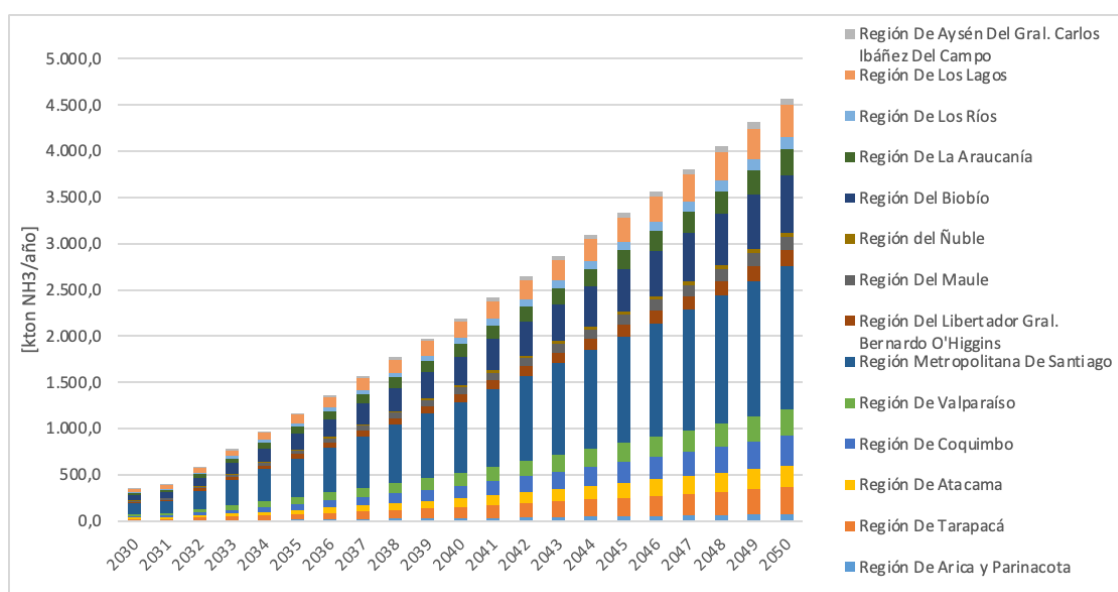
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-33 Volumen de amoníaco consumido por cada región en escenario intermedio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-34 Volumen de amoníaco consumido por cada región en escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

En virtud de los niveles proyectados para cada Región, en la Zona Norte se ha adoptado que en la Región de Tarapacá se desembarque su propio consumo y que el requerido por la Región de Arica y Parinacota, sea transportado por modo terrestre. Para los consumos de la Región de Atacama y la Región de Coquimbo se ha definido que se haga a través de instalaciones portuarias ubicadas en las respectivas regiones.

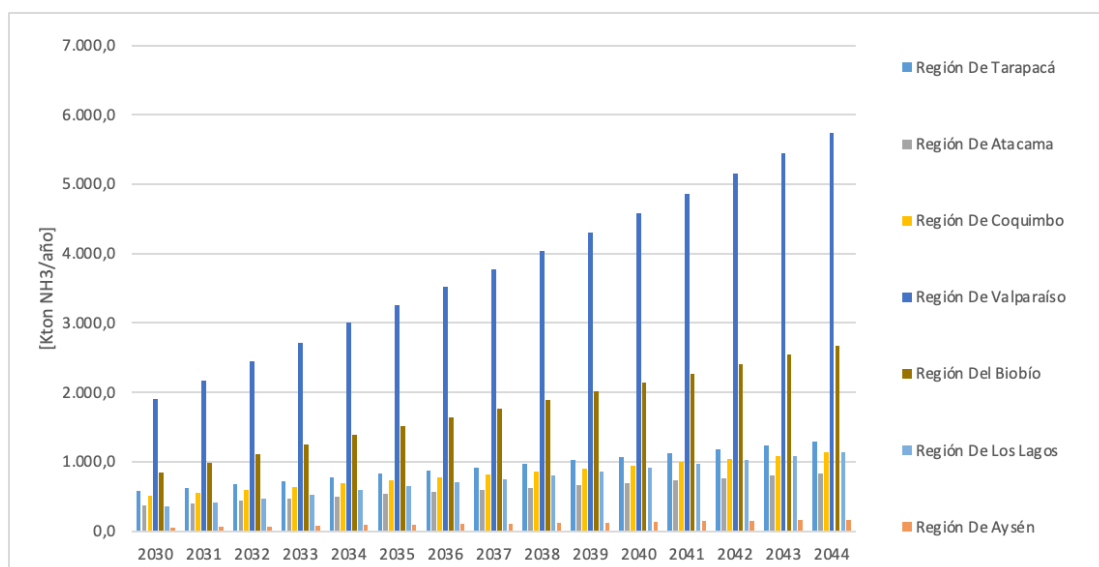
La Zona Central, que comprende desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Ñuble, incluida la Metropolitana, sería abastecida desde terminales emplazados en la Región de Valparaíso.

Las instalaciones portuarias localizadas en la Región del Biobío abastecerían su propio consumo y el de la Región de La Araucanía y la Región de Los Ríos.

La Región de Los Lagos lo haría a través de terminales locales. Lo mismo ocurriría en el caso de la Región de Aysén, sin descartar la opción de utilizar el modo terrestre.

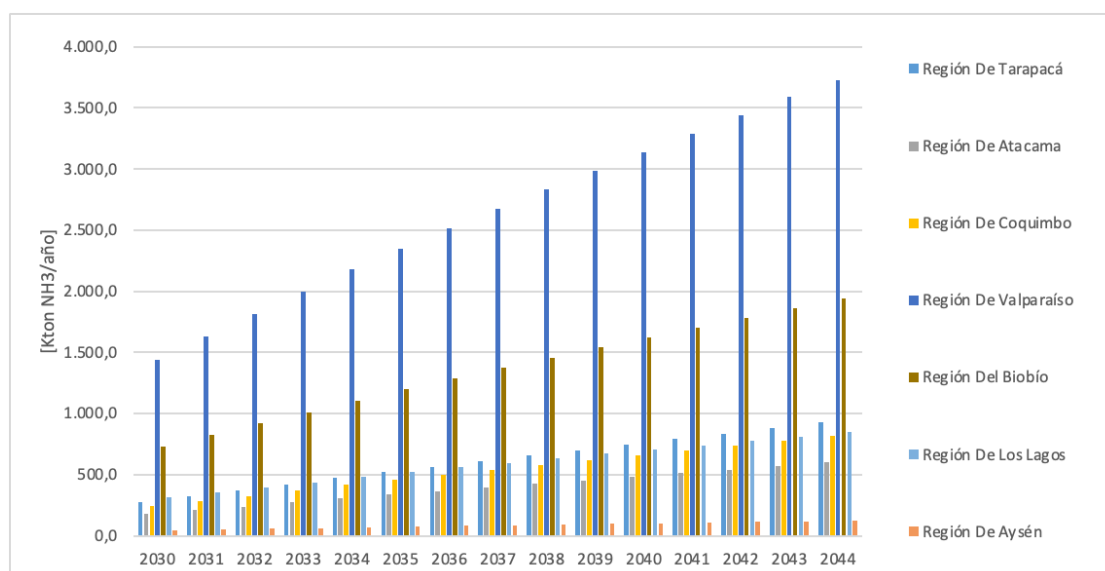
A continuación, desde el Gráfico 6-35 al Gráfico 6-37 se presentan los volúmenes de tráfico de cabotaje a ser desembarcado en instalaciones portuarias de las regiones seleccionadas.

Gráfico 6-35 Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por región en escenario optimista



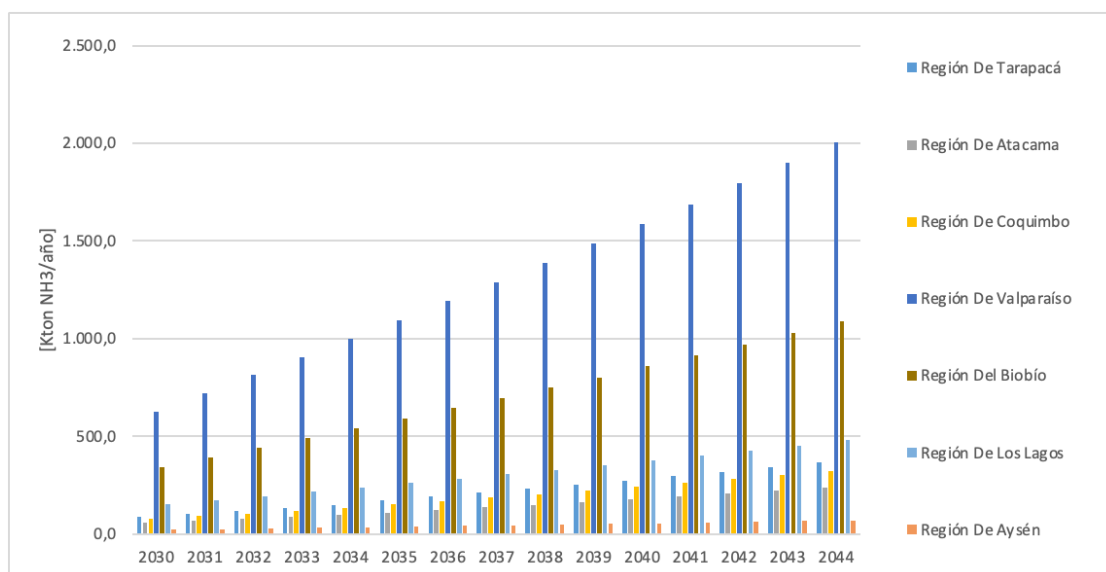
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-36 Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por región en escenario intermedio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-37 Volumen de cabotaje de amoníaco a ser descargado por Región en escenario conservador



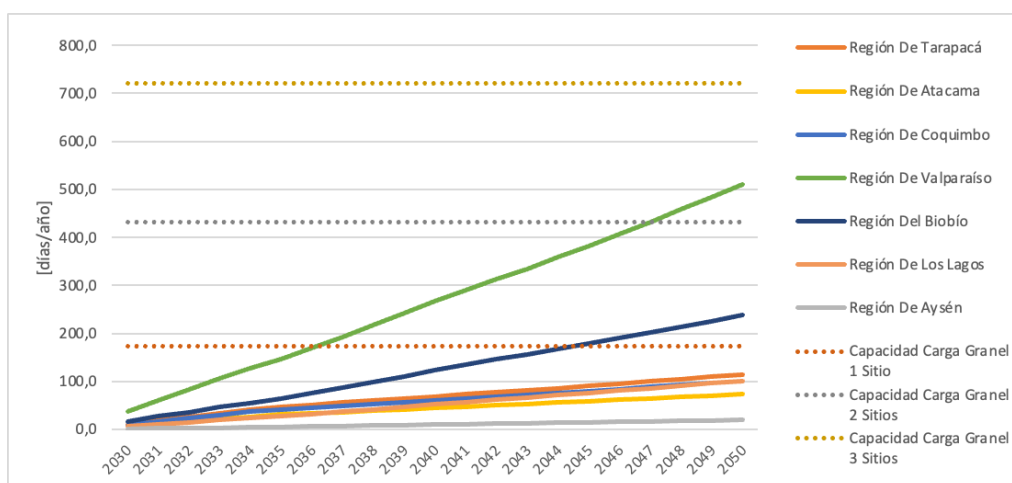
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, los volúmenes en el año 2050 a ser desembarcados para abastecer las demandas de las regiones de la Zona Central fluctuarían entre 6 y 2 millones de toneladas. En la Región del Biobío el rango se movería entre 3 y 1 millón de toneladas.

6.5.2 Cuantificación de la infraestructura adicional

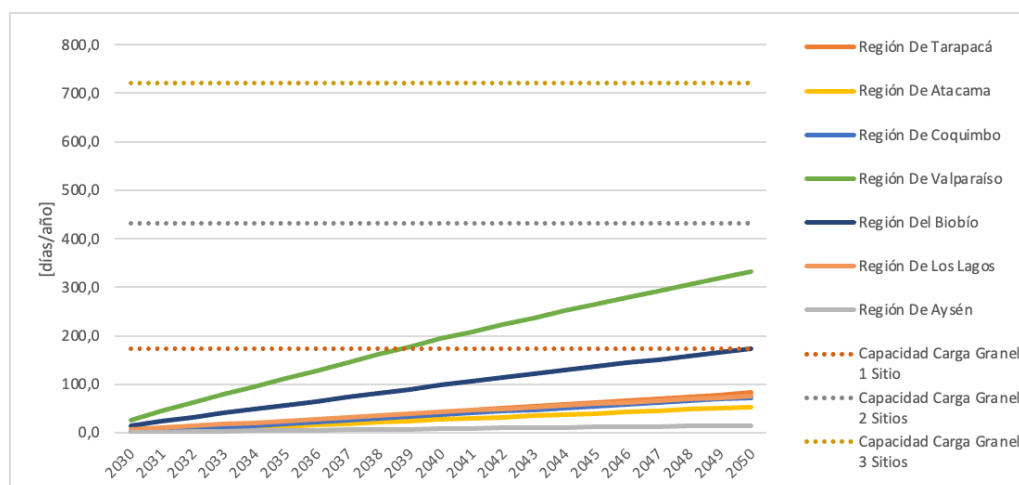
A continuación, entre el Gráfico 6-38 y el Gráfico 6-40 se presenta la relación demanda-capacidad nave-muelle que permite identificar la cantidad de sitios de atraque necesarios para el desembarque de cabotaje de amoníaco a través de instalaciones portuarias de las regiones seleccionadas en cada uno de los escenarios de producción definidos.

Gráfico 6-38 Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario optimista



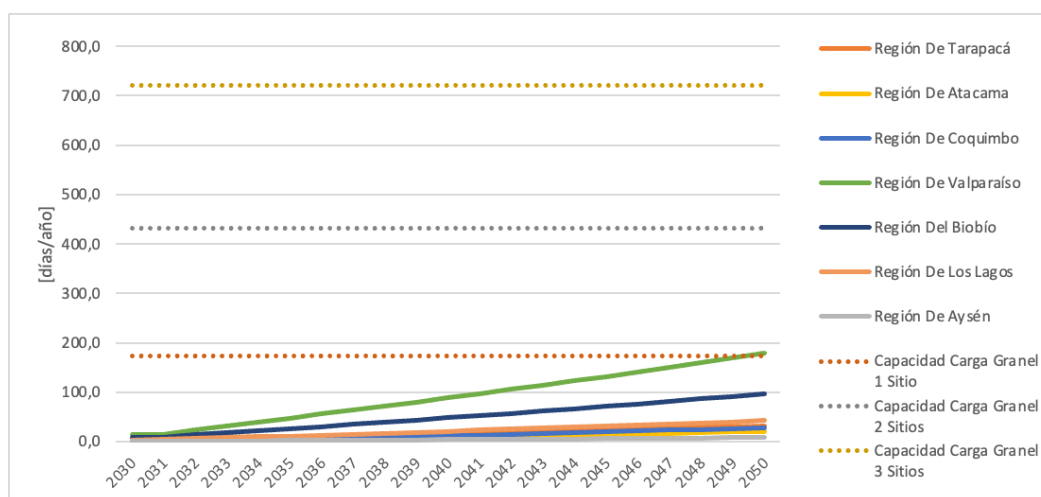
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-39 Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario intermedio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-40 Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje en regiones bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

Para efectos de cuantificar la demanda por infraestructura portuaria se ha supuesto una velocidad de desembarque de 500 toneladas por hora en cada terminal, con la excepción de la Región de Aysén donde se ha establecido en 370 toneladas por hora.

En el escenario optimista sería necesario poder disponer de al menos dos terminales en la Región de Valparaíso y cada uno debiera contar con un sitio y una superficie de acopio de al menos 2 ha, para el emplazamiento de los estanques. En las demás regiones tal superficie debiera ser al menos un terminal cada uno con un sitio y una superficie de 1 ha.

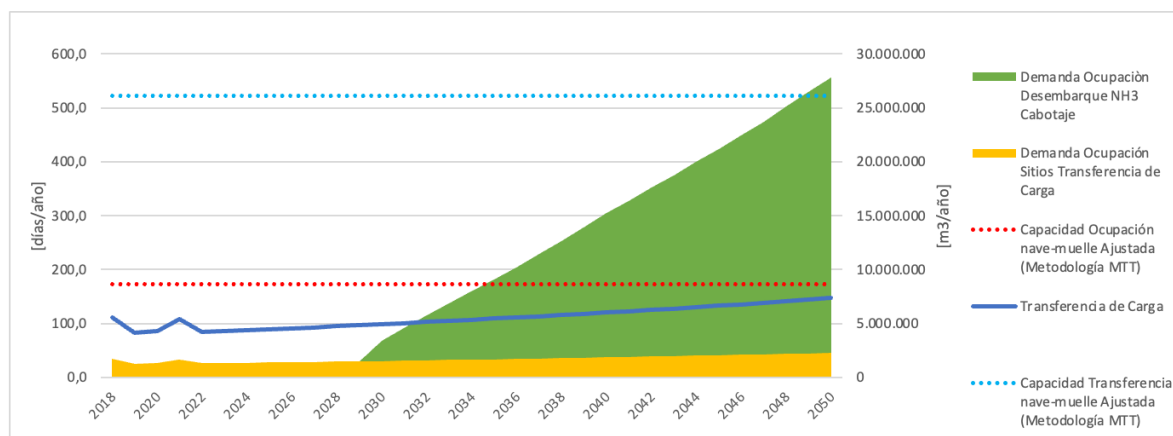
Cabe señalar que en la actualidad se dispone de ductos que conectan la bahía de Quintero con la Región Metropolitana para efectos su abastecimiento de combustibles. Sin embargo, también es posible abastecer dicha región desde la Región del Biobío, también a través de ductos, de manera de reducir los riesgos de su desabastecimiento. Por lo anterior, sería necesario considerar la necesidad de mayor capacidad portuaria en la Región del Biobío para mantener bajo el riesgo.

6.5.3 Relación demanda - capacidad portuaria de cabotaje

En la bahía de Quintero no existe ningún terminal que cuente con las autorizaciones para el desembarque de amoníaco. No obstante, a continuación, en el Gráfico 6-41 y Gráfico 6-42 se presenta la relación demanda-

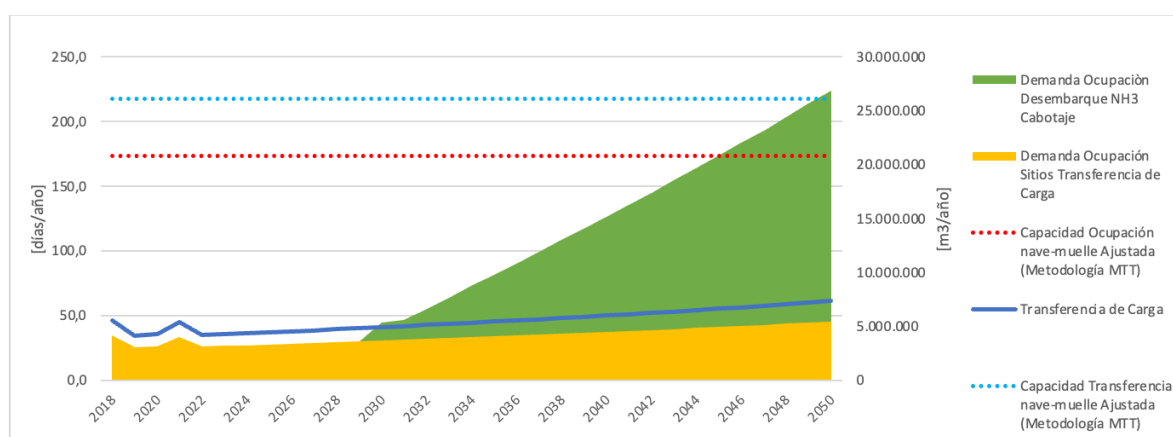
capacidad de transferencia nave-muelle en el caso que el propietario del Terminal Marítimo GNL Quintero tomase la decisión de atender el desembarque de cabotaje, obtuviese las autorizaciones respectivas y constase con las áreas para el acopio asociado.

Gráfico 6-41 Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje a través del Terminal Marítimo GNL Quintero bajo escenario de producción optimista



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-42 Relación demanda-capacidad nave-muelle para desembarque de amoníaco por cabotaje a través del Terminal Marítimo GNL Quintero bajo escenario conservador



Fuente: Elaboración propia

En el horizonte de proyección la capacidad del terminal no sería suficiente para atender la demanda proyectada.

6.5.4 Descripción conceptual de la infraestructura necesaria para cabotaje

En virtud de lo crítico que resulta mantener el abastecimiento de la Zona Central, se debiera considerar la habilitación de nuevos terminales para el desembarque del cabotaje de amoníaco, como los modelados.

7 Conclusiones

7.1 Aspectos de carácter general

La estructura del sistema portuario, conformado por dos grandes grupos de puertos, aquellos que tienen el carácter de público y cuya propiedad pertenece al Estado, y aquellos que son privados cuyo uso puede ser privado o público, genera ciertas dificultades para asegurar desarrollos donde prime el interés de una política de Estado, mientras no existan condiciones de demanda que pudieran interesar al privado.

Si bien el privado recibe un derecho desde la potestad del Estado en otorgársela, consistente en el uso de un bien nacional de uso público, sus posibilidades de intervenir posteriormente están sujetas a la voluntad del privado.

En el caso de las empresas estatales la relación con el privado es distinta, porque está sujeta a un contrato entre las partes, logrado a través de una licitación pública. Sin embargo, existen algunas que no cuentan con concesionarios; pero si deben recurrir a ellos cuando pretendan aumentar sus frentes de atraque.

En el caso específico de este estudio y dado sus resultados, esta situación no es tan compleja para el caso de la carga de exportación y de cabotaje, porque se trata de una producción con demanda permanente, proyectada en el largo plazo y porque es posible la integración vertical. Mientras que, en el caso de la carga de proyectos, donde la demanda es transitoria, la situación es distinta. Más aún cuando la infraestructura existente ha respondido y las exigencias futuras, como se señala más adelante, no son tan interesante como para activar, por sí mismas, inversiones por nuevos frentes de atraque, salvo que existan otras motivaciones que consideren a este tipo de terminal como integrado al proyecto en su conjunto, para lograr un menor grado de independencia.

Respecto a cómo se ha comportado el sistema portuario, a partir de los indicadores, las opiniones recogidas en el desarrollo del estudio y la propia percepción de los consultores, se puede concluir que este ha sido capaz de responder a los requerimientos que se han generado por la carga de proyecto ligada a los desarrollos eólicos o solares en términos globales; sin embargo, desde un punto logístico, existen brechas de eficiencia para resolver, especialmente respecto a la carga sobredimensionada de proyectos eólicos. Por ejemplo, la lentitud en las operaciones debido a la baja prioridad que le dan los puertos a este tipo de carga y a las dificultades para su desplazamiento hacia los lugares de acopio. Se observa una demanda por una mayor coordinación y complicidad entre las partes involucradas para avanzar en la implementación de las soluciones que se requieren.

En el caso de la distribución de combustible, el periodo de adaptación podría ser muy complejo debido a que deberán convivir dos sistemas en paralelo, y porque en algunas regiones se deberán crear las condiciones para contar con, a lo menos, un terminal. Se sugiere generar las condiciones para planificar oportunamente una solución al respecto.

7.2 La situación en la Zona Norte

Carga de proyectos solares

La carga de proyectos solares, por el hecho de ser transportada en contenedores, no representa mayores problemas por razones cuantitativas y por ser una demanda continua y permanente en el tiempo. El sistema portuario cuenta con puertos especializados, con capacidad aún suficiente, amplia oferta naviera y experiencia operacional para atender este tipo de carga.

Carga de proyectos eólicos

La carga de proyecto relacionada con la energía eólica requeriría la existencia de un sitio adicional en la Región de Antofagasta, a menos que el Complejo Portuario Puerto Angamos reduzca su transferencia actual debido a una menor incidencia de la carga de concentrados o que otros terminales de la zona capten parte de esta carga. La demanda por un sitio adicional es necesaria, incluso, sin considerar el aporte de la carga de proyecto proyectada, lo que sugiere un grado de urgencia para proyectar una solución.

Ante la ausencia de proyectos en desarrollo en la Zona Norte, al hecho que la solución no pasa por un proyecto que pudiera emprender la empresa portuaria estatal de la región, debido a impedimentos viales para trasladar la carga a destino y, a que la demanda es de un solo sitio, haciendo improbable el interés privado por proveerlo, se sugiere alentar otras soluciones como coordinar esfuerzos con puertos ubicados en las

Regiones de Atacama y Coquimbo para implementar una solución al respecto. Según las proyecciones obtenidas, la situación comenzaría a complejizarse a contar del año 2028.

Embarque de carga de exportación y cabotaje

Para el embarque de carga de exportación y cabotaje, en la Zona Norte se requerirían de 6 sitios, los que podrían ser provistos por puertos privados en estado de reconversión. En la Bahía de Mejillones, existen 4 terminales que se encuentran en condiciones para ser reutilizados en el embarque de productos. Además de otras alternativas de terminales ubicadas en Iquique, Tocopilla, Caldera y Huasco. Un factor para considerar son los lugares donde se emplazarían las plantas de producción.

La falta de capacidad comenzaría a sentirse a partir del año 2030, por lo que se sugiere una coordinación pública privada para asegurar una solución al respecto.

Desembarque de carga de cabotaje

Para la distribución de la carga de cabotaje al interior de la zona, se requiere contar con un sitio en cada una de las regiones, con la excepción de la Región de Arica y Parinacota, la cual sería abastecida por vía terrestre desde la Región de Antofagasta. La capacidad de transferencia debería ser, al menos, de 500 ton/h y un área operacional mayor a una 1 ha.

En la Regiones de Tarapacá y Atacama existen alternativas privadas que podrían expandirse, pero no así en la Región de Coquimbo, donde se debe promover la existencia de un terminal.

7.3 La situación en la Zona Sur

Carga de proyectos eólicos

En esta Zona, el problema se genera en el Terminal J.S. Mardones de la empresa portuaria estatal ubicada en Punta Arenas, donde se requiere de una extensión de 200 m y la incorporación de dos grúas, además del reforzamiento del sitio actual, proyecto que se encuentra en curso.

La situación, de acuerdo con las proyecciones, comenzará a ser crítica a contar del año 2028/2029, lo que se traduce en la necesidad de disponer de esta alternativa a contar del año 2027.

En la Región de Magallanes y la Antártica Chilena existen varias iniciativas en curso para atender la carga de proyectos eólicos. Una de ellas promovida por ENAP y otras por empresas privadas. La urgencia que muestran las proyecciones debería conducir a buscar una solución que facilite el inicio de los primeros proyectos, sin perjuicio que, en plazos mayores, pudieran surgir otras alternativas.

Embarque de carga de exportación y cabotaje

Para el embarque de carga de exportación y cabotaje, en esta Zona se requerirían de 5 sitios, los que podrían ser provistos por las alternativas que se encuentra desarrollando ENAP y algunas empresas privadas. En la Región existen 4 terminales inhabilitados por DIRECTEMAR que podrían reconvertirse y 2 más con posibilidades de expansión. En el año 2030 comenzarían a sentirse la falta de sitio para este tipo de carga.

Los terminales para el embarque de la carga de exportación y cabotaje deberían tener una velocidad de transferencia de 800 ton/h y disponer más de 2 ha por sitio.

Desembarque de carga de cabotaje

Esta Zona sería el centro distribuidor para la Zona Centro y Sur del país. Por el hecho que desde aquí se distribuiría combustible hacia la Región de Valparaíso para su propio consumo y para distribuirlo hacia la Región Metropolitana (actualmente se usan ductos) se requiere de un plan que asegure la convivencia entre los dos sistemas.

La conexión desde esta zona hacia otras requiere que en la Región de Valparaíso existan, a lo menos, dos sitios con una superficie mayor a 2 ha y una velocidad de desembarque de 500 ton/h. Lo mismo se requeriría para la Región del Biobío, con la diferencia de que en la Región de Valparaíso el plazo para tenerlo es el año 2036, mientras que para la Región del Biobío lo es para el año 2047, aunque es necesario tener presente que se debe tener capacidad excedentaria para enfrentar periodos de crisis.

En ambas regiones existen diversas alternativas de terminales privados que podrían ser alternativas de solución, para lo cual, algunos deberían reconvertirse o expandirse. En el caso de Rapa Nui existe una alternativa estatal que debería expandirse.

Para las Regiones de Los Lagos y Aysén, se requerirá de un sitio con velocidades de transferencia de 500 y 370 ton/h; y áreas de 2 y 1 ha, respectivamente. En ambas regiones existen alternativas privadas que podrían expandirse. En el caso de Puerto Williams existe una alternativa estatal que debería expandirse.

Para la carga de cabotaje se sugiere elaborar un plan destinado a resolver las dificultades que surgirán en la etapa de transición.

8 Anexos

8.1 Anexo 1: Contenido planilla “Terminales marítimos”

Tabla 8.1 Contenido hojas planilla “Terminales marítimos”

Hoja	Contenido
Parámetros	- Factores para el cálculo de capacidad de transferencia nave-muelle según Metodología MTT - Asignación de regiones por zonas identificadas Nomenclatura de tipos de carga utilizadas y el tipo de sitio aplicable para el cálculo de capacidad de acuerdo con Metodología MTT
Puertos y terminales	- Puerto o terminal según resolución de DIRECTEMAR - Propietario - Ciudad - Región – Nombre - Latitud: según Resolución de DIRECTEMAR - Longitud: según Resolución de DIRECTEMAR - N° Orden: para poder ordenarlos de norte a sur del país - Zona: Norte comprende desde Región de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo; - Sur comprende desde Región del Biobío a Región de Magallanes y la Antártica Chilena; - y - Tipo Propietario: Estatal o privado - Tipo Uso: Público o privado - Régimen tenencia área: Recinto portuario según Ley N° 19.542 o Concesión marítima de acuerdo con DFL N° 340 - Ha desembarcado proyectos de energía: Si o No - Ha embarcado/desembarcado hidrógeno y/o derivado: Si o No - Categoría: Embarque exportación, Embarque exportación contenedorizada, Desembarque cabotaje, Desembarque equipos eólicos y desembarque componentes eólicos, incluyendo combinaciones según el caso, y No Apto - Causas: contiene fundamento de categoría asignada - Superficie áreas terrestre - Superficie áreas marítimas - Zona extraportuaria - Descripción del terminal Productos
TD Puertos y Terminales	Tabla dinámica que presenta el número de puertos y terminales según zona propiedad y tipo de uso
Sitios	- Puerto o terminal según Resolución de DIRECTEMAR - Propietario - Sitio: según denominación Resolución de DIRECTEMAR - Longitud - Calado máximo - Eslora máxima - DWT máximo - Frente de atraque: al que pertenece - Latitud: según Resolución DIRECTEMAR - Tipo carga: CG, GS, GL, Rodados, Pasajeros (Pax), Remolcadores, y combinaciones de ellas - Resolución de DIRECTEMAR - Categoría: ver hoja puertos y terminales N° Orden: ver hoja puertos y terminales
Frentes de Atraque	- Puerto o terminal según Resolución de DIRECTEMAR - Propietario - Ciudad - Tipo propietario: ver hoja puertos y terminales - Tipo uso: ver hoja puertos y terminales

	• N° orden: ver hoja puertos y terminales • Zona: ver hoja puertos y terminales • Categoría: ver hoja puertos y terminales • Frente de atraque: ver hoja sitios • Operador • Tipo infraestructura: Multi Boya, Muelle, Pontón Flotante, Mono Boya o Rampa • Tipo Carga: ver hoja sitios • Tipo de Línea de atraque: Granel o Mixta, según Metodología de MTT para cálculo capacidad transferencia nave-muelle • Cantidad de sitios • VT Revisión equipo consultor: Velocidad de Transferencia según opinión experta • VT promedio Tabla 11.2 BEM: Promedio de las velocidades de transferencia por productos informada en Tabla 11.2 de BEM 2022 • VT Utilizada Capacidad Estimada: Velocidad de Transferencia aplicada para estimar capacidad de transferencia nave-muelle según Metodología MTT • Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Estimada MTT (Ton/año): según VT Utilizada Capacidad Estimada • Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Informada (Ton/año): según señala Plan Maestro de empresas portuarias estatales o publicación WEB • Capacidad Transferencia Nave-muelle Potencial Informada (Ton/año): según señala Plan Maestro de empresas portuarias estatales o publicación WEB • Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual (Ton/año): estimada o informada según el caso • Superficie Frente de Atraque • Superficie Almacenamiento Cubierto Granel • Superficie Almacenamiento Cubierto General • Superficie Almacenamiento Semi Cubierto Carga Peligrosa • Superficie Almacenamiento Descubierta Carga Granel • Superficie Almacenamiento Descubierta Carga General • Capacidad Nave-muelle • Capacidad Almacenamiento TEU • Capacidad Almacenamiento Graneles limpios • Capacidad Almacenamiento Graneles Minerales • Capacidad Almacenamiento Carga General • Capacidad Almacenamiento Graneles Líquidos
TD Frentes de Atraque	Tabla dinámica que presenta Capacidad de Transferencia Informada, Estimada y total de cada terminal, según Zona, Tipo de Línea de Atraque y N° Orden
VT Cuadro 11-2 BEM	• Terminal según Resolución de DIRECTEMAR • Propietario • Frente de Atraque • Productos • VT (Ton/hora): Recepción o Entrega Velocidades de transferencia (Ton/hora): informada en Tabla 11.2 de BEM 2022
Demanda	• Puerto/Terminal Marítimo • Frente de Atraque N° • 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022: estadísticas de demanda de respectivo año • Fuente • Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Estimada MTT (Ton/año) • Capacidad Transferencia Nave-muelle Actual Informada (Ton/año) • Capacidad Transferencia Nave-muelle Potencial Informada (Ton/año) • Categoría • N° Orden
TD Demanda Capacidad	Tabla dinámica que presenta para los puertos de desembarque de Equipos y Componentes Eólicos sus datos de demanda y capacidad
Boletín Estadístico Marítimo BEM	Contiene las estadísticas de tonelaje por año, región, puerto, destinación, movimiento, tipo carga y zona, para el período 2018-2022
TD BEM	Tabla Dinámica que presenta tonelaje movilizado por Región, Puerto, Destinación, Movimiento y Tipo Carga, por año 2018 a 2022

TD BEM Zona	Resumen por año de Tipo Carga Por Zona
TD BEM Propiedad y uso	Tabla Dinámica que presenta el tonelaje transferido el año 2022, según Zona, tipo de uso y tipo de carga
BEM 2022 Cuadro 11-2	• Puerto/Terminal Marítimo • Propietario ° • Sitio • Productos • Transferencia Recepción (Ton/hora) Transferencia Entrega (Ton/hora)
Navieras/Puerto	Identifica las navieras que operan en cada puerto y señalando los casos de naves spot
Naviera/Servicio	Se identifican Servicios a que pertenecen algunas líneas navieras
Tabla 11.2 BEM 2022	Transcribe Cuadro 11.2 BEM año 2022

Fuente: Elaboración propia

8.2 Anexo 2. Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)

En la Tabla 8.2, que se presenta a continuación, se señalan todos los terminales que pueden ser utilizados, reconvertidos y/o rehabilitados para la industria del Hidrógeno y sus derivados. Todos ellos deben cumplir con las Normativas y Reglamentos vigentes. Es así que para los que requieran “re-habilitarse” deben contar con la aprobación de la Dirección de Obras Portuarias, que verifica el estado de infraestructura a través de un estudio de Ingeniería mandado por el propietario y/o concesionario, así también, por la DIRECTEMAR, quienes evaluarán a través de un nuevo Estudio de Maniobrabilidad las operaciones de atraque, desatraque y permanencia de la nave en el terminal, de acuerdo a las variables ambientales analizadas y los recursos disponibles en el área. Si ello es factible, paralelamente se debiese ingresar al SEA un Estudio de Impacto Ambiental o una DIA, con las nuevas cargas a movilizar, entre otros.

Tabla 8.2 Terminales de descarga de carbón factibles de reconversión

Región	Comuna	Central	Empresa	Fecha	Reconversión	Puerto o terminal
Arica y Parinacota	Iquique	Tarapacá CT Tar	Enel		Cerrada	Terminal Marítimo Patache
Antofagasta	Mejillones	Angamos 1	Aes Chile	dic-25	Reconversión a Carnot	TGN
Antofagasta	Mejillones	Angamos 2	Aes Chile	dic-25	Reconversión a Carnot	TGN
Antofagasta	Mejillones	IEM	Engie	dic-25	Reconversión a GNL	Puerto Mejillones
Antofagasta	Mejillones	Hornitos CTH	Engie	dic-25	Reconversión a biomasa	Puerto Mejillones
Antofagasta	Mejillones	Andina CTA	Engie	dic-25	Reconversión a biomasa	Puerto Mejillones
Antofagasta	Mejillones	Cochrane CCh1	Aes Chile	antes de 2041	Cierre sin compromiso	TGN
Antofagasta	Mejillones	Cochrane CCh2	Aes Chile	antes de 2041	Cierre sin compromiso	TGN
Antofagasta	Mejillones	CTM1	Engie	dic-24	Retiro	Puerto Mejillones
Antofagasta	Mejillones	CTM2	Engie	dic-24	Retiro	Puerto Mejillones
Antofagasta	Tocopilla	Norgener NTO1	Aes Chile	dic-25	Retiro	Terminal Marítimo Electro Andina
Antofagasta	Tocopilla	Norgener NTO2	Aes Chile	dic-25	Retiro	Terminal Marítimo Electro Andina
Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla U12	Engie		Cerrada	Terminal Marítimo Electro Andina
Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla U13	Engie		Cerrada	Terminal Marítimo Electro Andina
Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla U14	Engie		Cerrada	Terminal Marítimo Electro Andina
Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla U15	Engie		Cerrada	Terminal Marítimo Electro Andina
Atacama	Huasco	Guacolda U3	Guacolda	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Muelle Mecanizado Guacolda I

Atacama	Huasco	Guacolda U5	Guacolda	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Muelle Mecanizado Guacolda I
Atacama	Huasco	Guacolda U1	Guacolda	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Muelle Mecanizado Guacolda I
Atacama	Huasco	Guacolda U2	Guacolda	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Muelle Mecanizado Guacolda I
Atacama	Huasco	Guacolda U4	Guacolda	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Muelle Mecanizado Guacolda I
Valparaíso	Puchuncaví	Campiche	Aes Chile	dic-25	Retiro	Puerto Ventanas
Valparaíso	Puchuncaví	Nueva Ventanas	Aes Chile	dic-25	Retiro	Puerto Ventanas
Valparaíso	Puchuncaví	Ventanas 1	Aes Chile	dic-20	Cerrada	Puerto Ventanas
Valparaíso	Puchuncaví	Ventanas 2	Aes Chile	dic-24	Retiro	Puerto Ventanas
Del Biobío	Coronel	Santa maría	Colbún	antes de 2041	Cierre sin compromiso	Puerto Coronel
Del Biobío	Coronel	Bocamina 1	Enel		Cerrada	Portuaria Cabo Froward S.A.
Del Biobío	Coronel	Bocamina 2	Enel		Cerrada	Portuaria Cabo Froward S.A.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Ministerio de Energía, 2020) (Ministerio de Energía, 2023) (bnamericas, 2023)

8.3 Anexo 3. Proyectos eólicos en operación

Tabla 8.3 Proyectos eólicos en operación

Proyecto	Región	Comuna	Aerog.	Proyecto	Región	Comuna	Aerog.
Valle de los Vientos	Antofagasta	Calama	45	Ucuquer 1	O'Higgins	Litueche	4
Taltal	Antofagasta	Taltal	33	Ucuquer2	O'Higgins	Litueche	5
Tchamma	Antofagasta	Calama	35	Lebu III	Biobío	Lebu	3
Tigre	Antofagasta	Antofagasta	44	Lebu	Biobío	Lebu	9
Calama	Antofagasta	Calama	36	El Arbol	Biobío	Lebu	3
Sierra Gorda	Antofagasta	Sierra Gorda	56	Las Peñas	Biobío	Arauco	4
Atacama	Atacama	Freirina	29	Huajache	Biobío	Lebu	2
San Juan 2	Atacama	Freirina	9	Raki	Biobío	Lebu	3
San Juan 3	Atacama	Freirina	9	La Esperanza	Biobío	Negrete	5
San Juan 4	Atacama	Freirina	10	Cuel	Biobío	Los Ángeles	22
San Juan 5	Atacama	Freirina	8	Alena	Biobío	Los Ángeles	18
San Juan 6	Atacama	Freirina	10	Mesamávida	Biobío	Los Ángeles	12
Cabo Leones III	Atacama	Freirina	44	Los Olmos	Biobío	Mulchén	23
San Juan 1	Atacama	Freirina	10	Campo Lindo	Biobío	Los Ángeles	15
Cabo Leones II	Atacama	Otra	49	Buenos Aires	Biobío	Los Ángeles	12
Sarco	Atacama	Freirina	50	Lo. de Duquenco	Biobío	Los Ángeles	14
Talinay Oriente II	Coquimbo	Ovalle	15	El Nogal	Biobío	Mulchén	3
Talinay Oriente I	Coquimbo	Ovalle	30	El Maitén	Biobío	Laja	3
Punta Palmera	Coquimbo	Punta Canela	15	Negrete	Biobío	Negrete	10
El Arrayán	Coquimbo	Limarí	50	La Flor	La Araucanía	Renaico	9
Punta Sierra	Coquimbo	Los Vilos	32	Tolpán Sur	La Araucanía	Renaico	28
Punta Colorada	Coquimbo	La Higuera	10	Renaico 1	La Araucanía	Renaico	44
Monte Redondo 1	Coquimbo	Canela	19	Renaico 2	La Araucanía	Renaico	32
Monte Redondo 2	Coquimbo	Canela	5	San Gabriel	La Araucanía	Renaico	61
Parque Los Cururos 1	Coquimbo	Ovalle	35	Malleco Norte	La Araucanía	Collipulli	39

Parque Los Cururos 2	Coquimbo	Ovalle	22	Malleco Sur	La Araucanía	Collipulli	39
Canela 1	Coquimbo	Canela	40	San Pedro 1	Los Lagos	Dalcahue	20
Canela 2	Coquimbo	Canela	11	San Pedro 2	Los Lagos	Dalcahue	13
Totoral 2	Coquimbo	Canela	23	Puelche Sur	Los Lagos	Frutillar	32
Talinay Poniente 1	Coquimbo	Ovalle	17	Aurora	Los Lagos	Llanquihue	43
Talinay Poniente 1	Coquimbo	Ovalle	15	Cabo Negro	Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	3
La Estrella	O'Higgins	La Estrella	11	Haru Oni	Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Comisión Nacional de Energía, 2023)

8.4 Anexo 4. Equipamiento en puertos y terminales seleccionados para desembarque de carga de proyecto

Tabla 8.4 Equipamiento en puertos y terminales para desembarque carga proyecto

Puerto	Frente de atraque	Equipamiento
Puerto Arica	Frente de atraque N° 1	5 grúas móviles de 100 ton, 8 reach stacker, 3 grúas horquilla, 20 tracto camión, 25 semirremolques
Puerto Iquique	Frente de atraque N° 1	Esquema multioperador
	Frente de atraque N° 2	4 grúas móviles, 9 reach stacker, 14 tracto camión
Complejo Portuario Mejillones	Único	6 grúas de 100 y 126 ton, 12 reach stacker, 5 toplifter, 33 tracto camión, 33 roll trailers, 37 grúas horquilla
Puerto Antofagasta	Frente de atraque N° 1	Bajo el Esquema multioperador el equipamiento es provisto por la empresa que realiza la transferencia y es variable
	Frente de atraque N° 2	4 grúas móviles 100 ton, 1 Manitou, 5 Reach stacker
Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Único	1 brazo de carga, 1 línea descarga ácido sulfúrico
Muelle Punta Caleta	Único	5 tracto camión, 4 grúas horquilla de 8 toneladas, 12 grúas horquilla de 3 toneladas, 2 grúas de contenedores
Muelle Multipropósito Puerto Las Losas	Único	Brazo de carga graneles, cinta reversible carga graneles, 2 grúas móviles
Puerto Coquimbo	Único	8 cargadores frontales, 1 grúa móvil de 100 ton, 2 grúas móviles 125 ton, 3 tractocamión con semirremolque, 9 grúas horquilla, 3 grúas portacontenedores de 42 ton
Puerto Valparaíso	Frente de atraque N° 1	8 grúas pórtico, 1 grúa móvil 100 ton, 15 <i>rubber tired gantry crane</i> , 17 porta contenedores, 10 grúas horquilla, 43 tractocamiones
	Frente de atraque N° 2	2 grúas móviles 100 ton
Puerto San Antonio	Molo Sur	8 grúas pórtico, 8 RTG, 12 reach stacker, 18 toplifter
	Espigón	7 grúas pórtico, 14 RTG, 9 reach stacker, 4 trailer
Puerto Talcahuano	Único	5 yomas pesca, 1 grúa móvil
Puerto San Vicente	Único	2 grúas pórtico, 2 grúas móviles 100 ton
DP World Lirquén	Muelle N° 1	15 grúas horquilla; 16 ton
	Muelle N° 2	2 grúas pórtico, 6 grúas móviles de 104 ton, 35 grúas horquilla, 30 tractocamión, 31 chasis, 104 Grúas portacontenedores
Puerto Coronel	Muelle Norte	2 grúas móviles 50 ton, 45 grúas horquilla, 15 grúas prensa
	Muelle Sur	5 grúas pórtico, 19 Reach stacker, 35 chasis, 38 tractocamión
Muelle Comercial de Corral	Único	Brazo de carga astillas
Puerto de Puerto Montt	Muelle Comercial	3 grúas eléctricas 3 ton
Puerto Chacabuco	Muelle Comercial	Esquema Multioperador
Terminal J.S. Mardones	Único	Esquema Multioperador
Muelle Bahía Laredo	Único	Equipos de la nave

Fuente: (DIRECTEMAR (b), 2023); (DIRECTEMAR (a), s.f.), páginas web de terminales y fuentes propias

8.5 Anexo 5. Levantamiento de la situación de las concesiones marítimas

Para efectos de identificar las posibles restricciones asociadas a las concesiones marítimas vigentes se procedió a transcribir los datos de latitud y longitud de los vértices disponibles que conforman los polígonos de áreas concesionadas señaladas en los respectivos decretos y resoluciones presentados en (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (a), s.f.) En ella, la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas pone a disposición pública antecedentes respecto de las concesiones, destinaciones, permisos y autorizaciones, vigentes y en trámite, así como caducadas y derogadas, entre otras. Ellos se encuentran contenidos en la carpeta “Polígonos Concesiones Marítimas puertos y terminales seleccionados” adjunta al presente Informe.

A modo de ejemplo, en la Ilustración 8-1, que se presenta a continuación, es posible visualizar los polígonos que conforman las áreas objeto de concesión marítima de los puertos seleccionados emplazados en la Bahía de Mejillones.

Ilustración 8-1 Polígonos de áreas de concesiones marítimas de puertos y terminales seleccionados emplazados en la Bahía de Mejillones



Fuente: (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (a), s.f.)

Respecto de la información contenida y según el trabajo realizado es posible señalar:

- No fue posible encontrar las concesiones marítimas de todos los puertos seleccionados.
- No fue posible disponer de todos los polígonos de las instalaciones de las empresas concesionarias.
- Los datos de latitud y longitud no siempre coinciden con la ubicación de las instalaciones.

En base a la revisión de los polígonos disponibles para los puertos y terminales seleccionados afectos a concesión marítima, es posible señalar, en relación con las restricciones de desarrollo de nuevos proyectos, lo siguiente:

- En general, los deslindes de las concesiones marítimas coinciden con las instalaciones existentes.
- El desarrollo de proyectos emplazados dentro de las concesiones existentes no requeriría de modificaciones de sus deslindes, sin perjuicio de aquellas otras autorizaciones que le sean exigible.

8.6 Anexo 6. Proyección de capacidad instalada fotovoltaica y eólica según escenario

Tabla 8.5 Capacidad instalada asociada a cada escenario de producción de hidrógeno en [MW]

	Fotovoltaico	Eólico	Total
Optimista			
2030	9.893,6	4.681,3	14.574,9
2040	73.740,0	28.149,7	101.889,7
2050	132.689,2	50.653,0	183.342,2
Intermedio			
2030	3.751,7	1.775,2	5.526,8
2040	33.398,3	12.749,5	46.147,9
2050	62.699,2	23.934,9	86.634,1
Conservador			
2030	2.247,6	1.063,5	3.311,1
2040	15.362,0	5.864,3	21.226,4
2050	31.703,3	12.102,5	43.805,7

Fuente: (Ministerio de Energía, 2023)

Tabla 8.6 Supuestos para el cálculo de la potencia instalada asociada a cada escenario de proyección de producción de hidrógeno en [MW]

Parámetro	Valor	Fuente de información
Factor de Utilización Ez on-grid	90%	
Factor de Utilización Ez off Norte solar	35%	
Factor de Utilización Ez off Sur eólico	55%	
% de producción Norte 2030	57%	Proyectos identificados
% de producción Sur 2030	43%	Proyectos identificados
% de producción Norte 2040 y 2050	62%	GIZ, Tractebel
% de producción Sur 2040 y 2050	38%	GIZ, Tractebel
Energía no consumida x Ez Norte	9%	
Energía no consumida x Ez Sur	12%	
Factor de Planta Norte	30%	Curva de Explorador Solar para Zona Antofagasta
Factor de Planta Sur	50%	Curva de Explorador Eólico para Zona Magallanes

Fuente: (Ministerio de Energía, 2023)

9 Referencias

- bnaamericas. (29 de agosto de 2023). *Radiografía a la retirada del carbón en Chile*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://www.bnaamericas.com/es/noticias/la-retirada-del-carbon-en-chile-la-situacion-actual>
- COCHILCO. (4 de octubre de 2022). *Proyección de la producción de cobre en Chile 2022 - 2033. DEPP 30/2022*. Pág. 5. Recuperado el octubre de 2023, de <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Proyecci%C3%B3n%20de%20la%20producci%C3%B3n%20esperada%20de%20cobre%202022-2033.pdf>.
- Comisión Nacional de Energía. (noviembre de 2023). *Electricidad-capacidad instalada*. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de Reporte Capacidad Instalada Generación: <https://www.cne.cl/normativas/electrica/consulta-publica/electricidad/>
- Coordinador Eléctrico Nacional. (6 de noviembre de 2023). *Reportes, estadísticas y plataformas de uso frecuente. Histórico de capacidad instalada*. Recuperado el 2023, de <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>
- Dirección de Obras Portuarias. (s.f.). *Dirección de Obras Portuarias*. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de <https://dop.mop.gob.cl/acercadeladireccion/mision/Paginas/default.aspx>
- Dirección del Trabajo. (s.f.). *Quienes somos*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://www.dt.gob.cl/portal/1626/w3-propertyvalue-81298.html>
- DIRECTEMAR (a). (s.f.). *Gobernaciones Marítimas*. Recuperado el 13 de octubre de 2023, de https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/gobernaciones_maritimas.html
- DIRECTEMAR (b). (2023). *Boletín Estadístico Marítimo*. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/boletin_maritimo.html. Págs. 178 - 180
- DIRECTEMAR. (2023). *Boletín Estadístico Marítimo*. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/boletin_maritimo.html
- DIRECTEMAR. (1 de 3 de 2024). Obtenido de [www.directemar.cl: https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20190111/20190111144023/a_31__002__publ.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20190111/20190111144023/a_31__002__publ.pdf)
- DIRECTEMAR. (2 de 3 de 2024). Obtenido de [www.directemar.cl: https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20211118/20211118092336/o63_001.pdf](https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20211118/20211118092336/o63_001.pdf)
- DIRECTEMAR. (s.f.). *Misión y Visión*. Recuperado el 26 de septiembre de 2023, de www.directemar.cl/directemar/organizacion/mision-y-vision
- Fuster, J., & Arteaga Yerko, F. R. (22 de octubre de 2022). *Estado actual y oportunidades para la descarbonización*. (D. G. Zusammenarbeit, & (. GmbH., Edits.) Recuperado el 3 de noviembre de 2023, de <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2022/10/Industria-del-amoniaco-estado-actual-y-oportunidades-para-la-descarbonizacion.pdf>. Págs 18 - 22
- GIZ, Hinicio Chile. (2021). *Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación*. Santiago de Chile: GIZ.
- International Chamber of Shipping. (2023). *Tanker Safety Guide Liquefied Gas*. International Chamber of Shipping Publications.

- La Prensa Austral. (19 de febrero de 2023). *Un 36% aumentaría la población con la llegada del Hidrógeno Verde*. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de <https://laprensaaustral.cl/2023/02/19/>
- Ministerio de Defensa. (1 de septiembre de 2020). *Decreto 9 Sustituye reglamento sobre concesiones marítimas, fijado por Decreto Supremo (M) N° 2, de 2005, del Ministerio de Defensa Nacional*. Recuperado el 28 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1116315>
- Ministerio de Defensa Nacional. (17 de noviembre de 1993). *Decreto 1 Reglamento para el control de la contaminación acuática*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7232&idParte=0>
- Ministerio de Energía. (2020). *Plan de retiro y/o reconversión de Unidades a Carbón*. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan_de_retiro_y_o_reconversion_centrales_carbon.pdf
- Ministerio de Energía. (5 de diciembre de 2023). Escenarios de demanda y producción de H2V. Recuperado el 5 de diciembre de 2023, de correo electrónico
- Ministerio de Energía. (12 de octubre de 2023). *Plan de Descarbonización.. Slides 49 y 50*. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/descarbonizacion_gestion_ambiental_28_sept.pdf
- Ministerio de Hacienda. (6 de septiembre de 1991). *DFL 340 Decreto con Fuerza de Ley N° 340 sobre concesiones marítimas*. Recuperado el 28 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=5473>
- Ministerio de Salud. (2016). *Decreto 43 Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas*. Recuperado el 27 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1088802>
- Ministerio de Salud. (20 de junio de 2019). *Ley Chile - Decreto 594 29 - ABR-2000 MINISTERIO DE SALUD*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=167766>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2019). *Anexo metodológico. Estimación determinista de capacidad de transferencia de carga en muelle portuario*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://filesprod.observatoriologistico.cl/assets/f15f2b6f-4a01-42ee-a437-4c5bb8ffb5118.pdf>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (7 de julio de 2023). *Ley N° 19542*. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=82866&idVersion=2023-07-07>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes. (2 de julio de 2011). *Decreto 104 Establece normas y procedimientos que regulan los procesos de licitación a que se refiere el artículo 7° de la Ley 19542*. Recuperado el 28 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=122591&idParte=0>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (s.f.). *Desarrollo Logístico*. Recuperado el 2023 de septiembre de 25, de <https://logistica.mtt.cl/desarrollo-portuario/>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transportes. (31 de agosto de 1998). *DFL 1 Adecua disposiciones legales aplicables a las Empresas Portuarias creadas por la Ley N°19.542*. Recuperado el 28 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=123598>

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (a). (28 de septiembre de 2023). *DECRETO 47 Fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones*. Recuperado el 10 de Octubre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (14 de diciembre de 2023). *Decreto 458 DFL 458 Aprueba nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones*. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=13560>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2013). *DS N° 40 que aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental de la Ley N° 19300*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053563>
- Ministerio del Medio Ambiente. (s.f.). *Estructura organizacional. Misión*. Recuperado el 27 de septiembre de 2023, de <https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (s.f.). *Ministerio del Trabajo y Previsión Social*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://www.gob.cl/ministerios/ministerio-del-trabajo-y-prevision-social/>
- Ministerio Secretaría General de la República. (2023). *Ley 19300 Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente*. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Portal Portuario. (18 de mayo de 2021). *MOL volverá a entrar en el negocio de transporte de amoníaco*. Recuperado el 13 de octubre de 2023, de <https://portalportuario.cl/mol-volvera-a-entrar-en-el-negocio-de-transporte-de-amoniaco/>
- Puente de mando. (11 de enero de 2022). *MOL proyecta un buque para el suministro de amoníaco*. Recuperado el 8 de octubre de 2023, de <https://www.puentedemando.com/mol-proyecta-un-buque-para-el-suministro-de-amoniaco/>
- Puente de mando. (3 de diciembre de 2023). *Maersk encarga cuatro buques de 93.000m3 para amoníaco*. Recuperado el 13 de diciembre de 2023, de <https://www.puentedemando.com/maersk-encarga-cuatro-buques-de-93-000-m3-para-amoniaco/>
- Servicio Agrícola y Ganadero. (s.f.). *Misión y Visión*. Recuperado el 2 de octubre de 2023, de www.sag.gob.cl/quienes-somos/mision-y-vision
- Servicio Evaluación Ambiental. (s.f.). *Buscar y revisar proyectos*. Recuperado el 28 de septiembre de 2023, de <https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>
- Servicio Nacional de Aduanas. (3 de agosto de 2007). *Definiciones estratégicas*. Obtenido de www.aduana.cl/definiciones-estrategicas/aduana/2007-08-03/091411.html
- Sistema de Empresas Públicas. (s.f.). *Quiénes somos*. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de www.sepchile.cl/quienes-somos/
- Sistema Nacional de Inversiones. (s.f.). *Sistema Nacional de Inversiones*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://sni.gob.cl/sistema-nacional-de-inversiones>
- Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (a). (s.f.). *Sistema de Concesiones Marítimas*. Recuperado el 6 de octubre de 2023, de Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC): <https://www.concesionesmaritimas.cl/>

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (b). (s.f.). *Sistema de Concesiones Marítimas - CCMM*. Recuperado el diciembre de 2023, de Trámites disponibles: <https://portalconcesiones.ssffaa.cl/concesiones-maritimas.html>

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas. (16 de enero de 2023). *Extracto de la solicitud de concesión marítima*. Recuperado el 2023, de <https://www.ssffaa.cl/media/extracto-2023-ultimo.pdf>

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas. (s.f.). *Misión*. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de www.ssffaa.cl/index096e.html?page_id=36

Superintendencia del Medio Ambiente. (s.f.). *¿Qué es la SMA?* Recuperado el 6 de octubre de 2023, de <https://portal.sma.gob.cl/index.php/que-es-la-sma/>



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

E info@giz.de
I www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

El proyecto Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2), es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK), siendo implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).