



Informe Final:

***"Consultoría Para la Estimación de las Emisiones
Producidas por las Embarcaciones Marítimas en la
Bahía de Quintero"***

SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

Licitación ID: 608897-69-LE23

Santiago, 27 de septiembre 2024



RESUMEN EJECUTIVO

Con fecha 28 de agosto 2023 AMBIOSIS da inicio al estudio "*Consultoría Para la Estimación de las Emisiones Producidas por las Embarcaciones Marítimas en la Bahía de Quintero*", correspondiente al contrato ID 608897-69-LE23.

En el primer informe se analiza el marco normativo de las emisiones contaminantes a la atmósfera, aplicable al sector marítimo a nivel internacional, nacional y local. Se realizó la recopilación bibliográfica con las respectivas referencias verificables, y un breve análisis de las normativas, convenios u otros vigentes a nivel internacional, nacional y local respecto de las emisiones atmosféricas generadas por embarcaciones marítimas en la Bahía de Quintero, incluyendo los Planes Operacionales requeridos por el PPDA CQP.

En el segundo informe se realiza un análisis de modelos de estimación de emisiones de embarcaciones, se revisan 20 inventarios internacionales de puertos, y se propone una metodología de estimación de emisiones para la bahía de Quintero. En base a la información disponible de los niveles de actividad de los buques para el periodo comprendido entre 2018 a 2023, se realizó el compilado de la caracterización de las naves/embarcaciones que operan en la Bahía de Quintero, para lo cual se consideró la información de las bases de datos de los movimientos portuarios proporcionados por la Autoridad Marítima y visitas a los terminales portuarios de Quintero.

En el informe final se entregan los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de estimación de emisiones atmosféricas, obteniéndose inventarios de emisiones de MP₁₀, MP_{2,5}, CO, CO₂, NO_x, SO₂, NH₃ e HCNM para el periodo de 2018 a 2023. Se realiza una comparación de las emisiones atmosféricas estimadas con respecto a las emisiones generadas por fuentes fijas localizadas en la bahía de Quintero. Se reportan los resultados de la modelación de dispersión de los contaminantes atmosféricos, se evalúa su significancia y se comparan los resultados con la normativa nacional de calidad del aire.

A partir de la evaluación de la magnitud de las emisiones, su relevancia relativa y su impacto en la calidad del aire se concluye que las emisiones de NO₂ generados por los motores de combustión interna de los buques y remolcadores que operan en la bahía de Quintero, tienen un impacto relevante en la calidad del aire, por lo cual se proponen alternativas de reducción de las emisiones, medidas de actualización del inventario de emisiones y medidas normativas que podrían ser implementadas en el PPDA.

INDICE

1.	ANTECEDENTES	5
2.	RESULTADOS	8
2.1.	Actividad 1: Reunión de Inicio y Presentación del Plan de Trabajo	8
2.2.	Plan de Trabajo y Metodología	9
2.2.1.	<i>Programa de Visitas y Reuniones</i>	<i>9</i>
2.2.2.	<i>Cronograma Ajustado del Estudio.....</i>	<i>10</i>
2.2.3.	<i>Metodología del Estudio.....</i>	<i>11</i>
2.3.	Actividad 2: Analizar El Marco Normativo de las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Aplicable al Sector Marítimo a Nivel Internacional, Nacional y Local	13
2.3.1.	<i>Análisis del Marco Normativo de las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Aplicable al Sector Marítimo a Nivel Internacional, Nacional y Local.....</i>	<i>13</i>
2.3.2.	<i>Identificación de las Entidades Fiscalizadoras con los Mecanismos de Verificación de Cumplimiento de Dichas Normativas.....</i>	<i>53</i>
2.3.3.	<i>Recopilación Bibliográfica Con Las Respectivas Referencias Verificables... </i>	<i>54</i>
2.4.	Actividad 3 a y 4 a y b: Caracterización de las Naves/Embarcaciones que Operan en la Bahía de Quintero, Análisis de los Modelos Internacionales Utilizados Para Estimar Emisiones y Proponer la Metodología a Aplicar en la Estimación de Emisiones en la Bahía de Quintero.....	57
2.4.1.	<i>Análisis de las Metodologías de Estimación de Emisiones de Embarcaciones</i>	<i>57</i>
2.4.2.	<i>Inventarios de Emisiones Internacionales de Puertos.....</i>	<i>64</i>
2.4.3.	<i>Análisis Comparado de Metodologías de Estimación de Emisiones</i>	<i>72</i>
2.4.4.	<i>Propuesta de Metodología de Estimación de Emisiones Para la Bahía de Quintero.....</i>	<i>73</i>
2.4.5.	<i>Caracterización de los Combustibles.....</i>	<i>75</i>
2.4.6.	<i>Caracterización de las Naves/Embarcaciones.....</i>	<i>77</i>
2.4.7.	<i>Análisis Estadístico de los Tiempos de Faena, Gira y Estadía</i>	<i>87</i>
2.5.	Actividad 5: Cuantificación Anual de las Emisiones Atmosféricas Por Embarcaciones Marítimas en la Bahía de Quintero	102
2.5.1.	<i>Cuantificación de Emisiones Atmosféricas Por Tubo de Escape de Buques</i>	<i>104</i>
2.5.2.	<i>Cuantificación de Emisiones Atmosféricas por Tubo de Escape de Remolcadores.....</i>	<i>112</i>
2.5.3.	<i>Resultados de Emisiones Estimadas en Buques y Remolcadores.....</i>	<i>113</i>
2.5.4.	<i>Cuantificación Anual de las Emisiones Atmosféricas por Sistemas de Carga y Descarga de Buques en la Bahía de Quintero.....</i>	<i>115</i>



Ambiosis

2.5.5.	<i>Emisiones Estimadas Para el Transporte y Almacenamiento de Combustibles</i>	120
2.5.6.	<i>Resumen Anual de Emisiones en la Bahía de Quintero</i>	122
2.6.	Actividad 6: Determinación de la Importancia Relativa de las Emisiones	125
2.6.1	<i>Comparación de las Emisiones Estimadas Para Buques y Remolcadores con las Emisiones de Fuentes Fijas</i>	125
2.6.2	<i>Comparación de Emisiones Relativas de Buques en la Bahía de Quintero</i>	129
2.6.3	<i>Modelación de Dispersión de las Emisiones</i>	132
2.6.4	<i>Relevancia del Aporte de las Emisiones a la Calidad del Aire</i>	153
2.6.5	<i>Conclusión de la Importancia de las Emisiones</i>	155
2.7.	Actividad 7: Propuesta de Recomendaciones Para Reducir Emisiones en la Bahía de Quintero	156
2.7.1	<i>Metodología de Estimación de Emisiones</i>	156
2.7.2	<i>Medidas Operacionales</i>	158
2.7.3	<i>Medidas Normativas</i>	161
3.	RECOMENDACIONES	162
4.	CONCLUSIONES	163
4.1.	Normativa Nacional Local	163
4.1.1.	<i>Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA</i>	164
4.1.2.	<i>Decreto Supremo N° 1.689, de 14 de Noviembre de 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores</i>	164
4.1.3.	<i>Normas Emanadas de la Capitanía Puerto de Quintero</i>	166
4.1.4.	<i>Decreto Supremo N° 40 de 2024 del MMA</i>	166
4.2.	Normativa Internacional	167
4.3.	Conclusiones Segundo Informe de Avance	168
4.4.	Conclusiones Tercer Informe de Avance	169
5.	ANEXOS	170
5.1.	Antecedentes Legales	170
5.2.	Glosario	171
5.3.	Recopilación Bibliográfica Sobre Metodología de Estimación de Emisiones	171
5.4.	Actas de Reuniones	171
5.5.	Estadísticas Mensuales Remolcadores	172
5.6.	Fichas Técnicas de Combustibles	172
5.7.	Planillas con Compilado de Características de Naves/Embarcaciones	172
5.8.	Planillas con Inventarios de Emisiones Anuales Estimados	173
5.9.	Archivos de Entrada y Salida de Modelación de Dispersión	173
5.10.	Archivos con el Cálculo de las Emisiones Evaporativas	173
5.11.	Información Requerida Para la Construcción del Inventario	173



Ambiosis

1. ANTECEDENTES

Las comunas de Quintero y Puchuncaví se han consolidado como una de las zonas industriales más importantes del país, desde el punto de vista de la capacidad industrial instalada, la actividad económica generada, la gran demanda de mano de obra y la generación de empleo asociada a ella. Su privilegiada ubicación geográfica en la zona central del país cerca de la capital, permitió la construcción de la primera industria en la década del 50 y a la fecha, el Complejo Industrial Ventanas (CIV) suma aproximadamente 14 empresas, con distintas actividades económicas que han contribuido a la consolidación de un barrio industrial de amplia envergadura para el país, convirtiendo a esta zona en un lugar extraordinariamente sensible y vulnerable desde el punto de vista ambiental, pues la actividad industrial ha generado diversos impactos en el territorio, dado que su funcionamiento conlleva la generación y liberación de sustancias al ambiente (por ejemplo, emisiones atmosféricas, deposición de cenizas, residuos líquidos industriales (RILES)).

En este sentido, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) elaboró el Programa para la Recuperación Ambiental y Social (PRAS) de las comunas de Quintero y Puchuncaví, aprobado por Resolución Exenta N°645 el 2017, que tiene como objetivo recuperar ambientalmente el territorio y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunas mediante la identificación, a través de un proceso ampliamente participativo, de los principales problemas sociales y ambientales, planteando opciones de solución que la conviertan, en el mediano y largo plazo, en un área que muestre que es posible la convivencia armónica entre las actividades industriales, el cuidado del medio ambiente y una buena calidad de vida.

El Ministerio del Medio Ambiente - MMA es la institución que se encarga de *"Interpretar administrativamente las normas de calidad ambiental y de emisión, los planes de prevención y, o de descontaminación, previo informe del o los organismos con competencia en la materia específica y la Superintendencia del Medio Ambiente"*.

En relación con lo anterior, durante el año 2015 el MMA declara como zona saturada por material particulado fino respirable $MP_{2,5}$, como concentración anual y latente como concentración diaria y zona latente por material particulado respirable MP_{10} como concentración anual, a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, generándose el año 2018 a través del D.S 105 el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví (PPDA CQP), correspondiente a la medida A.1.1 del PRAS.



Ambiosis

El PPDA CQP tiene como objetivo evitar la superación de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP_{10} (D.S. N°59/1998 de MINSEGPRES) como concentración anual, y de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable $MP_{2,5}$ (D.S. N°12/2011 del MMA), como concentración de 24 horas, y recuperar los niveles señalados en la última norma mencionada, como concentración anual, en un plazo de 5 años.

Para cumplir la meta del PPDA CQP se regulan principalmente las 3 principales fuentes emisoras Complejo Termoeléctrico Ventanas AES Gener, Codelco División Ventanas, Empresa Nacional del Petróleo (ENAP Refinerías). Para ellas se establece el Congelamiento inmediato de las emisiones de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x) y, límites de emisión de MP, SO_2 y NO_x en un plazo de 3 años.

Asimismo, se establece la reducción de emisiones de HCNM mediante exigencias de implementación de mejores técnicas disponibles, por el aporte que tienen en la formación de aerosoles secundarios, que inciden en la formación y toxicidad del $MP_{2,5}$.

Los mayores emisores de MP y sus precursores son 3: CODELCO División Ventanas, AES GENER S.A. y ENAP Refinerías, que en conjunto representan el 76% de las emisiones de MP, el 99% de las emisiones de SO_2 y el 81% de las emisiones de NO_x .

El sector industrial asociado al manejo y procesamiento de hidrocarburos y derivados es responsable de la mayor parte de las emisiones HCNM en la zona, siendo las principales fuentes: ENAP Refinerías, GASMAR, COPEC, OXIQUM, GNL Quintero, ENAP Quintero y ENEX. Las emisiones 2017 informadas por las empresas al Ministerio de Salud corresponden a 698 ton/año¹.

La actividad portuaria es el principal centro de transferencia de graneles líquidos y sólidos como granos, clínker (producto intermedio para fabricar cemento), combustible, asfaltos, concentrados de cobre y otros minerales además de productos químicos, gas natural y petcoke. En este sentido de acuerdo a lo informado por la Autoridad Marítima en su estudio de emisiones de Naves², cuyo objetivo principal fue la estimación de las emisiones de los contaminantes atmosféricos MP_{10} , $MP_{2,5}$, NO_x , SO_2 , compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y amoníaco (NH_3), generadas por las embarcaciones marítimas que ingresaron durante el año 2020 a la Bahía de Quintero, Región de Valparaíso, da cuenta de la importancia al menos, de las emisiones de NO_x en la Bahía.

¹ <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/05/INFORME-INVENTARIO-EMISIOPEs-2021-art-32-y-52.pdf>

² <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/07/Inventario-de-Emisiones-Naves-2020.pdf>



Ambiosis

Por otra parte, el potencial incremento del transporte marítimo de mercancías implicará una mayor actividad y un crecimiento potencial de algunas instalaciones portuarias y los gases contaminantes producidos tanto por las instalaciones energéticas de los buques como por los estanques (buques químicos) y las emisiones fugitivas generadas en las distintas faenas (transferencias, alijes, etc.), pueden comprometer la calidad del aire y el cumplimiento de las normas de calidad primaria en los núcleos urbanos adyacentes.

Es importante considerar que el sector marítimo está comprometido con la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI) y las emisiones contaminantes a la atmósfera. En 1997, la OMI aprobó el Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78, estableciendo límites en la emisión a la atmósfera de determinados gases contaminantes procedentes de los motores Diesel. En el año 2011, con la finalidad de lograr una reducción del consumo de combustible y la emisión de CO₂ durante las operaciones del buque, la OMI adoptó la Resolución MEPC.203(62) (IMO Resolution MEPC.203(62), 2011), modificando el Anexo VI e incluyendo un nuevo capítulo sobre eficiencia energética en los buques. Posteriormente, aparecen nuevos conceptos normativos relacionados con la eficiencia energética en un buque, como el Índice de Eficiencia Energética de Diseño (EEDI), de cumplimiento obligatorio en buques de nueva construcción, y el Plan de Eficiencia Energética del buque (SEEMP) de cumplimiento obligatorio en buques construidos y de nueva construcción.

Dado que las emisiones del sector marítimo constituyen una constante preocupación por parte de las Autoridades con competencia Ambiental y en especial para el Ministerio del Medio Ambiente, y considerando que cualquier organización industrial con una política ambiental adecuada y responsable debe perseguir, cuantificar y establecer la magnitud de todos los impactos ambientales asociados a la actividad para poder establecer posteriormente estrategias de reducción, se ve en la necesidad de llevar a cabo en el territorio, un estudio que dé cuenta de las principales actividades marítimas, cuantifique las emisiones eligiendo para ello la metodología más adecuada y además, proponga estrategias sean operativas e incluso regulatorias factibles a fin del desarrollo de esta actividad, de una manera sustentable para el territorio.

Finalmente, este estudio contribuiría a robustecer los instrumentos de gestión asociados a la medida A.1.1 del Programa para la Recuperación Ambiental y Social PRAS.

El sitio de estudio comprende la bahía de Quintero ubicada en las comunas de Quintero y Puchuncaví.

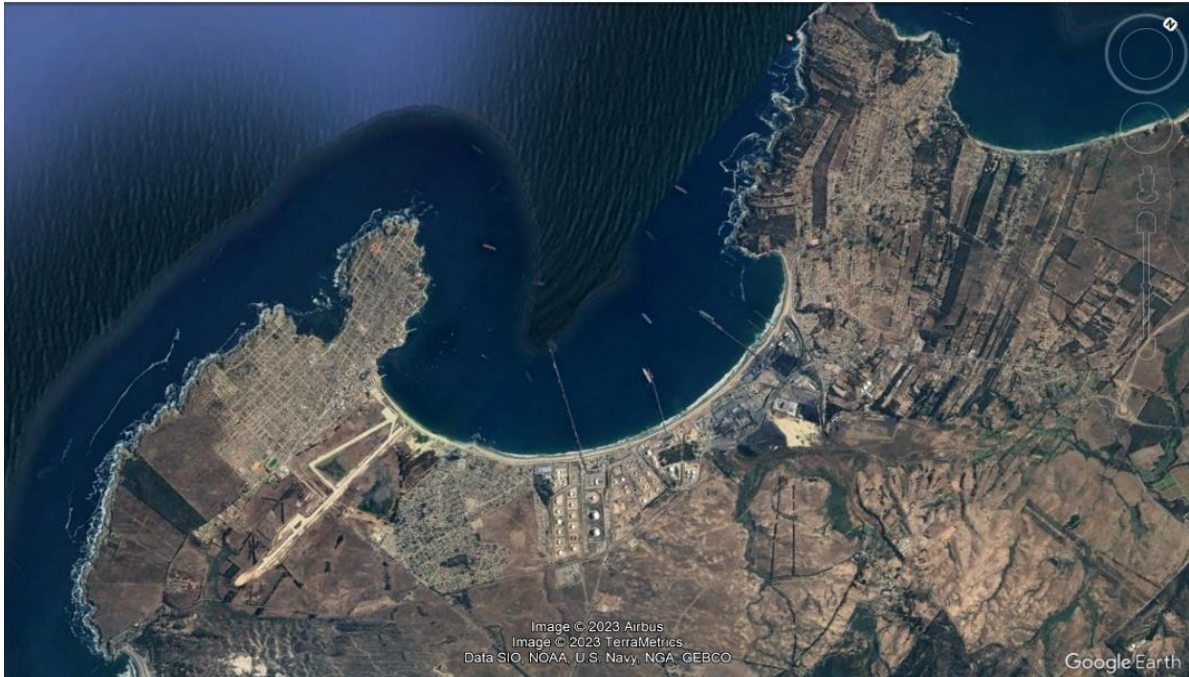


Figura N° 1. Área de Estudio

2. RESULTADOS

Dentro de las actividades contempladas en el primer informe de avance del proyecto: *"Consultoría Para la Estimación de las Emisiones Producidas por las Embarcaciones Marítimas en la Bahía de Quintero"*, se encuentran:

2.1. Actividad 1: Reunión de Inicio y Presentación del Plan de Trabajo

Dentro de la primera actividad de la presente asesoría el lunes 28 de agosto a las 10:00 hrs., se realizó la reunión de inicio donde se presentó a la contraparte técnica del MMA y el equipo de trabajo de AMBIOSIS para la ejecución del presente estudio. La reunión se realizó en formato virtual en coordinación con la contraparte técnica.

El equipo de trabajo de AMBIOSIS está compuesto por:

- Juan Carlos Bordones Núñez (JCB): Jefe de Proyecto. Especialista en estimación de emisiones, y en sistemas de información ambiental.



Ambiosis

- Cecilia Fernaldt Máximo (CFM): Coordinadora de proyecto. Especialista en estimación de emisiones y medidas de control de emisiones.
- Eduardo Astorga Jorquera (EAJ): Abogado. Especialista en legislación ambiental.
- Flavio Gutiérrez Arriagada (FGA): Especialista en modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos.

La contraparte técnica del MMA está compuesta por:

- Siomara Gómez A.: SEREMI de Medio Ambiente Región de Valparaíso.
- Valeria Manríquez G.: SEREMI de Medio Ambiente Región de Valparaíso.

En el Anexo 5.1 se adjunta minuta de la reunión previamente consensuada con la contraparte técnica.

Como segundo resultado de la actividad 1 se presenta la revisión y ajustes al plan de trabajo, metodología y cronograma de actividades y se presenta el cronograma ajustado del estudio.

2.2. Plan de Trabajo y Metodología

2.2.1. Programa de Visitas y Reuniones

Se programarán las visitas y reuniones a:

- Terminales.
- Embarcaciones.
- Remolcadores.
- Suministro de combustible a naves.
- Empresas que realicen operaciones de carga y descarga en la Bahía de Quintero.

DIRECTEMAR entregó la información relativa a la actividad de las embarcaciones marítimas en la zona de los años 2018 a 2023, la cual se encuentra estructurada en las bases de datos del departamento de tecnologías marítimas (TECMAR) de DIRECTEMAR.



Ambiosis

Se coordinó a través de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Valparaíso, la reunión realizada el miércoles 13 de septiembre con el Encargado de Medio Ambiente de DIRECTEMAR Capitanía de Puerto de Quintero.

2.2.2. Cronograma Ajustado del Estudio

A continuación se presenta el cronograma ajustado del estudio, destacando el avance a la fecha:

Tabla N° 1. Cronograma Ajustado del Estudio

Detalle de Actividades	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Actividad 1	X																	
Presentación de la contraparte técnica del MMA y del equipo de trabajo	X																	
Revisión y ajustes al plan de trabajo, metodología y cronograma de actividades	X																	
Actividad 2	X																	
Primer informe de avance	X																	
Visitas a terminales y embarcaciones en la bahía de Quintero		X	X	X	X													
Visitas a terreno a empresas de operación de remolcadores y empresas que realicen operaciones de suministro de combustible a naves en la bahía de Quintero	X	X	X	X	X	X												
Reuniones con personal de empresas que realicen operaciones de carga y descarga en la bahía de Quintero	X	X	X															



Ambiosis

Detalle de Actividades	Meses																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Información sobre la caracterización de combustibles utilizados		X	X																
Solicitud de información de actividad de las embarcaciones marítimas en la zona	X	X																	
Reuniones con el departamento jurídico de DIRECTEMAR y de la Superintendencia del Medio Ambiente					X														
Actividad 3			X	X	X	X													
Actividad 4						X	X	X	X										
Actividad 5								X	X	X	X	X	X						
Actividad 6									X	X	X	X	X						
Actividad 7												X	X	X	X				
Segundo informe de avance				X															
Informe Final															X				
Término de contrato																			X

2.2.3. Metodología del Estudio

La metodología a utilizar para el desarrollo del presente estudio se detalla a continuación:

- Revisión de la información bibliográfica recopilada sobre la normativa nacional e internacional aplicable al sector marítimo.
- Realización de reuniones con:
 - ✓ Capitanía de puerto de la bahía de Quintero
 - ✓ Área jurídica de DIRECTEMAR
 - ✓ Área jurídica de la SMA.
- Análisis de la aplicabilidad de la normativa nacional e internacional del sector marítimo aplicable a la bahía de Quintero.



Ambiosis

- Realización de la presentación a la contraparte técnica del estudio del análisis de la normativa nacional e internacional aplicable al sector marítimo y su aplicación a la bahía de Quintero.
- Revisión de la información proporcionada por DIRECTEMAR en relación a las faenas portuarias realizadas en la bahía de Quintero entre 2018 y 2023.
- Estructuración de la información proporcionada por DIRECTEMAR en relación a las faenas portuarias realizadas en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023, con el fin de poder realizar el análisis estadístico solicitado dentro del presente estudio.
- Realización de la revisión bibliográfica de los modelos internacionales para realizar la estimación de emisiones atmosféricas de embarcaciones.
- Comparación de los métodos de estimación de emisiones atmosféricas de embarcaciones.
- Definición (para el caso de la generación de emisiones de COV), de cuáles son las fuentes de emisión relevantes que se generan en el mar dentro de la bahía de Quintero y que no están siendo estimadas por el sector industrial, por ej. las cargas de hidrocarburos desde tierra a mar, las actividades de alije realizadas en la bahía de Quintero, etc.
- Proposición a la contraparte técnica del estudio la metodología a utilizar para el cálculo de las emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.
- Realización de la presentación a la contraparte técnica del estudio de la metodología propuesta para el presente estudio.
- Realización de reuniones con el apoyo de la contraparte técnica del presente estudio a las empresas encargadas de:
 - ✓ Los muelles de la bahía de Quintero
 - ✓ Operadores de naves en la bahía de Quintero,
- Realización del cálculo para obtener la estimación de las emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.
- Realización del análisis de las emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.
- Realización de la presentación a la contraparte técnica del estudio de los resultados de la estimación de las emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.
- Realización del análisis de la meteorología del sector de la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.



Ambiosis

- Realización de la modelación de la dispersión de las emisiones atmosféricas estimadas para las embarcaciones en la bahía de Quintero considerando el periodo 2018 a 2023.
- Realización del análisis de los resultados obtenidos de la modelación de la dispersión de las emisiones atmosféricas estimadas para las embarcaciones en la bahía de Quintero considerando el periodo 2018 a 2023.
- Realización de la presentación a la contraparte técnica del estudio de los resultados de la modelación de las emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones en la bahía de Quintero para el periodo 2018 a 2023.
- Realización del análisis bibliográfico de la experiencia internacional de las acciones operacionales y de gobernanza para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos en bahías similares a la bahía de Quintero.
- Elaboración de la propuesta de acciones operacionales y de gobernanza para la bahía de Quintero.
- Presentación a la contraparte técnica del estudio la propuesta de acciones operacionales y de gobernanza para la bahía de Quintero.

2.3. Actividad 2: Analizar El Marco Normativo de las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Aplicable al Sector Marítimo a Nivel Internacional, Nacional y Local

A continuación se presenta el análisis del marco normativo de las emisiones contaminantes a la atmósfera, aplicable al sector marítimo a nivel internacional, nacional y local.

2.3.1. Análisis del Marco Normativo de las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Aplicable al Sector Marítimo a Nivel Internacional, Nacional y Local

El siguiente capítulo corresponde a una recopilación bibliográfica con las respectivas referencias verificables, y un breve análisis acerca de normativas, convenios u otros vigentes a nivel internacional, nacional y local respecto de las emisiones atmosféricas generadas por embarcaciones marítimas en la Bahía de Quintero (por ejemplo y entre ellas, las normas de emisión de la Organización Marítima Internacional (OMI)).



Ambiosis

2.3.1.1. Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente

La Ley 19.300, modificada por la Ley 20.417, y cuya última modificación de fecha 29 de mayo de 2023 por la Ley 21.562, respecto de los Planes de Prevención y Descontaminación (PPDA), el Artículo 43 señala que la declaración de una zona del territorio como saturada o latente se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente y contendrá la determinación precisa del área geográfica que abarca.

Mediante decreto supremo del MMA, señala el artículo 44, que llevará además la firma del ministro sectorial que corresponda, se establecerán planes de prevención o de descontaminación, cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas, respectivamente.

Apunta el artículo 46 que en aquellas áreas en que se esté aplicando un plan de prevención o descontaminación, sólo podrán desarrollarse actividades que cumplan los requisitos establecidos en el respectivo plan. Su verificación estará a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Agrega el artículo 48 bis que los actos administrativos que se dicten por los Ministerios o servicios para la ejecución o implementación de normas de calidad, emisión y planes de prevención o descontaminación, señalados en tales instrumentos, deberán contar siempre con informe previo del Ministerio del Medio Ambiente.

2.3.1.2. Decreto Supremo N°10 de 2015 del MMA

Se declara como zona saturada por material particulado fino respirable MP_{2,5}, como concentración anual y latente como concentración diaria, y latente por material particulado respirable MP₁₀, como concentración anual, a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, cuyos límites geográficos fueron fijados por el DFL N° 3-18.715, de 1989, del Ministerio del Interior, respecto de las comunas de Quintero y Puchuncaví, y por la ley N°19.424, respecto de la comuna de Concón.

2.3.1.3. Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA *Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica Para las Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví*****

Existen una serie de regulaciones aplicables a las emisiones de buques y para este Plan corresponden a las siguientes:



Ambiosis

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES

Artículo 1. El presente Plan de Prevención y Descontaminación, en adelante el Plan, regirá en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, y tiene como objetivo evitar la superación de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP₁₀ ([D.S. N°59/1998 del MINSEGPRES](#)) como concentración anual, y de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP_{2,5} ([D.S. N°12/2011 del MMA](#)), como concentración de 24 horas, y recuperar los niveles señalados en la última norma mencionada, como concentración anual, en un plazo de 5 años.

Artículo 2. Los antecedentes que fundamentan el presente Plan se indican a continuación:

I. Antecedentes y Descripción de la Zona Sujeta al Plan

1. Características Geográficas

La zona geográfica a la que aplica el Plan comprende las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, ubicadas en la Región de Valparaíso, cuyos límites geográficos fueron fijados por el DFL N°3-18.715, de 1989, del Ministerio del Interior, respecto de las comunas de Quintero y Puchuncaví, y por la ley N°19.424, respecto de la comuna de Concón.

El ámbito geográfico de los planes de descontaminación está determinado por los límites comunales respectivos, que corresponden a territorio continental. Sin embargo el Plan de Descontaminación antes citado establece en su artículo 52, que *"con la finalidad de realizar el seguimiento a las emisiones atmosféricas de las fuentes sujetas al Plan, la SEREMI del Medio Ambiente actualizará anualmente, en el mes de junio de cada año, el inventario de emisiones del año anterior, de aquellos establecimientos que representen el 80% de las emisiones de MP, NO_x, SO₂ y COV, y cada 5 años el inventario de emisiones de todas las fuentes emisoras sujetas a este Plan"*.

El inventario anual antes señalado deberá incorporar las emisiones atmosféricas de las naves que ingresen a la bahía de Quintero.

A su vez, el artículo 55 del mismo Plan, señala que la *"fiscalización y verificación del permanente cumplimiento de las medidas que establezca el presente Plan, será efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente, de conformidad a su ley orgánica contenida en el artículo segundo de la Ley N°20.417, y sin perjuicio de las atribuciones de los organismos sectoriales que participan en la implementación del Plan. Para dicho efecto, la Superintendencia del Medio Ambiente destinará en el plazo de tres meses contado desde la publicación del presente decreto, a 2 fiscalizadores con dedicación exclusiva para la fiscalización de las medidas contempladas en el presente Plan"*.



Ambiosis

Al referirse a la "bahía de Quintero" nos indica que el Plan aplica también al mar territorial, al menos respecto de la superficie de la mencionada bahía.

En consecuencia y sin perjuicio de las facultades de la SMA, corresponde a la DIRECTEMAR fiscalizar conforme al artículo 38 de este mismo Plan, las naves que realicen faenas de carga y descarga en muelles, monoboyas, boyas multipropósito asociados a los terminales marítimos de la bahía, las que deben dar cumplimiento a las exigencias del Anexo VI "*Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica ocasionada por los Buques*", del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), y sus enmiendas. La Autoridad Marítima ejercerá la supervisión de dichas exigencias conforme a lo estipulado en el citado Convenio. En consecuencia, es la DIRECTEMAR la responsable de velar por el cumplimiento de las regulaciones de MARPOL.

Coherentemente con lo señalado esta Autoridad Marítima debe enviar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la SEREMI del Medio Ambiente en marzo de cada año, un informe que dé cuenta del cumplimiento de las exigencias del presente artículo, de las sanciones impuestas y del nivel de actividad anual de naves que hayan ingresado a la bahía de Quintero, durante el año calendario anterior. El primer informe deberá remitirse a más tardar dentro los primeros seis meses de vigencia del plan.

Artículo 34. Todos los procesos de carga y descarga, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de hidrocarburos y sus derivados, correspondientes a Clase I de acuerdo a la Tabla 1 del artículo 3 del D.S. N°160/2008, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que aprueba el Reglamento de seguridad para las instalaciones y operaciones de producción y refinación, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de combustibles líquidos, deberán estar dotados de dispositivos y/o infraestructura capaz de recuperar y/o eliminar los vapores que se generen en dichos procesos. Asimismo, las instalaciones de almacenamiento y distribución de combustibles líquidos deberán dar cumplimiento a las obligaciones impuestas en el artículo 177 letra g) del D.S. N°160/2008, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

Artículo 38. A partir de la publicación del presente decreto, las naves que realicen faenas de carga y descarga en muelles, monoboyas, boyas multipropósito asociados a los terminales marítimos de la bahía, deberán dar cumplimiento a las exigencias del Anexo VI "*Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica Ocasionada por los Buques*", del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), y sus enmiendas.

La Autoridad Marítima ejercerá la supervisión de dichas exigencias conforme a lo estipulado en el citado Convenio.



Ambiosis

La Autoridad Marítima enviará a la SMA y a la SEREMI del Medio Ambiente en marzo de cada año, un informe que dé cuenta del cumplimiento de las exigencias del presente artículo, de las sanciones impuestas y del nivel de actividad anual de naves que hayan ingresado a la bahía de Quintero, durante el año calendario anterior. El primer informe deberá remitirse a más tardar dentro los primeros seis meses de vigencia del plan.

CAPÍTULO IX: SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE, PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Artículo 52. Con la finalidad de realizar el seguimiento a las emisiones atmosféricas de las fuentes sujetas al Plan, la SEREMI del Medio Ambiente actualizará anualmente, en el mes de junio de cada año, el inventario de emisiones del año anterior, de aquellos establecimientos que representen el 80% de las emisiones de MP, NO_x, SO₂ y COV, y cada 5 años el inventario de emisiones de todas las fuentes emisoras sujetas a este Plan. El inventario anual antes señalado deberá incorporar las emisiones atmosféricas de las naves que ingresen a la bahía de Quintero.

CAPÍTULO X: FISCALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN

Artículo 55. La fiscalización y verificación del permanente cumplimiento de las medidas que establezca el presente Plan será efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente, de conformidad a su ley orgánica contenida en el artículo segundo de la Ley N°20.417, y sin perjuicio de las atribuciones de los organismos sectoriales que participan en la implementación del Plan.

2.3.1.4. Decreto Supremo N° 39 Del MMA de 21-10-2021

Que establece norma de emisión para maquinarias móviles, en su artículo 2° no aplica a esta materia ya que excluye expresamente los barcos como fuentes de emisión.

2.3.1.5. Decreto Ley 2222 Ley de Navegación de 1978, Última Modificación: 26-05-2022 - Ley 21.446

Esta norma trata de la contaminación, pero exclusivamente aquella proveniente del derrame de Hidrocarburos y otras Substancias Nocivas, sin hacer referencia expresa a las emisiones atmosféricas. En efecto el artículo 142 prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, y en puertos, ríos y lagos.



Ambiosis

La DIRECTEMAR y sus autoridades y organismos dependientes tendrán la misión de cautelar el cumplimiento de esta prohibición y, a este efecto, deberán:

1. Fiscalizar, aplicar y hacer cumplir todas las normas, nacionales e internacionales, presentes o futuras, sobre preservación del medio ambiente marino, y sancionar su contravención, y
2. Cumplir las obligaciones y ejercer las atribuciones que en los Convenios citados en el artículo siguiente se asignan a las Autoridades del País Contratante, y promover en el país la adopción de las medidas técnicas que conduzcan a la mejor aplicación de tales Convenios y a la preservación del medio ambiente marino que los inspira.

***2.3.1.6. DFL N° 292 (Última Versión 2002)
Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante Publicada el 05-08-1953***

El artículo 6° regula las atribuciones de la DIRECTEMAR, dentro de las cuales se destacan:

- c) Controlar y fiscalizar el material de las naves y artefactos navales para asegurar su eficiencia y las condiciones de navegabilidad de ellas;
- d) Velar por el cumplimiento de las leyes, reglamentos y demás disposiciones relacionadas con la parte técnica y profesional de la Marina Mercante Nacional y de Pesca y Caza Marítima, de la Marina de Turismo y de los Deportes Náuticos, tanto en lo concerniente a su personal como a su material, comprendiendo en aquél a los empleados y obreros marítimos, fluviales y lacustres;
- m) Ejercer la fiscalización y control de las playas y de los terrenos fiscales de playa colindantes con éstas en el mar, ríos y lagos; de las rocas, fondos de mar y porciones de agua dentro de las bahías, ríos y lagos, y a lo largo de las costas del litoral y de las islas, cuyo control y fiscalización otorgan las leyes al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina.

Lo mismo corresponderán a la Dirección, además, todas las funciones que le encomienden otras leyes o reglamentos de la República.

El ámbito de jurisdicción de la Dirección, corresponde al "mar que baña las costas de la República hasta una distancia de doce millas (cuatro leguas marinas) medidas desde la línea de la más baja marea, o la extensión de mar territorial que se fije en acuerdos internacionales a los que se adhiera el Gobierno de Chile si es superior a la aquí señalada; las aguas interiores de golfos, bahías, estrechos y canales cualquiera que sea la distancia que exista entre sus costas; las playas, los roqueríos hasta donde alcanzan las más altas mareas; los lagos de dominio público, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los



Ambiosis

efectos de las mareas; los diques, varaderos, desembarcaderos, muelles, espigones de atraque y, en general, toda construcción que se interne en las aguas marítimas, fluviales y lacustres, o construidas en ellas (Obras Marítimas); la extensión de ochenta metros de ancho en los bienes nacionales y fiscales, medidos desde la costa u orilla de mar, riberas de lagos o de ríos navegables hacia tierra firme y caletas. En los recintos portuarios de puertos artificiales de la Dirección tendrá jurisdicción sólo en cuanto el mantenimiento del orden, seguridad y disciplina.”

La Sección Inspección de Naves conforme al artículo 11, la formarán las siguientes Inspecciones de la Marina Mercante Nacional:

- 1) *Navegación y Maniobras.*
- 2) *Máquinas y Calderas y Construcción Naval*

2.3.1.7. Decreto Supremo N° 1.689, de 14 de noviembre de 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores,

Este decreto ratifica en la legislación nacional el Convenio, MARPOL 73-78, y fue publicado en el Diario oficial de 4 de mayo de 1995.

2.3.1.8. Anexo VI del MARPOL

En el Anexo VI del Convenio MARPOL, adoptado en 1977, se restringen los principales contaminantes atmosféricos contenidos en los gases de escape de los buques, en particular los óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), y se prohíben las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono.

Anexo VI revisado de 2021 del Convenio MARPOL, según figura en la resolución MEPC.328(76) es aplicable a partir del 1 de noviembre de 2022.

Mediante el Protocolo de 1977 que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 (Convenio MARPOL), modificado por el Protocolo de 1978 relativo al mismo, se añadió el Anexo VI (Anexo VI del Convenio MARPOL), que contiene reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

El Protocolo de 1977 solo está abierto a la ratificación o adhesión de los Estados que han ratificado el Convenio MARPOL.

Una Parte en el Protocolo de 1977 está obligada a dar pleno efecto a las disposiciones del Anexo VI del Convenio MARPOL. Esto también implica transponer todas las disposiciones pertinentes del Anexo VI del Convenio MARPOL a la legislación nacional.



Ambiosis

Al hacerlo, debería prestarse especial atención a garantizar que en las disposiciones de la legislación nacional se identifiquen y otorgan las facultades necesarias a aquellos que requieren autoridad legal para implantar las prescripciones, por ejemplo, el Ministro de Estado, la Administración nacional para el transporte marítimo, el organismo ambiental, las autoridades portuarias, los inspectores de buques, etc.

Además, en la legislación nacional debe identificarse a todos aquellos que tienen obligaciones en virtud de las reglas, incluidos, por ejemplo, el buque, la Administración del buque, los proveedores locales de fueloil, las autoridades portuarias, etc.

Transposición del Anexo VI del Convenio MARPOL a la legislación nacional.

Si no se transponen las prescripciones internacionales a la legislación nacional, es mucho más probable que un buque que enarbore el pabellón de una Parte en el Anexo VI del Convenio MARPOL sea detenido en un puerto extranjero por incumplimiento, lo que provocará costosos retrasos y molestias a los buques que realizan viajes internacionales, y podría herir la reputación y suponer la pérdida del estatus de la Parte como nación marítima. El proceso de transposición de un tratado al sistema interno varía de un Estado a otro.

La mayoría de los tratados de la OMI, incluido el Anexo VI del Convenio MARPOL, no son directamente aplicables, ya que imponen numerosas obligaciones a las administraciones de un Estado Parte. En consecuencia, es fundamental que los Estados Parte en el Anexo VI del Convenio MARPOL, al redactar la legislación nacional, presten atención a las cláusulas previstas en el tratado que les obligan a tomar medidas.

Es importante que los redactores de la legislación nacional comprendan que las disposiciones contenidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL impondrán obligaciones a varios actores: el buque (y su tripulación), la Administración (definida en el Convenio MARPOL como el Gobierno del Estado bajo cuya autoridad opera el buque), el Estado como Parte en el tratado, las autoridades y los operadores portuarios, los proveedores de fueloil, los fabricantes de motores diésel marinos, etc.

Los redactores tienen que examinar cada una de las obligaciones contenidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL y determinar los actores a los que se aplicarán: el Estado, el buque/propietario del buque, la autoridad portuaria, el sector, etc., a fin de garantizar que se dan pleno efecto a las prescripciones internacionales en la legislación nacional. Por consiguiente, puede que sea necesario más de un texto legislativo nacional para dar efecto al Anexo VI del Convenio MARPOL, dependiendo, entre otras cosas, de las obligaciones específicas del Estado Parte, como Estado de abanderamiento, Estado rector del puerto y Estado ribereño.



Ambiosis

En muchos países, la principal legislación primaria de implantación del Anexo VI del Convenio MARPOL es la legislación sobre la marina mercante (por ejemplo, la ley de la marina mercante o la ley sobre la navegación). Pero también puede ser la legislación sobre la protección de los mares o la prevención de la contaminación por los buques que corresponde tal como se señaló más arriba, el caso de Chile. (por ejemplo, la ley de prevención de la contaminación marina).

El Anexo VI del Convenio MARPOL se enmienda y actualiza periódicamente en función de los cambios/avances técnicos y ambientales. Estos cambios tienen que incorporarse a la legislación nacional para garantizar que esta refleja las prescripciones internacionales actuales.

La ausencia de una legislación nacional adecuada que implante las prescripciones de los convenios de la OMI o de la incorporación de enmiendas en la legislación nacional se identificará a través del Plan Obligatorio de Auditorías de los Estados Miembros de la OMI, que entró en vigor a principios de 2016. Una mala actuación en la auditoría puede aumentar la posibilidad de que la parte sufra daños en su reputación y que sus buques sean considerados de mayor riesgo en el marco del régimen de supervisión por el Estado rector del puerto (PSC).

Dado que las inspecciones de la PSC se basan cada vez más en el riesgo, lo que significa que los buques se seleccionan para su inspección en función del riesgo, la ausencia de promulgación de la legislación puede aumentar la frecuencia de las inspecciones de los buques que enarbolan el pabellón de la Parte cuando entran en puertos extranjeros y, por tanto, aumentar el coste para el sector.

***2.3.1.9. Decreto Supremo N° 141 del MRREE de 2021
Que Promulga el Código Técnico Relativo al Control de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno de los Motores Diésel Marinos y Enmiendas al Anexo VI del Protocolo de 1997 Que Enmienda el Convenio Internacional Para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, Modificado por el Protocolo de 1978 y al Referido Código***

El artículo único promulga el Código técnico relativo al control de las emisiones de óxido de nitrógeno de los motores diésel marinos, adoptado por la Resolución 2 de la Conferencia de las Partes en el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978; y las Enmiendas al Anexo del Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, y al señalado Código, adoptadas por las siguientes resoluciones:



Ambiosis

MEPC.177(58) de 10 de octubre de 2008; MEPC. 217 (63), de 2 de marzo de 2012; MEPC. 251 (66), de 4 de abril de 2014; MEPC.258 (67), de 17 de octubre de 2014; MEPC.271 (69), de 22 de abril de 2016; MEPC. 272 (69), de 22 de abril de 2016; MEPC.278 (70), de 28 de octubre de 2016; MEPC.286 (71), de 7 de julio de 2017; MEPC.301 (72), de 13 de abril de 2018; MEPC.305 (73), de 26 de octubre de 2018; MEPC.316 (74), de 17 de mayo de 2019; y MEPC.317 (74), de 17 de mayo de 2019, todas del Comité de Protección del Medio Marino, MEPC, de la Organización Marítima Internacional.

2.3.1.10. Identificación de las Cláusulas del Anexo VI del Convenio MARPOL Aplicables a la Bahía de Quintero-Chile

A continuación se identifican las cláusulas del Anexo VI del Convenio MARPOL que son aplicables a la Bahía de Quintero:

CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES

Regla 1 – Ámbito de aplicación. Generalmente se extiende a todos los buques que operan en el medio marino salvo en circunstancias específicas indicadas en diversas reglas del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Regla 3 – Estas disposiciones debería incorporarse a la legislación nacional pertinente, si corresponde.

Regla 4 – Equivalentes. En esta regla se aborda la aprobación de equipo, tipos de fueloil o métodos de cumplimiento alternativos mediante los que se logren reducciones de las emisiones tan eficaces como los prescritos en virtud del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Esta disposición permite el uso de equipo en un buque tal como los sistemas de limpieza de los gases de escape (por ejemplo, el equipo llamado "lavadores") para cumplir las disposiciones de la regla 14 del Anexo VI del Convenio MARPOL, por ejemplo, y debería incorporarse a la legislación nacional pertinente.

CAPÍTULO 2 – RECONOCIMIENTO, CERTIFICACIÓN Y MEDIOS DE CONTROL

Regla 5 – Reconocimientos Regla 5.1 Los buques de arqueo bruto igual o superior a 400, así como las torres de perforación y otras plataformas, fijas o flotantes, han de ser objeto de reconocimientos y se les ha de expedir certificados de conformidad con la regla para garantizar el cumplimiento de las prescripciones del capítulo 3 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

En función de las necesidades y requisitos del sector marítimo del país, esta disposición debe incorporarse la legislación nacional pertinente.



Ambiosis

Regla 6 – Expedición o refrendo de los certificados y declaraciones de cumplimiento sobre la notificación del consumo de fueloil y la clasificación de la intensidad de carbono operacional.

En esta regla se dispone la base jurídica de la expedición del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (Certificado IAPP) y el Certificado internacional de eficiencia energética (Certificado IEE). Los certificados se expiden una vez se hayan ultimado satisfactoriamente los reconocimientos exigidos en virtud de la regla 5 del Anexo VI del Convenio MARPOL. En esta regla también se dispone la base jurídica de la expedición de una declaración de cumplimiento sobre el consumo de fueloil y la clasificación de la intensidad de carbono operacional a los buques a los que se aplican las reglas 27 y 28 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Regla 7 – Expedición del certificado por otra Parte. En virtud de esta regla se permite a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL a realizar reconocimientos y expedir certificados IAPP y/o IEE al buque de otra Parte, siempre que este cumpla las prescripciones del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Regla 8 – Modelos de los certificados y las declaraciones de cumplimiento sobre la notificación del consumo de fueloil y la clasificación de la intensidad de carbono operacional. En esta regla se establecen los modelos de los certificados y declaraciones de cumplimiento sobre la notificación del consumo de fueloil y la clasificación de la intensidad de carbono operacional.

Regla 9 – Duración y validez de los certificados y las declaraciones de cumplimiento sobre la notificación del consumo de fueloil y la clasificación de la intensidad de carbono operacional. En la regla se establece la duración del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica, que no excederá de cinco (5) años, y del Certificado internacional de eficiencia energética, que será válido durante la vida útil del buque, salvo en el caso en que pierda su validez de conformidad con las disposiciones del Anexo VI del Convenio MARPOL.

En la regla se establece la duración de la Declaración de cumplimiento, que será válida durante el año civil (del 1 de enero al 31 de diciembre) en el que dicha declaración se expida y durante los cinco primeros meses del año civil siguiente.

Regla 10 – Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto. En virtud de esta regla se permite a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL inspeccionar buques extranjeros presentes en sus puertos o terminales mar adentro bajo su jurisdicción para garantizar el cumplimiento del Anexo VI del Convenio MARPOL.



Ambiosis

Regla 11 – Detección de transgresiones y cumplimiento. En esta regla se disponen competencias adicionales para el ejercicio de la supervisión por el Estado rector del puerto sobre buques en los puertos o terminales mar adentro de una Parte 8 en el Anexo VI del Convenio MARPOL, y para la cooperación entre Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL en la detección, investigación y notificación de presuntos incumplimientos de las disposiciones del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Esta disposición debe estar incorporada a la legislación nacional pertinente; sin embargo, no es necesario incluir la obligación de cooperar con otras Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL en la legislación, sino que basta implantarla mediante memorandos de cooperación o instrumentos similares.

CAPÍTULO 3 – PRESCRIPCIONES PARA EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS BUQUES

Regla 13 – Óxidos de nitrógeno (NO_x) En esta regla figuran las prescripciones de control en relación con los NO_x que son aplicables a los motores diésel marinos instalados. En esta regla se disponen tres modalidades distintas de control, conocidas como Niveles, que se aplican a los buques en función de su fecha de construcción, y los límites de emisión de óxidos de nitrógeno en cada nivel se determinan en función del régimen nominal del motor (rpm).

En esta regla también se enumeran las zonas de control de emisiones (ECA) de NO_x en las que se exigen límites más estrictos (límites de NO_x de nivel III).

En esta regla también se dispone que en determinadas circunstancias, cabe la posibilidad de admitir la relajación respecto de las prescripciones de certificación NO_x para ciertos buques nacionales. Estos casos deben abordarse en el marco de la legislación nacional pertinente. La legislación nacional pertinente debe conferir obligatoriedad a la aplicación del Código técnico sobre los NO_x 2008, a los reconocimientos y los certificados de motores diésel marinos pertinentes.

También es necesario que el Código técnico sobre los NO_x sea obligatorio en la legislación nacional correspondiente. Varios países lo incorporan por referencia y lo publican en orientaciones asociadas a las que se hace referencia en la legislación.

Regla 14 – Óxidos de azufre (SO_x) y material particulado. En esta regla figuran las prescripciones sobre el control de las emisiones de óxidos de azufre y materia particulada que se aplican al fueloil utilizado o transportado para su utilización a bordo de un buque.



Ambiosis

En esta regla también se enumeran las ECA con un valor límite más estricto del contenido de azufre del fueloil (0,10 % m/m) que el límite general (0,50 % m/m) de la regla. Las disposiciones también incluyen prescripciones para que los buques dispongan de procedimientos escritos para el cambio de fueloil y para que estos cambios queden inscritos en un diario de navegación o un libro registro. Las disposiciones incluyen prescripciones para el muestreo del fueloil en uso y a bordo que se está utilizando en el buque o que se lleva a bordo para su posterior uso.

También se incluyen disposiciones para la prueba y la verificación de las muestras del fueloil en uso y a bordo que se recogen utilizando los procedimientos que figuran en el apéndice VI del Anexo VI del Convenio MARPOL. Las Partes que lleven a cabo la supervisión por el Estado rector del puerto de los buques extranjeros deben poner en práctica todas estas disposiciones.

En la regla 14.8 se identifica la prescripción de utilizar el procedimiento de verificación establecido en el apéndice VI del Anexo VI del Convenio MARPOL para analizar las muestras de fueloil en uso o de a bordo. En la legislación nacional debe hacerse referencia a este procedimiento de verificación, ya que se trata de la norma internacional para la comprobación del fueloil en los buques que realizan viajes internacionales.

Regla 15 – Compuestos orgánicos volátiles (COV) Esta regla es aplicable, principalmente, a buques tanque (también a buques gaseros en algunos casos) y en ella se establecen las prescripciones para el control de los compuestos orgánicos volátiles (COV) de los buques tanque cuando se encuentren en ciertos puertos y terminales.

Los buques tanque a los que se aplique esta regla y que transporten crudo han de llevar a bordo y aplicar un plan de gestión de los COV aprobado por la Administración. Una Parte puede optar por aplicar los controles solamente a ciertos puertos o terminales dentro de su jurisdicción. En los casos en los que una Parte designe puertos o terminales de su jurisdicción como lugares en los que deben regularse las emisiones de COV, dicha Parte debe garantizar que se disponga de sistemas de control de la emisión de vapores en dichos puertos y terminales, y de que todos los sistemas hayan sido aprobados por la Parte en cuestión, teniendo en cuenta las normas pertinentes elaboradas por la OMI.

Las obligaciones relativas a la notificación a la OMI en virtud de la regla 15.2, son obligaciones del Estado. Las Partes tienen que decidir cuál es el mejor modo y lugar de reflejar estas obligaciones a nivel nacional, que son también prescripciones en virtud de varios otros convenios de la OMI.

Cabe destacar que en la regla 15.3 se exige que las operaciones de los sistemas de control de la emisión de vapores se lleven a cabo de modo que ningún buque sufra una demora innecesaria.



Ambiosis

La legislación nacional pertinente debe imponer al operador del puerto o la terminal la obligación de cumplir las reglas, con las correspondientes penalizaciones por incumplimiento y el pago de indemnizaciones cuando se causen demoras innecesarias a los buques.

Cuando así se requiere, los medios de soporte de a bordo y en tierra han de ser conformes con lo dispuesto en la circular MSC/Circ.585: *"Normas para los sistemas de control de la emisión de vapores"*.

Las normas están destinadas a aplicarse a los sistemas de control de emisiones de vapor que recogen vapores de cargas inflamables de los tanques de carga de los buques cisterna durante las operaciones de carga o lastrado. Los sistemas de control de las emisiones de vapores que recogen vapores de cargas que tengan características que puedan plantear riesgos además de la inflamabilidad o distintos de ella deberían estar sujetos a una consideración especial por parte de la Administración.

Estas normas no pretenden exigir el uso de sistemas de control de emisiones de vapor, sino más bien recomendar normas de seguridad cuando se utilizan dichos sistemas. La exigencia de recogida de vapores surgirá de una regulación de la Administración portuaria o de la terminal. Estas normas tienen como objetivo promover la seguridad de las terminales, los buques tanque y su personal, reconociendo las características y características únicas de diseño de estos sistemas.

Regla 16 – Incineración a bordo. Esta regla se aplica a la incineración a bordo y en ella se establecen ciertas prohibiciones en relación con las sustancias que pueden incinerarse y las circunstancias en las que la incineración no debería llevarse a cabo dentro de puertos.

En la regla 16.6.2 se dispone que, dependiendo de las circunstancias, se podrá permitir la exclusión respecto de las prescripciones relativas a la certificación de incineradores. Este caso debe abordarse en el marco de la legislación nacional pertinente.

Regla 17 – Instalaciones de recepción. En esta regla se exige que el gobierno de cada Parte se comprometa a garantizar la provisión de instalaciones de recepción adecuadas para el equipo y las sustancias que se quiten del buque.

Esto no significa necesariamente que el gobierno deba proporcionar dichas instalaciones; se podría exigir a una autoridad portuaria o a un operador de terminal proporcionar dichas instalaciones. Esta disposición debe estar incorporada, tal como ocurre en el caso de Chile a la legislación nacional pertinente.

Regla 18 – Calidad y disponibilidad del fueloil. Esta regla impone a las Partes la obligación de regular a los proveedores de fueloil dentro de su jurisdicción a través de las autoridades competentes del Estado.



La regla 18.1 exige a las Partes adoptar "todas las medidas razonables" para fomentar la disponibilidad de fueloil reglamentario e informar a la OMI de dicha disponibilidad. Sin embargo, en función de las necesidades y requisitos del sector marítimo del país, no es necesario que esto se aborde en la propia legislación nacional y puede incluirse en procedimientos administrativos. Lo que es importante, para permitir medidas de ejecución contra buques con pabellón extranjero que entran en puertos y/o aguas territoriales de la Parte, es que se imponen también a las Partes obligaciones a fin de que adopten medidas contra los buques que no utilicen fueloil reglamentario, mientras que el fueloil entregado y utilizado a bordo de los buques debe cumplir las normas establecidas en la regla 18.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

La obligación de notificar los casos de combustible no reglamentario a otras Partes y de adoptar medidas cuando se reciban notificaciones al respecto también viene establecida en la regla. También se exige a los buques sujetos a las reglas 5 y 6 del Anexo VI del Convenio MARPOL registrar los pormenores del fueloil entregado y utilizado a bordo en una nota de entrega de combustible, incluido el contenido de azufre del fueloil.

Dicha nota de entrega de combustible será entregada por el proveedor local de fueloil al buque (regla 18.9 del Anexo VI del Convenio MARPOL) y contendrá, como mínimo, la información especificada en el apéndice V del Anexo VI del Convenio MARPOL.

La nota de entrega de combustible ha de conservarse a bordo durante los tres años posteriores a la entrega del fueloil. En la regla 18.8.2 figura la prescripción de utilizar el procedimiento de verificación establecido en el apéndice VI del Anexo VI del Convenio MARPOL para analizar las muestras de fueloil entregadas al buque. Se debería hacer referencia a este procedimiento de verificación establecido en el apéndice VI en la legislación nacional pertinente, ya que se trata de la norma internacional para la comprobación del fueloil para los buques que realizan viajes internacionales.

En virtud de la regla 18.9 también se exige que la Parte garantice que se designa a una autoridad u organismo apropiado para que lleve a cabo el registro y control de los proveedores locales de fueloil.

Las disposiciones del apéndice V del Anexo VI del Convenio MARPOL son aplicables cuando se elabore legislación nacional, dado que en ellas se indica la información que debe incluirse en la nota de entrega de combustible.

CAPÍTULO 5 – VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES DEL PRESENTE ANEXO

Regla 31 – Verificación del cumplimiento



Ambiosis

APÉNDICES

Apéndice I – Modelo de Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (IAPP) (regla 8)

Apéndice II – Ciclos de ensayo y factores de ponderación (regla 13): En este apéndice se disponen las obligaciones para verificar que los motores diésel marinos cumplen los límites de NO_x aplicables de conformidad con la regla 13, utilizándose a tal efecto el procedimiento de ensayo y el método de cálculo que se especifican en el Código técnico sobre los NO_x revisado de 2008.

Apéndice III – Criterios y procedimientos para la designación de zonas de control de las emisiones (reglas 13.6 y 14.3).

Apéndice IV – Homologación y límites de servicio de los incineradores de a bordo (regla 16). Información que debe incluirse en la nota de entrega de combustible (regla 18.5):

Apéndice VI – Procedimientos de verificación a partir de las muestras de fueloil estipuladas en el Anexo VI del Convenio MARPOL (regla 18.8.2 o regla 14.8).

Apéndice VII – Zonas de control de las emisiones (reglas 13.6 y 14.3)

Apéndice VIII – Modelo de Certificado internacional de eficiencia energética:

Apéndice IX – Información que se ha de presentar a la base de datos de la OMI sobre el consumo de fueloil de los buques:

Apéndice X – Modelo de declaración de cumplimiento – Notificación del consumo de fueloil y de la clasificación de la intensidad de carbono operacional.

Apéndice XI – Modelo de Certificado de exención de las gabarras UNSP: En función de las necesidades y requisitos del sector marítimo del país.

2.3.1.11. Límites Máximos de Emisiones Permitidas por el Anexo VI de MARPOL

Los límites varían según la zona de control de emisiones (ECA) en la que se encuentre el buque y también dependen del tipo de combustible utilizado por el buque y su año de construcción.

Los límites se expresan en términos de porcentaje máximo de contenido de azufre en el combustible y en gramos de NO_x por kilovatio-hora (g/kWh) para los motores principales.

A continuación, se presentan los límites más relevantes establecidos por el Anexo VI del MARPOL:



Ambiosis

Límites de óxidos de azufre (SO_x):

Fuera de las ECAs: El límite máximo de contenido de azufre en el combustible es del 0,5% en masa, desde enero del año 2020.

Dentro de las ECAs: El límite máximo de contenido de azufre en el combustible es del 0,1% en masa. (Este límite es más estricto que el límite global y se aplica en zonas específicas designadas como ECAs).

Límites de óxidos de nitrógeno (NO_x):

Los límites de emisión de NO_x dependen del tipo de motor y su año de construcción. Existen diferentes niveles de exigencia para motores que cumplen con los estándares Tier I, Tier II, Tier III y Tier III (NO_x Technical Code).



Figura N° 2. Nivel de Emisión de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) Establecido por la IMO

Fuente: IMO, Óxidos de nitrógeno (NO_x) regla 13 MARPOL

2.3.1.12. Regulaciones Sobre Emisiones de Motor Tier 4 de la EPA Para Aplicaciones Marítimas

Las regulaciones sobre emisiones de escape Tier 4 de la EPA han reemplazado recientemente las regulaciones anteriores de nivel 4 de transición, nivel 3 y nivel 2 para motores que producen 600 kW y una potencia de salida más alta. Estas regulaciones sobre emisiones de nivel 4 son aplicables para una variedad de embarcaciones que van desde transbordadores y remolcadores hasta grandes embarcaciones que se van al océano.



Ambiosis

Para embarcaciones recreativas, el cumplimiento con la norma EPA nivel 3 sigue siendo la regulación más actual. La EPA ha definido tres categorías de motores para determinar la aplicabilidad de las regulaciones sobre emisiones de escape de nivel 4. Estas son la categoría 1, la categoría 2 y la categoría 3. Una combinación de la potencia máxima del motor y el desplazamiento (L/cilindros) determinan a qué categoría se aplica a cada motor.

Los motores que se usan con mayor frecuencia en remolcadores, embarcaciones de suministro en alta mar, remolcadores, transbordadores de pasajeros, embarcaciones de pesca y super yates, corresponde a la categoría 1.

Las regulaciones de nivel 4 han introducido una mayor reducción en las emisiones de material particulado, óxidos nitrosos e hidrocarburos en comparación con las regulaciones de nivel 3.

Los fabricantes de motores comúnmente usan una tecnología de postratamiento de escape independiente para lograr estas reducciones de emisiones.

EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO EPA NIVEL 4

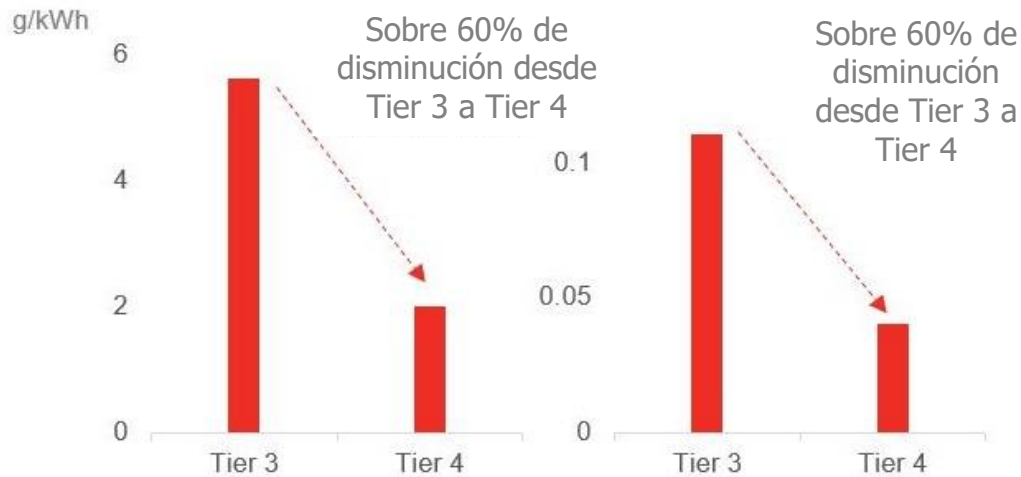
El nivel 4 de la EPA introdujo una reducción del 63% en las emisiones de material particulado sobre las regulaciones de nivel 3 para muchos de los motores por encima de la potencia de salida de 600 kW. Por ejemplo, los motores emiten menos de 0,04 g/kW-hr de material particulado.

ÓXIDOS NITROSOS EPA NIVEL 4

El nivel 4 de la EPA introdujo una reducción del 64% en los óxidos nitrosos y las emisiones de hidrocarburos en las regulaciones de nivel 3 para muchos de los motores por encima de la potencia de 600 kW. Por ejemplo, los motores que cumplen con la norma nivel 4 para aplicaciones marinas emiten menos de 1,8 g/kW-HR de óxidos nitrosos y 0,19 g/kW-HR de hidrocarburos.

Emisiones de NO_x e HC

Emisiones de MP



Para motores comerciales en Categoría 1 de la EPA, específicamente motores entre 35 y 600 kW

Figura N° 3. Más del 60% de Reducción en las Emisiones de NO_x y MP a Través de las Regulaciones Tier 4 de la EPA

Fuente: Environmental Protection Agency, Part 1042 – Control of Emissions from new and in-use marine compression-ignition engines and vessels (Article). Retrieved from <https://www.ecfr.gov>

2.3.1.13. Regulaciones de Emisiones de Etapa V de la UE Para las Vías Navegables en Europa

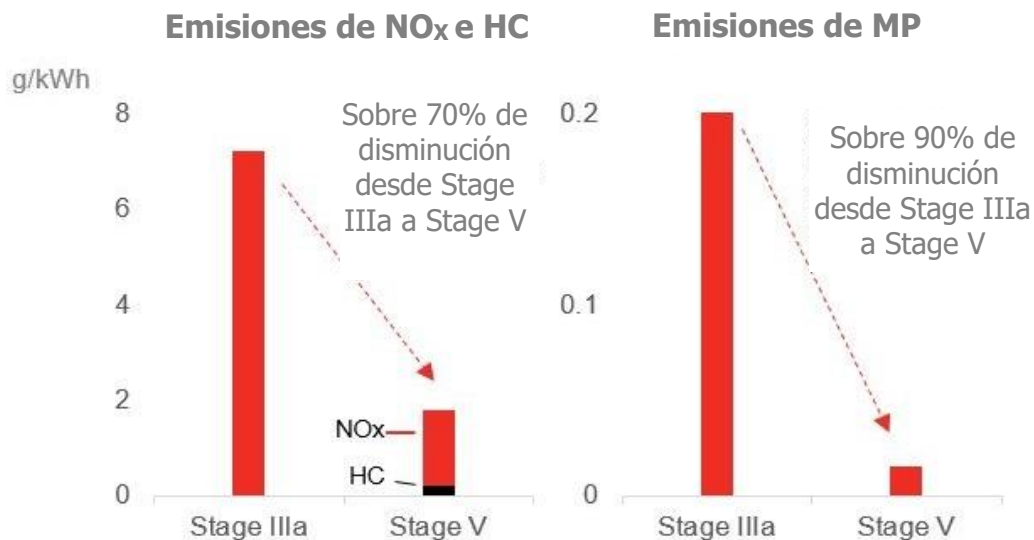
Las emisiones de la maquinaria móvil fuera de ruta de la Unión Europea (NRMM) regulan los motores de diésel utilizados en aplicaciones marinas seleccionadas.

Regulaciones de emisiones de la Comisión Europea centradas en la emisión de gases de escape de buques que operan en vías navegables interiores. La Unión Europea, al igual que la EPA, optó por concentrarse en reducir la emisión de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado.

La etapa V es el último nivel de estas regulaciones. Estos son los aspectos más destacados de las emisiones de etapa V para embarcaciones de navegación interior:

- Una reducción del 72% en la emisión de óxidos nitrosos e hidrocarburos en comparación con la etapa IIIa. Las emisiones de óxidos nitrosos ahora están configuradas a un nivel extremadamente bajo de 1,8 g/kW-hr. Los motores que son capaces de cumplir con estas normas usan la tecnología de postratamiento de reducción catalítica selectiva (SCR) para lograr esta emisión extra baja.

- Una reducción del 93% en la emisión de material particulado en comparación con la etapa IIIa. Las emisiones de material particulado ahora se fijan en el nivel extremadamente bajo de 0,015 g/kW-hr. Además, la introducción del número de partículas (PN) Count conduce esencialmente a un 99,9% de eliminación de todas las MP. Los motores que cumplen esta normativa usan el filtro para partículas de diésel (DPF) para lograr este nivel casi nulo.



Para motores usados en vías navegables interiores y produciendo 300 kW o más de potencia de salida

Figura N° 4. Reducciones Significativas en Emisiones de NO_x y MP a Través de las Regulaciones Stage V en EU

Fuente: Environmental Protection Agency, Part 1042 – Control of Emissions from new and in-use marine compression-ignition engines and vessels (Article). Retrieved from <https://www.ecfr.gov>

2.3.1.14. Reglamento (UE) 2015/757 Relativo al Seguimiento, Notificación y Verificación de las Emisiones De Dióxido De Carbono Generadas Por El Transporte Marítimo Y Por El Que Se Modifica La Directiva 2009/16/CE

El objetivo de este reglamento, en vigor desde el 1 de enero de 2018, es establecer las normas de un sistema de la Unión Europea (UE) para un seguimiento, notificación y verificación (SNV) precisos de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de otra información pertinente de los grandes buques que utilizan los puertos de la UE.

Ámbito de aplicación:



Ambiosis

- El Reglamento se aplica a todos los buques de carga y de pasaje con un arqueo bruto (GT) igual o superior a 5000 que visiten puertos de la UE.
- En virtud del Pacto Verde Europeo tras una modificación del Reglamento (UE) 2023/957, que prevé el seguimiento de otros GEI y de las emisiones de otros tipos de buques, el Reglamento también se aplicará a partir de 2025 a:
 - ✓ los buques de carga general de menos de 5000 GT, pero no de menos de 400 GT;
 - ✓ los buques de alta mar de 400 GT o más.
- Antes del 31 de diciembre de 2024, la Comisión Europea evaluará si deben incluirse buques adicionales de menos de 5000 GT, pero no menos de 400 GT.
- Las normas en materia de SNV se aplican a las emisiones de CO₂, pero a partir de 2024 también se incluirán las emisiones distintas de las de CO₂ (en concreto, metano y óxido nitroso).
- Cubren las emisiones de los buques tanto en el mar como en el muelle.

Seguimiento

- Cada año, las empresas deben seguir las emisiones y otros datos pertinentes de cada uno de sus buques cubiertos por el Reglamento.
- Para garantizar que el seguimiento sea coherente y comparable, las empresas tendrán que documentar la metodología que aplicarán en un plan de seguimiento. Los métodos de seguimiento de las emisiones de GEI y otra información pertinente se establecen en los anexos I y II del Reglamento (UE) 2015/757.
- El plan de seguimiento debe contener la documentación completa y transparente sobre cuestiones como las distintas fuentes de emisiones en el buque y los procedimientos utilizados para determinar los datos de actividad por viaje (es decir, la distancia recorrida, el número de pasajeros, los detalles de las mercancías transportadas, el tiempo que ha pasado en el mar, etc.).
- Las empresas deberán preparar un plan de seguimiento por cada uno de sus buques que esté cubierto por el Reglamento.

Notificación

- Cada año, las empresas deben presentar un informe de las emisiones verificadas externamente a la Comisión y a las autoridades de los Estados de abanderamiento en cuestión.



Ambiosis

- Los buques que hayan visitado los puertos de la UE durante un período de notificación anterior tendrán que conservar a bordo un documento válido de conformidad con las obligaciones de SNV.
- A partir de 2025, antes del 31 de marzo de cada año, las compañías deben presentar, por cada buque bajo su responsabilidad, un informe verificado correspondiente a todo el período de notificación del año anterior a:
 - ✓ la autoridad administradora responsable;
 - ✓ las autoridades de los Estados de abanderamiento interesados, en el caso de los buques que enarbolan pabellón de un Estado miembro de la UE; y
 - ✓ la Comisión.
- A partir de 2025, antes del 31 de marzo de cada año, las empresas también deben presentar a la autoridad administrativa responsable los datos agregados sobre emisiones a escala de la empresa. Estos últimos deben cubrir las emisiones de todos los buques bajo su responsabilidad en el período de notificación del año anterior y deben notificarse con arreglo a la Directiva sobre el régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE) de la UE (Directiva 2003/87/CE) en relación con las actividades de transporte marítimo.

Inclusión de las emisiones del transporte marítimo en el RCDE UE

- En el marco del Pacto Verde Europeo y tras una modificación de la Directiva RCDE UE por la Directiva (UE) 2023/959, las emisiones del transporte marítimo se incluirán en el ámbito de aplicación del RCDE UE a partir de 2024.
- El RCDE UE se aplicará a los buques de carga y de pasaje de 5000 GT y más a partir de 2024, y a los buques de alta mar de 5000 GT y más a partir de 2027.
- El RCDE UE abarcará inicialmente las emisiones de CO₂ de los buques. También abarcará sus emisiones de metano y óxido nitroso a partir de 2026.
- Para garantizar una transición fluida, se prevé un período transitorio. Las compañías navieras pagarán por el 40 % de sus emisiones notificadas para 2024, por el 70 % de las emisiones notificadas para 2025 y por el 100 % de las emisiones notificadas para 2026.
- Se cubrirán todas las emisiones procedentes de viajes dentro de la UE y las emisiones que se emitan dentro de un puerto de la UE, mientras que solo se cubrirá la mitad de las emisiones procedentes de viajes hacia o desde un tercer país.



Ambiosis

Evaluación y revisión

- La Comisión debe publicar un informe anual sobre las emisiones de GEI y otra información pertinente del transporte marítimo, incluidos los resultados agregados notificados por las empresas.
- La Comisión evaluará cada dos años el impacto global de las actividades del transporte marítimo sobre el clima mundial, incluidas las emisiones o los efectos de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ y de partículas con potencial de calentamiento global no cubiertas por el Reglamento.

2.3.1.15. Regulaciones de Emisiones del Ministerio de Ecología y Medioambiente de la República Popular de China

El foco de las regulaciones de emisiones de maquinaria móvil no vial en China está en cinco contaminantes clave: monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, metano y material particulado.

En China, los requisitos de emisiones de la etapa 1 que afectaron a las aplicaciones marinas seleccionadas entraron en vigencia en 2018.

Los requisitos de emisiones de la etapa 2 entran en vigencia a partir del 2021. Estas emisiones de la etapa 2 son aplicables para los buques con pabellón de China que operan dentro de las vías navegables interiores y las zonas costeras.

Con las regulaciones de emisiones de etapa 2 en China, habrá una reducción significativa de emisiones para los motores utilizados en aplicaciones marinas.

Estas nuevas regulaciones sobre emisiones de la etapa 2 son muy similares a las regulaciones recreativas de nivel 3 de la EPA.

Similar a las regulaciones de nivel de la EPA, las regulaciones de emisiones en China también buscan motores en categorías: categoría 1 y categoría 2.

Los motores de la categoría 1 (litros por cilindro entre 1, 2 y 5) tendrán emisiones reducidas con las regulaciones de la etapa 2.

- Hidrocarburos y óxidos nitrosos (HC + NO_x): los motores marinos que cumplen con las regulaciones de emisiones de la etapa 2 emitirán un 19% menos de HC y NO_x en comparación con sus homólogos de la etapa I. Esto significa limitar las emisiones de HC y NO_x a 5,8 g/kWh.



Ambiosis

- Metano (CH₄): los motores marinos que cumplen con las regulaciones de emisiones de la etapa 2 emitirán un 33% menos de metano en comparación con sus homólogos de la etapa I. Esto significa limitar las emisiones de metano a 1 g/kWh.
- Material particulado (MP): los motores marinos que cumplen con las regulaciones de emisiones de la etapa 2 emitirán un 40% menos de MP en comparación con sus homólogos de la etapa I. Esto significa limitar las emisiones de MP a 0,12 g/kWh.

China designó a las zonas del delta de los ríos de las Perlas y Yangtsé, así como las aguas del río Amarillo y mar de Bohai, como ZCE nacionales (ZCEN) en 2015 y anunció una implementación gradual de los requisitos relativos a las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de los buques.

- Desde el 1º de enero de 2017, se requiere que los buques utilicen un combustible que no supere el 0,50 % de azufre mientras estén amarrados en once puertos claves dentro de las ZCEN.
- Desde el 1º de enero de 2018, el tope de azufre de 0,50 % también se aplica a los buques que recalen en otros puertos de las tres ZCEN.
- Asimismo, desde el 1º de enero de 2019, se requiere que los buques utilicen un combustible que no supere el 0,50 % de azufre en todo momento mientras operan en las ZCEN.

A fin de cumplir con los requisitos sobre el nivel de azufre, los buques pueden optar por medidas alternativas equivalentes a las medidas de control antes mencionadas, como el uso de energía eléctrica de la costa y energía limpia, y el tratamiento de los gases de escape.

Se llevará a cabo una evaluación sobre el efecto de las medidas de control mencionadas antes del 31 de diciembre de 2019 para decidir lo siguiente:

- a) si implementar el requisito de 0,1 % m/m de contenido de azufre en las ZCEN;
- b) si extender el alcance geográfico de las ZCEN;
- c) si implementar otras medidas de control.

2.3.1.16. Protocolo de Gotemburgo

El Protocolo de Gotemburgo incluye techos nacionales de emisión específicos para el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el amoníaco y los compuestos orgánicos volátiles, que se fundamentan en los principios de rentabilidad y en los principios basados en los efectos.



Ambiosis

El primer protocolo que se firmó en virtud del Convenio –el Protocolo de Ginebra de 1984 relativo a la financiación a largo plazo del Programa concertado de vigilancia continua y de evaluación de la transmisión a larga distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP)– no definía objetivos de reducción de las emisiones, sino que proporcionaba un programa financiero para financiar las actividades enmarcadas en el EMEP.

Como espina dorsal del Convenio desde una perspectiva científica, el EMEP lleva desde 1977 proporcionando información a los Gobiernos sobre la emisión, el transporte y la deposición de contaminación atmosférica. Dado que el punto de partida para las negociaciones del Convenio fueron la lluvia ácida y la acidificación de ríos y lagos, en el texto del Convenio ya se hacía mención del dióxido de azufre (SO₂).

Actualmente los trabajos realizados en virtud del Convenio se centran en la ratificación y la aplicación.

Otra prioridad son las estrategias dirigidas a abordar los problemas pendientes de contaminación atmosférica, que se delinear en la estrategia a largo plazo actualizada. Esto incluye esfuerzos para incrementar la ratificación y aplicación del Convenio y sus protocolos, incluso obligando efectivamente a su cumplimiento, y garantizar la revisión permanente de los protocolos.

A nivel subregional se han producido algunos logros claves como, por ejemplo, la adopción de la nueva Directiva de la Unión Europea relativa a la reducción de las emisiones nacionales, la cooperación en virtud del Acuerdo sobre la Calidad del Aire entre Canadá y los Estados Unidos, y los esfuerzos realizados para introducir las mejores técnicas disponibles en Europa del Este, el Cáucaso y Asia Central.

A pesar de los avances realizados al amparo del Convenio, la contaminación atmosférica en la región sigue provocando importantes problemas para el medio ambiente y la salud, y siguen surgiendo nuevos desafíos. Además, los avances realizados han sido desiguales en las diferentes subregiones, aumentando la importancia del desarrollo de capacidades para: mejorar competencias; profundizar la comprensión de las disposiciones de los protocolos; mejorar el uso de las capacidades existentes; compartir lecciones aprendidas; y transferir conocimientos relacionados con la vigilancia de la calidad del aire, los inventarios y proyecciones de emisión y las estrategias de reducción.

Esta labor seguirá ocupando un lugar fundamental para que los países, y en especial los de Europa del Este, el Cáucaso y Asia Central, puedan adoptar las mejores técnicas disponibles y cumplir sus compromisos de reducción. En este sentido, el programa de desarrollo de capacidades gestionado por la secretaría y apoyado por varias Partes ha desempeñado un papel importante.



Ambiosis

Desde una perspectiva científica, el trabajo realizado en virtud del Convenio seguirá incluyendo, como componentes esenciales, la toma de decisiones basadas en la ciencia y los enfoques orientados a los efectos como fundamento para la elaboración de políticas sólidas. Este punto fuerte seguirá manteniéndose y, en la medida de lo posible, aumentándose, incluso en lo que respecta a la cooperación entre órganos del Convenio.

Con el incremento de las emisiones a nivel mundial, el transporte entre continentes está aumentando los niveles de base de los contaminantes controlados por los protocolos al Convenio. Esto significa que la contaminación atmosférica transfronteriza procedente de fuera de la región del CEPE/ONU tiene un impacto cada vez mayor en la calidad del aire dentro de sus fronteras. En este sentido, los precursores del ozono troposférico, como el metano, constituyen un motivo de preocupación de primer orden.

Otro motivo de preocupación son las emisiones derivadas del transporte marítimo. Al mismo tiempo, cada vez es más evidente que la contaminación atmosférica de ámbito local, incluso en las ciudades, se ve muy influida por el transporte transfronterizo y a gran distancia de contaminantes, y que las propias ciudades constituyen importantes fuentes de contaminación atmosférica. Un buen ejemplo de ello son las partículas. Por este motivo, es importante investigar la interacción entre las medidas adoptadas a los diferentes niveles de la administración pública, a fin de identificar estrategias de reducción adecuadas a escala múltiple.

Además, la contaminación atmosférica es el eslabón central en la interacción entre el ozono, el nitrógeno, el cambio climático y los ecosistemas, lo que requiere, cada vez más, de un enfoque integrado para la elaboración de políticas medioambientales, también fuera de la región del CEPE/ONU.

2.3.1.17. Normas Emanadas de la Capitanía Puerto de Quintero

C.P. QUI. ORD. N° 12.000/ 418 /VRS, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN MARÍTIMO-PORTUARIO EN LA BAHÍA DE QUINTERO, DE 11 AGOSTO 2022.

Esta norma fija las condiciones generales de operación para buques mercantes, en muelles y terminales marítimos de la bahía de Quintero, con el objeto de dar seguridad y hacer eficientes las operaciones marítimas, cautelando la vida humana en el mar, la preservación del medio ambiente acuático, la seguridad de las naves e instalaciones portuarias en la bahía de Quintero.

En su numeral 15, establece 4 instrucciones generales ante el establecimiento de episodios críticos decretado producto de condiciones de ventilación atmosférica y/o la declaración de estados de emergencia por superación de normas primarias de calidad del aire o aumento de las atenciones en servicios de emergencia hospitalarios.



Ambiosis

- 1.- Conforme al Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, y las medidas que los Organismos Sectoriales deberán establecer para su cumplimiento, en caso de decretarse condiciones de mala ventilación en la bahía de Quintero, las empresas deberán activar las medidas descritas en sus respectivos Planes Operacionales, aprobados por Resolución emitida por la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Valparaíso.
- 2.- Los pronósticos meteorológicos de condiciones de ventilación de la bahía, se encontrarán disponibles en forma diaria en la página Web del MMA: <https://mma.gob.cl/pronostico-meteorologico-concon-quintero-puchuncavi/>
- 3.- Los administradores de puertos, muelles y terminales marítimos, así como los capitanes de alijes, agencias y capitanes de naves que se encuentren realizando faenas de rancho de combustible (bunkering), serán los responsables de verificar lo establecido en los puntos precedentes.
- 4.- Es facultad privativa de la Capitanía de Puerto, disponer las medidas preventivas para resguardar la seguridad de las personas, naves, instalaciones portuarias y el medio ambiente acuático, durante episodios de mala condición de ventilación atmosférica que afecte su jurisdicción.

C.P. QUI. ORDINARIO N° 12.000/281 Vrs. DISPONE MEDIDAS ADICIONALES ESPECIALES PARA LAS NAVES EN LA BAHÍA DE QUINTERO, DE 13 JUNIO 2022.

En los considerandos de esta norma, se establece que, todas las naves que recalán a la Bahía de Quintero, en tránsito nacional o internacional, deben cumplir con la normativa de emisiones de gases consignada en el Anexo VI y demás disposiciones para evitar la contaminación y polución marina consignada en el convenio MARPOL y otras publicaciones vigentes ratificadas por el Estado entre las que destaca el D.S. N°105 del Ministerio del Medio Ambiente, de fecha 27 de diciembre de 2018, que aprueba el Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, que tiene como objetivo evitar la superación de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP₁₀, y de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP_{2,5}.

Conforme a lo anterior y otras condiciones de seguridad periódicamente en las naves nacionales son sometidas a revisiones y certificaciones por parte de los Inspectores de Abanderamiento y las naves extranjeras son inspeccionadas por parte de los Inspectores del Estado Rector del Puerto, existiendo un registro estadístico de cada una de las actividades realizadas.



Ambiosis

Agrega que, el artículo 142, inciso 1° del Decreto Ley (M.) N°2.222 de 1978 y sus modificaciones, Ley de Navegación, señala que, se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos. A su vez señala que, bajo el Principio Precautorio Ambiental, y ante los hechos ya conocidos en la comuna de Quintero y Puchuncaví, la Capitanía de Puerto de Quintero requiere restringir medidas que se han implementado, para contribuir de esta manera, al esfuerzo de evitar situaciones que, eventualmente, pueden ocasionar daños ambientales o sanitarios.

Reconoce expresamente que, el periodo de otoño/invierno, según lo establece el capítulo I del PPDA, D.S. N°105, de 27 de diciembre de 2018, estadísticamente presenta mala ventilación, entre los meses de marzo y septiembre de cada año.

1. Fija los puntos de fondeo disponibles dentro de la bahía de Quintero para el periodo comprendido entre el 21 de marzo hasta el 30 de septiembres de cada año.
2. Al detectar o ante denuncia fundada sobre un buque fondeado, en los puntos disponibles, emitiendo humos visibles por sus chimeneas, producto de maniobras no autorizadas, se dispondrá de manera inmediata su salida fuera de los límites del puerto, además del respectivo proceso sancionatorio.
3. Se privilegiará a las naves con ingreso directo (programa de descarga) a muelles y terminales para operar, lo que se materializará en las reuniones de planificación diarias.
4. Se prohíbe toda operación interna (trasvasije) de las naves fondeadas dentro de los límites del puerto, cargada en cualquiera de sus estanques con crudo, crudo reducido, MTBE, Estireno, Alquilate y Asfalto, asimismo, las agencias de las naves que transporten las cargas ya señaladas deberán presentar una copia firmada por el capitán de su *Oil Report Book* parte 1.
5. Se permitirán los alijes de crudo, a las naves que cuenten con sistema recuperador de vapores.
6. Se mantiene la prohibición de realizar venteos forzados, lavados de bodega, limpieza de estanques, desgasificado e inertizado, ya sea atracado, amarrado o a la gira.
7. Los Capitanes de Naves por medio de sus agencias, deberán informar, el contenido, cantidad, N° ONU, ficha técnica y Hojas de Dato de Seguridad, de las cargas a bordo a desembarcar o en tránsito, durante su estadía en la bahía, con a lo menos 48 hrs., de antelación.



Ambiosis

2.3.1.18. Resoluciones de Aprobación de Planes Operacionales

El capítulo VII del PPDA establece en su artículo 49, la presentación de planes operacionales a la SEREMI de Medio Ambiente que serán implementadas por las empresas durante los episodios críticos cuyo objetivo será enfrentar los episodios críticos de contaminación atmosférica por material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}), Dióxido de Azufre (SO₂) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Los Planes Operacionales deberán identificar las fuentes emisoras del establecimiento, sean puntuales, areales o fugitivas, por lo cual estarían incluidas las emisiones de las operaciones de las naves en la bahía.

- a) Resolución exenta N°30, Agosto 2023, COPEC Terminal de productos importados TPI Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto al proceso de transferencia entre buques y tanque: Disminuir el flujo de descarga de buque hacia estanque de techo fijo en un 20 % respecto de su flujo nominal en condiciones de ventilación regular, y en un 30 % en condiciones de mala ventilación.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Bitácora de operaciones de jefe de turno
- Bitácora loading master o bitácora de relación de hechos de operación de transferencia.
- Planilla de control horario de flujos carga y descarga (m³/hr).

Los estanques de techo fijo tienen válvulas de sobre presión, que limitan la descarga de los vapores en las operaciones de carga.

Es recomendable evaluar la efectividad de la medida mediante mediciones en el estanque en que sería implementada, así como asegurar el funcionamiento de las válvulas de sobre presión.

- b) Resolución exenta N° 25, Diciembre 2022, COPEC Terminal de productos importados TPI Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto al proceso de descarga de buques:

En condiciones de mala ventilación, aumentar en un 10% el flujo de GLP durante la descarga de buques, con la finalidad de disminuir la estadía en el muelle y así disminuir las emisiones asociadas al funcionamiento del buque durante las actividades de descarga.



Ambiosis

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Bitácora de operaciones o de jefe de turno disponible siempre al momento de cada fiscalización.
- Flujo volumétrico horario.

Esta medida supone que la reducción del tiempo de la estadía del buque en el muelle reduce las emisiones generadas por los motores auxiliares del buque.

Es recomendable evaluar la efectividad de la medida, si efectivamente se reducen las emisiones atmosféricas.

c) Resolución exenta N°8, Abril 2023, Puerto Ventanas.

Esta resolución incluye tres medidas respecto al proceso de descarga de buques:

- 1) Para Carbón, desde cuchara a tolva de recepción, se considera que cuando el viento tenga un rango entre 7 y 8 m/s se mantendrá la tolva a un 80% de su capacidad a fin de evitar re-suspensión de material. Dentro de la tolva se identificará el 80 %.
 - Esta medida puede ser verificada mediante la cámara ubicada en el sitio 5.
- 2) Para Cemento/clínker, desde cuchara a tolva de recepción, se considera que cuando el viento tenga un rango entre 7 y 8 m/s se mantendrá la tolva a un 80% y 90 % de su capacidad a fin de evitar re-suspensión de material.
 - Esta medida puede ser verificada mediante la cámara ubicada en el sitio 5.
- 3) Para maíz, legumbres, semillas y productos relacionados, desde cuchara a tolva móvil y camión, se considera que cuando el viento tenga un rango entre 7 y 8 m/s se mantendrá la tolva a un 80% de su capacidad a fin de evitar re-suspensión de material. Dentro de la tolva se identificará el 80 %.
 - Esta medida puede ser verificada mediante la cámara ubicada en el sitio 5 y 3.

Estas medidas no están vinculadas a la duración de los episodios críticos, los que en general se producen por mala ventilación con vientos débiles. Por el contrario, están definidas para evitar el levantamiento de material particulado con vientos mayores a 7 m/s.

El levantamiento de material particulado por arrastre del viento se debe a la combinación de ráfagas de viento (promedios de viento de dos minutos) y a la exposición de materiales con contenido de polvo fino (bajo malla 200). Los episodios de ráfagas pueden ser de corta duración por lo que la implementación es de difícil implementación.



Ambiosis

Es recomendable evaluar la efectividad de la medida, identificar la dirección e intensidad de las ráfagas de viento en la zona de las tolvas, así como identificar que materiales descargados presentan polvo fino (análisis de Silt³) susceptible de ser levantado por las ráfagas de viento.

Esta resolución no establece medidas para la carga de concentrados desde puerto a buques.

d) Resolución exenta N°18, Julio 2022, GNL Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto al proceso de venteo de buques:

Constatar que las embarcaciones acaten el Manual de Información y Regulaciones del Terminal GNL-MAR-MA-000 o el que lo reemplace, en relación a la prohibición de venteos o desgasificación de cualquier estanque de buque y estanque de combustible hacia la atmosfera mientras la nave o buque esté atracado y/o en las operaciones de descarga de GNL, bajo cualquier condición de ventilación. Rige esto frente a situaciones normales de operación. En caso de emergencia, se deberá detener la operación de descarga.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Reporte a la Superintendencia del Medio Ambiente con copia a la Seremi del Medio Ambiente de la fecha y la hora de inicio de la descarga desde el buque al terminal, así como la hora de término de la operación.
- Registro en planta del acta del Loading Master de GNLQ, que constate a bordo la prohibición del venteo durante toda la operación de descarga.

La medida considerada corresponde a la detención de la faena de descarga de GNL, solo en caso de emergencia, sin una referencia a las condiciones de ventilación en la bahía.

La detención de la descarga de GNL no implica la reducción de las emisiones de los motores auxiliares de los buques, solo reduce parcialmente la carga a los generadores eléctricos auxiliares.

e) Resolución exenta N°21, Agosto 2022, ENEX S.A Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto al proceso de transferencia entre naves y terminal:

³ [app-c2.pdf \(epa.gov\)](#)



Ambiosis

Disminuir el flujo de descarga de naves de productos potencialmente emisores de COV, y/o que requieran de temperatura para su transporte, en un 30%, en condiciones de mala ventilación, respecto de sus condiciones normales (nominales) de operación.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Bitácora Loading master o bitácora de relación de hechos de operación de transferencia.
- Planilla foliada, de control de bombes control horario de flujos cargas y descargas (m³/hr).

Esta medida no especifica que productos serán incluidos en la reducción, debiéndose definir previamente cuales son los productos potencialmente emisores de COV.

f) Resolución exenta N°22, Octubre 2022, OXIQUIM S.A Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto al proceso de transferencia desde naves a estanques de terminal, de productos potencialmente emisiones de COV y/o que requieran de temperatura para su transporte.

- 1) En condiciones de ventilación buena, regular o mala, las descargas hacia estanques deben estar permanentemente conectados al sistema de reducción térmica oxidativa (RTO).

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro de variables operacionales (COV) del sistema de reducción térmica oxidativa (RTO), almacenadas en la unidad de control del sistema.
 - Concentración de ingreso y salida COV (mg/Nm³).
 - Eficiencia de destrucción de COV mayor o igual al 95% el que se comprobará con el verificador anterior.
 - Bitácora operacional del terminal.
- 2) En condiciones de ventilación regular o mala, no se realizarán venteos desde naves ni operaciones de alije.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro en planta del acta del Loading Master de OXIQUIM, que constate a bordo la prohibición del venteo y del alije mientras la nave se encuentre en el terminal.



Ambiosis

Esta medida no especifica que productos son potencialmente emisiones de COV y/o que requieran de temperatura para su transporte, en las operaciones de descarga.

La detención de la descarga de productos no implica la reducción de las emisiones de los motores auxiliares de los buques, solo reduce parcialmente la carga de los generadores eléctricos auxiliares.

g) Resolución exenta N°23, Octubre 2022, ENAP Terminal Marítimo de Quintero.

Esta resolución incluye una medida respecto a la carga de naves en el Terminal Barcaza. En condiciones de ventilación regular y mala no se realizarán carga de naves en el terminal.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro bitácora operador a bordo (QI-OP-P-09-1).
- Registro horario de volúmenes (QI-OP-P-17-1).

Esta resolución incluye también medidas respecto a operaciones en los Terminales Marítimos

- 1) Para condiciones de buena, regular y mala ventilación, prohibir en B/T amarrados en los terminales de TMQ la generación de humos visibles derivados de pruebas de maquinarias sujetas a mantención o reparación.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro de programa de nave presentado al capitán (de la nave).
 - Registro en planta de del acta de Loading Master de ENAP Quintero, que constate a bordo, la prohibición del venteo o generación de humos visibles mientras se encuentre en el terminal.
- 2) Para condiciones de regular y mala ventilación, no realizar operaciones de transferencia entre naves, de productos emisores de COV ni realizar operaciones de alije.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro en planta de bitácora de las naves.
- 3) Para condiciones de mala ventilación, disminuir el flujo de descarga desde naves de crudos, diésel, kerojet y MGO (diésel marino) en un 30 % respecto del flujo nominal de operación de las líneas de transferencia.



Ambiosis

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Copia de bitácora de operaciones o de jefe de turno.
 - Registro del flujo volumétrico horario.
- 4) Para condiciones de regular ventilación, disminuir el flujo de descarga desde naves de crudos, diésel, kerojet y MGO (diésel marino) en un 20 % respecto del flujo nominal de operación de las líneas de transferencia.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Copia de bitácora de operaciones o de jefe de turno.
 - Registro del flujo volumétrico horario.
- 5) Para condiciones de regular y mala ventilación, disminuir el flujo de descarga desde naves para Gasolinas y MTBE en un 20 % respecto del flujo nominal de operación de las líneas de transferencia.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Copia de bitácora de operaciones o de jefe de turno.
 - Registro del flujo volumétrico horario.
- 6) Para condiciones de regular y mala ventilación, no realizar venteos forzados en los terminales de TMQ.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Programa de carga y descarga de naves.
 - Registro en planta del acta del Loading Master de ENAP Quintero, que constate a bordo, la prohibición del venteo mientras se encuentre en el terminal.
- 7) Para condiciones de regular ventilación, reducir en un 20% respecto del flujo nominal, el flujo de transferencia de MTBE y gasolinas durante las maniobras de carga. La reducción corresponderá a 1.200 m³/h cuando se realice a través de las líneas de 16" (del terminal LPG y del T. Multicrudo) y a 320 m³/hr cuando se realice a través de la línea de 8" (terminal LPG).

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro de control volumétrico horario.
- Registro de altura de tanque PI System o TDC.



Ambiosis

- 8) Para condiciones de mala ventilación, reducir en un 40% respecto del flujo nominal, el flujo de transferencia de MTBE y gasolinas durante las maniobras de carga. La reducción corresponderá a 900 m³/h cuando se realice a través de las líneas de 16" (del terminal LPG y del T. Multicrudo) y a 240 m³/hr cuando se realice a través de la línea de 8" (terminal LPG).

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Registro de control volumétrico horario.
- Registro de altura de tanque PI System o TDC.

Para condiciones de Inversión Térmica $\geq 2^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con los datos de "temperatura a 10 m y 40 m -estación principal", disminuir el flujo de descarga de naves para crudos, gasolinas, MTBE, diésel, Kero jet y MGO, en un 50% respecto del flujo nominal de las respectivas líneas de transferencia.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Copia de bitácora de operaciones o de jefe de turno.
- Flujo volumétrico horario.

- 9) Para condiciones de Inversión Térmica $\geq 2^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con los datos de "temperatura a 10 m y 40 m -estación principal", detener las maniobras de descarga de naves para Gasoil, crudo reducido, IFO-380, IFO 2020, decantado entre otros productos sucios.

Esta medida puede ser verificada mediante:

- Copia de bitácora de operaciones o de jefe de turno.
- Flujo volumétrico horario.

Estas medidas consideradas están orientadas al control de emisiones de COV en las operaciones de carga y descarga de productos, pero no consideran las emisiones generadas por los motores principales y auxiliares de las naves.

2.3.1.19. Fallo de la Excelentísima Corte Suprema Rol N°149.171-2020
Que Rechaza Parcialmente el Plan de Descontaminación de Quintero Puchuncaví y Ordena a Ministerio Del Medio Ambiente Complementar Medidas

Corte Suprema rechazó plan de descontaminación de Quintero Puchuncaví y ordena a Ministerio del Medio Ambiente complementar medidas.



Ambiosis

La Tercera Sala estableció que la resolución del Segundo Tribunal Ambiental, que aprobó el plan, infringe los principios preventivos, contaminador-pagador y progresividad.

La Corte Suprema acogió un recurso de casación y le ordenó al Ministerio del Medio Ambiente complementar el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, incorporando una serie de medidas de mitigación.

En la sentencia de casación Rol N°149.171-2020, el fallo señala que, esta Corte Suprema es de parecer de instruir al Ministerio del Medio Ambiente la emisión de un acto complementario al Decreto Supremo N° 105 de 2019, manteniéndose vigente el PPDA reclamado en todo lo que no se oponga a las medidas que se dirán en lo venidero y que deberán ser incluidas en la referida complementación.

La resolución agrega que, por otro lado, las instrucciones específicas que se impartirán serán conciliadas con lo resuelto por esta Corte Suprema en la sentencia dictada el 28 de mayo de 2019 en los autos rol N° 5.888-2019, en cumplimiento del deber de consistencia y congruencia que debe existir entre dos decisiones judiciales que dicen relación con la misma materia.

Precisa, como última consideración general, que en esta oportunidad no serán ordenadas medidas reparatorias, por no haber sido solicitadas en el libelo, sin perjuicio de lo instruido en otras sentencias de esta Corte relacionadas con el conflicto específico de que se trata, en especial aquella a que se ha hecho referencia en el motivo anterior.

En salvaguardia del principio preventivo el Ministerio del Medio Ambiente complementará el PPDA para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, incorporando:

- a) La consideración, para todos los fines a que hubiere lugar, de las mediciones, antecedentes y datos que se encuentren en poder de la autoridad ambiental, anteriores y posteriores al trienio 2015 a 2017, hasta la época más próxima a la emisión del acto complementario, inclusive.
- b) La confección de un inventario de emisiones de NO₂ y SO₂, en tanto agentes precursores del material particulado, seguido de un plan de reducción de emisiones de estos contaminantes, proporcional al diseñado respecto del MP_{2,5} y MP₁₀.

Asimismo, el fallo dispone que, en resguardo del principio contaminador-pagador, el acto complementario mencionado en el considerando anterior agregará al PPDA:

- a) La cuantificación de los costos del Plan, una vez complementado, por agente emisor, mencionando expresa y fundadamente las razones que determinan la distribución de dicha carga entre cada sujeto obligado.



Ambiosis

- b) La estimación de la contribución de cada agente emisor a la implementación de los planes de contingencia destinados a enfrentar episodios críticos, más allá de la reducción o suspensión de emisiones.

La Corte Suprema, además, instruye, por su parte, para la adecuada cautela del principio de progresividad, la complementación considerará:

- a) Un calendario de adecuación paulatina de las emisiones de material particulado en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, hasta alcanzar el nivel de calidad del aire sugerido en la Guía confeccionada por la Organización Mundial de la Salud, en su edición 2021, esto es: (i) $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite anual de concentración de $\text{MP}_{2,5}$; (ii) $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite concentración de 24 horas de $\text{MP}_{2,5}$; (iii) $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite de concentración anual de MP_{10} ; y, (iv) $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite de concentración de 24 horas de MP_{10} .

Dicho objetivo final será precedido, en el calendario, de un cronograma de transición razonable entre cada una de las etapas intermedias previstas en la Guía.

- b) El establecimiento de un plazo máximo para la entrada en vigor de la norma primaria de calidad de compuestos orgánicos volátiles, en actual proceso de elaboración, término que no podrá ser superior a tres años.

Asimismo, el acto reclamado deberá ser complementado incluyendo las siguientes instrucciones impartidas por esta Corte Suprema en la sentencia dictada el 28 de mayo de 2019 en los autos rol N° 5.888-2019, en cuanto resultan pertinentes a la controversia:

- a) La confección de un inventario de todos los contaminantes que no formen parte del PPDA ordenado complementar y que puedan incidir en la generación de episodios críticos en desmedro de los habitantes de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví (literales 'a' y 'd' de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).
- b) Cumplido lo anterior, se elaborará un cronograma de reducción de emisiones e implementación de medidas complementarias, a fin de asegurar la inocuidad de los contaminantes inventariados (literales 'b' y 'e' de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).
- c) El plan de contingencia contenido en el PPDA deberá contener un catastro de las patologías recurrentes en la población y causadas por la contaminación, unido al seguimiento de cada cuadro y la implementación de un mecanismo de vigilancia sanitaria para enfrentar la problemática en su integridad (literal 'g' de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).



Ambiosis

- d) Se anexarán al plan de contingencia antes referido las medidas especiales a adoptar para asegurar la indemnidad de los niños, niñas y adolescentes habitantes de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví (literal 'i' de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).
- e) Se calendarizará la revisión periódica de la declaratoria de latencia y saturación actualmente vigente, que motivó la dictación del acto reclamado (literal "k" de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).
- f) Se dispondrá la inclusión de toda la información que sirva de insumo para la elaboración del PPDA y su complementación en un sitio web que utilice lenguaje claro, a fin de lograr su comprensión por personas no especialistas (literal 'l' de lo resolutivo de la SCS rol N° 5.888-2019).

Decisión adoptada por la Tercera Sala, integrada por los ministros y ministras Sergio Muñoz, Angela Vivanco, Adelita Ravanales, Mario Carroza y Jean Pierre Matus. Fue voto disidente el ministro Matus.

En la resolución de un recurso de protección (Rol N°170.273-2022) tramitado de manera conjunta, se ordenó la adopción de las siguientes medidas:

- I) Las autoridades requeridas velarán por el estricto y completo cumplimiento de las medidas dispuestas en la sentencia de 28 de mayo de 2019 en los autos Rol N° 5.888-2019 de esta Corte y en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las Comunas de Quintero, Concón y Puchuncaví, incluidas las modificaciones y complementos introducidos en el fallo de la causa Rol N° 149.171-2020 de esta Corte.

Corte Suprema revocó sentencia y acogió los recursos de protección por la emergencia ambiental vivida en Quintero y Puchuncaví en junio de 2022

JURISPRUDENCIA

No obstante, las medidas dispuestas en la causa Rol N° 5.888-2019 por la emergencia ambiental, los habitantes de Concón, Quintero y Puchuncaví continúan expuestos a contaminantes.

El pasado 26 de mayo la Tercera Sala de la Corte Suprema en causa rol 170.273-2022 revocó la sentencia de 14 de diciembre de 2022 dictada por la Corte de Apelaciones de Valparaíso, y, en su lugar, acogió los recursos de protección, disponiendo:



Ambiosis

- I) Que, las autoridades requeridas velarán por el estricto y completo cumplimiento de las medidas dispuestas en la sentencia de 28 de mayo de 2019 en los autos Rol N° 5.888- 2019 de esta Corte y en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las Comunas de Quintero, Concón y Puchuncaví, incluidas las modificaciones y complementos introducidos en el fallo de la causa Rol N° 149.171-2020 de esta Corte.
- II) El Ministerio del Medio Ambiente deberá designar a al menos dos funcionarios con dedicación exclusiva para la correcta fiscalización y verificación del cumplimiento del punto I de esta sentencia, los que deberán permanecer en el lugar de su cometido.
- III) La Superintendencia del Medio Ambiente, en conjunto con la Secretaría Regional Ministerial de Salud, la Subsecretaría del Medio Ambiente y las autoridades pertinentes, deberán atender los requerimientos y denuncias de la población afectada con prontitud, proactividad y eficiencia, evitando dilaciones innecesarias.
- IV) La Corte de Apelaciones de Valparaíso tendrá presente que goza de facultades amplias para hacer cumplir lo resuelto, y cualquier otra diligencia tendiente a la efectiva verificación de aquello ordenado hacer o no hacer a través de una decisión firme.

Para contextualizar el 6 de junio de 2022, en la zona Concón – Quintero – Puchuncaví, se constató una concentración alta respecto del contaminante Dióxido de Azufre (SO₂) por lo que la Delegación Presidencial Regional declaró Episodio Crítico por concentración horaria de dióxido de azufre, nivel Emergencia Ambiental por mala calidad del aire para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Se realizaron informes Epidemiológico evacuado por la SEREMI de Salud de la Región de Valparaíso, en el cual se registró un aumento significativo en las atenciones y consultas de salud en la zona, por causas presuntamente ambientales.

Posteriormente se renovaron la declaración de Episodio Crítico. Por lo que fueron suspendidas las clases de todos los establecimientos educacionales y jardines infantiles de Quintero y Puchuncaví, entre los días 6 a 10 de junio del año 2022.

En virtud de lo anterior se presentaron 4 recursos de protección los cuales fueron acumulados, en contra de ENAP Refinerías S.A., CODELCO, Fundición y Refinería Ventanas, AES Andes S.A. y el Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia del Medio Ambiente, el Ministerio de Salud, la Oficina Nacional de Emergencias, la Corporación Nacional del Cobre de Chile, Terminal Marítimo de OXIQUIM, GASMAR S.A. planta Quintero, Terminal de Asfaltos y Combustibles Enx, COPEC y Terminal Marítimo GNL Quintero imputándoles vulneración a sus derechos constitucionales contenidos en los numerales 1, 8 y 9 del artículo 19 de la Constitución Política de la República, por los actos y omisiones ilegales y arbitrarios cometidos por ellos en relación a la emergencia ambiental vivida por Quintero y Puchuncaví.



Ambiosis

La Corte de Apelaciones de Valparaíso rechazó los recursos de protección señalando que su procedencia decae cuando el asunto se encuentra sometido al conocimiento de los órganos constitucionales competentes, en particular cuando los mismos hechos de contaminación del aire en las comunas de Quintero y Puchuncaví, ahora reiterados, ya han sido objeto de conocimiento por parte de la Excm. Corte Suprema, ante quien se ha planteado precisamente una controversia que implica analizar el cumplimiento de las medidas que dispuso en aquella ocasión, lo que inhibe a la Corte de Apelaciones de pronunciarse al respecto. Ante el máximo tribunal de justicia dicha decisión fue apelada.

La Corte Suprema acogió el recurso de apelación revocando lo dispuesto por la Corte de Apelaciones y acogiendo los recursos de protección. Para lo cual tuvo a la vista toda la normativa aplicable y haciendo énfasis en que casi cuatro años después de producirse los eventos de emergencia ambiental y sanitaria que dieron origen a los autos Rol N° 5.888-2019 de la Corte y no obstante las medidas dispuestas en el fallo dictado el 28 de mayo del 2019 al efecto, los habitantes de Concón, Quintero y Puchuncaví continúan expuestos a contaminantes, cuestión que ha quedado manifiestamente en evidencia con ocasión de los hechos denunciados ocurridos en junio del año 2022.

Declaró que los episodios de contaminación constatados vulneran tanto la garantía constitucional de derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, como la protección de la salud y la vida de los habitantes de las comunas afectadas, limitados en el curso normal de sus vidas, por evacuaciones, fiscalizaciones y testeos ambientales, y, algunos de ellos, padeciendo daño físico por efecto de los contaminantes presentes en la zona.

Al efecto, recordó que en los autos rol N° 5888- 2019 dispuso de 15 medidas con el fin de restablecer el imperio del derecho, al amparo de sus facultades conservadoras, sin que hasta la fecha se les haya dado íntegro cumplimiento, de modo que no se ha logrado el efecto esperado en orden a prevenir la ocurrencia de nuevos eventos de contaminación, pues- como se ha dicho con esta misma fecha en los autos rol 154.690- 2020 sobre recurso de queja, a pesar del tiempo transcurrido, aun no se ha efectuado por el Ministerio de Medio Ambiente el estudio pertinente para establecer, de manera cierta y debidamente fundada, el método más idóneo y adecuado para determinar la naturaleza y características precisas de los gases, elementos o compuestos producidos por todas y cada una de las fuentes presentes en la Bahía de Quintero, Ventanas y Puchuncaví, cuestión que resulta ser determinante, en tanto siguiendo con dicho mandato, es que el resto de las autoridades conminadas deberán disponer lo pertinente para implementar las acciones que emanen de dicho informe, lo que resulta concordante con los resultados del Informe Final N° 27/22 de la Contraloría General de la República en cuanto a las necesidades, ausencias, debilidades, falta de antecedentes, e insuficiencias que en dicho documento se hacen constar.



Ambiosis

Reiteró además la obligación de todos los órganos del Estado de actuar, de manera proactiva y coordinada en pos de la consecución de los objetivos públicos establecidos y el bienestar de la población, en especial existiendo bienes jurídicos protegidos de tanta relevancia como la vida y la integridad física y psíquica de aquellos a quienes han de proteger.

Corte Suprema Rol N° 170.273-2022

Para el caso de las normativas vigentes y aplicables a nivel nacional, se señalará cual es la entidad fiscalizadora de los instrumentos señalados.

Corresponde en este punto pronunciarse fundadamente sobre los límites de competencia en materia fiscalizadora entre la SMA y la DIRECTEMAR, definiendo a cuál de estas instituciones y en qué circunstancias corresponde fiscalizar las emisiones provenientes del transporte marítimo. (Buques, remolcadores, etc.).

Conforme al artículo 55 del Plan de Descontaminación, corresponde a la Superintendencia de Medio Ambiente la fiscalización y verificación del permanente cumplimiento de las medidas que establezca el presente Plan, de conformidad a su ley orgánica contenida en el artículo segundo de la Ley N°20.417, y sin perjuicio de las atribuciones de los organismos sectoriales que participan en la implementación del Plan.

Para dicho efecto, la Superintendencia del Medio Ambiente destinará en el plazo de tres meses contado desde la publicación del presente decreto, a fiscalizadores con dedicación exclusiva para la fiscalización de las medidas contempladas en el presente Plan.

2.3.2. Identificación de las Entidades Fiscalizadoras con los Mecanismos de Verificación de Cumplimiento de Dichas Normativas

La norma que regula esta materia es el Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA, Plan de prevención y descontaminación atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

El artículo 55 de este Plan de Prevención y Descontaminación, establece que la fiscalización y verificación del permanente cumplimiento de las medidas que establezca el presente plan será efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente, de conformidad a su ley orgánica contenida en el artículo segundo de la Ley N°20.417, y sin perjuicio de las atribuciones de los organismos sectoriales que participan en la implementación del Plan. Para dicho efecto, la Superintendencia del Medio Ambiente destinará en el plazo de tres meses contado desde la publicación del presente decreto, a 2 fiscalizadores con dedicación exclusiva para la fiscalización de las medidas contempladas en el presente Plan.



Ambiosis

Sin perjuicio de la regla general antes citada, en el artículo 38 de este mismo Plan, se establece que a partir de la publicación del presente decreto, las naves que realicen faenas de carga y descarga en muelles, monoboyas, boyas multipropósito asociados a los terminales marítimos de la bahía, deberán dar cumplimiento a las exigencias del Anexo VI "*Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica ocasionada por los Buques*", del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), y sus enmiendas. La Autoridad Marítima ejercerá la supervisión de dichas exigencias conforme a lo estipulado en el citado Convenio. En consecuencia, es la DIRECTEMAR la responsable de velar por el cumplimiento de las regulaciones de MARPOL.

Coherentemente con lo señalado esta Autoridad Marítima debe enviar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la SEREMI del Medio Ambiente en marzo de cada año, un informe que dé cuenta del cumplimiento de las exigencias del presente artículo, de las sanciones impuestas y del nivel de actividad anual de naves que hayan ingresado a la bahía de Quintero, durante el año calendario anterior. El primer informe deberá remitirse a más tardar dentro los primeros seis meses de vigencia del plan.

Por su parte el artículo 52 de Plan, señala que, con la finalidad de realizar el seguimiento a las emisiones atmosféricas de las fuentes sujetas al Plan, la SEREMI del Medio Ambiente actualizará anualmente, en el mes de junio de cada año, el inventario de emisiones del año anterior, de aquellos establecimientos que representen el 80% de las emisiones de MP, NO_x, SO₂ y COV, y cada 5 años el inventario de emisiones de todas las fuentes emisoras sujetas a este Plan.

El inventario anual antes señalado deberá incorporar las emisiones atmosféricas de las naves que ingresen a la bahía de Quintero.

2.3.3. Recopilación Bibliográfica Con Las Respectivas Referencias Verificables

A continuación se presenta la recopilación bibliográfica con las respectivas referencias verificables:

- Icade Business School Fundación Valencia port Master en gestión portuaria y transporte intermodal MARPOL VI: análisis de las medidas de implantación e intervención en los puertos de la comunidad valenciana autor: Giuseppe romeo tutor: Raúl Cascajo Jiménez promoción: 2017/2018 26ª Edición
- Estrategia Inicial OMI para la reducción de GEI procedentes de los buques Oficina de Cambio Climático de la Armada 24 de junio 2021. DIRECTEMAR.



Ambiosis

- OMI. Las reglas de la OMI para introducir medidas de intensidad de carbono entraron en vigor el 1 de noviembre de 2022.
- Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Decreto Supremo N°10 de 2015 del MMA.
- Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA, PPDA CQP.
- Decreto Supremo N° 39 de 2021 del MMA.
- Decreto Ley 2222 Ley de Navegación de 1978.
- DFL N° 292 (Última Versión 2002), Ley Orgánica de la Dirección General Del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
- Decreto Supremo N° 141 de 2021 del MRREE.
- Anexo VI del MARPOL.
- Identificación de Las Cláusulas del Anexo VI del Convenio MARPOL Aplicables a la Bahía de Quintero-Chile.
- Límites Máximos de Emisiones Permitidas Por el Anexo VI de MARPOL.
- Fallo de la Excelentísima Corte Suprema Rol N°149.171-2020.
- Normas Emanadas de la Capitanía Puerto de Quintero:
 - ✓ C.P. QUI. ORD. N° 12.000/_418_/VRS, Establece las Condiciones de Operación Marítimo-Portuario en la Bahía de Quintero, 11 Agosto 2022.
 - ✓ C.P. QUI. ORDINARIO N° 12.000/281 Vrs. Dispone Medidas Adicionales Especiales Para las Naves en la Bahía de Quintero, 13 Junio 2022.
- Reglamento (UE) 2015/757 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29.03.2015, sobre seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el transporte marítimo y por el que se modifica la Directiva 2009/16/CE (DO L 123 de 19.5.2015, pp.55-76).
- Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30.06.2021, establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 401/2009 y (UE) 2018/1999 (Legislación europea sobre el clima) (DO L 243 de 9.7.2021, pp. 1-17).
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: El Pacto Verde Europeo [COM (2019) 640 final de 11.12.2019].



Ambiosis

- Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1927 de la Comisión, de 4.11.2016, sobre los modelos de los planes de seguimiento, los informes de emisiones y los documentos de conformidad contemplados en el Reglamento (UE) 2015/757 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el transporte marítimo (DO L 299 de 5.11.2016, pp. 1-21).
- Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1928 de la Comisión, de 4 de noviembre de 2016, sobre la determinación de la carga transportada por categorías de buques que no sean buques de pasaje, buques de transbordo rodado o buques portacontenedores, de conformidad con el Reglamento (UE) 2015/757 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el transporte marítimo (DO L 299 de 5.11.2016, pp. 22-25).
- Reglamento de Ejecución (UE) 2016/2072 de la Comisión, de 22 de septiembre de 2016, sobre las actividades de verificación y la acreditación de verificadores, con arreglo al Reglamento (UE) 2015/757 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el transporte marítimo (DO L 320 de 26.11.2016, pp. 5-24).
- Reglamento (UE) n.o 1031/2010 de la Comisión, de 12 de noviembre de 2010, sobre el calendario, la gestión y otros aspectos de las subastas de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero con arreglo a la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad (DO L 302 de 18.11.2010, pp. 1-41).
- Directiva 2009/16/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el control de los buques por el Estado rector del puerto (DO L 131 de 28.5.2009, pp. 57-100).
- Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13.10.2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo (DO L 275 de 25.10.2003, pp. 32-46).



Ambiosis

2.4. Actividad 3 a y 4 a y b: Caracterización de las Naves/Embarcaciones que Operan en la Bahía de Quintero, Análisis de los Modelos Internacionales Utilizados Para Estimar Emisiones y Proponer la Metodología a Aplicar en la Estimación de Emisiones en la Bahía de Quintero

Las actividades realizadas para el segundo informe, que se detallan más adelante son:

- Análisis de las metodologías de estimación de emisiones de embarcaciones.
- Inventarios de emisiones internacionales de puertos.
- Análisis de comparado de las metodologías de estimación de emisiones.
- Propuesta metodológica de estimación de emisiones para la bahía de Quintero.
- Caracterización de los combustibles utilizados por las naves/embarcaciones.
- Caracterización de naves/embarcaciones.
- Identificación y análisis estadístico del tráfico marítimo de las naves/embarcaciones.
- Análisis estadístico de los tiempos de maniobra y estancia.

2.4.1. *Análisis de las Metodologías de Estimación de Emisiones de Embarcaciones*

Se presenta un resumen descriptivo de las metodologías de estimación de emisiones de embarcaciones marítimas más conocidas internacionalmente.

2.4.1.1. Ports Emissions Inventory Guidance EPA 2022

Esta guía propone las metodologías para estimar las emisiones de fuentes móviles relacionadas con los puertos y el movimiento de mercancías”, publicada por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) en Abril del año 2022.

Esta guía se basa y reemplaza la versión anterior de septiembre de 2020.

Las fuentes móviles relacionadas con los puertos cubren todo el transporte acuático, desde embarcaciones de recreo hasta grandes cargas oceánicas. Barcos propulsados principalmente por motores diésel de velocidad alta, lenta y media y, ocasionalmente, por motores diésel, turbinas de vapor o de gas, incluyendo aerodeslizadores e hidroalas.



Ambiosis

La guía cuenta con 7 capítulos principales:

- Planeamiento de un inventario de emisiones en un puerto.
- Los buques transoceánicos.
- Embarcaciones portuarias.
- Embarcaciones de recreo.
- Maquinaria para el movimiento de carga (fuera de ruta).
- Vehículos en ruta.
- Trenes.

La metodología propuesta puede ser clasificada como Top Down o Bottom Up, dependiendo de la información de niveles de operación utilizados en el cálculo.

Planeamiento del Inventario de Emisiones en un Puerto

Para el planeamiento de un inventario de emisiones atmosféricas en un puerto, se deben considerar principalmente:

- Sectores de fuentes móviles a incluir.
- Contaminantes a incluir.
- El área geográfica a cubrir.
- El período de tiempo a cubrir.

Buques Transoceánicos

El sector de los buques oceánicos (OGV) abarca los buques que transportan carga y/o personas entre diferentes puertos. "Oceánico" se utiliza aquí como término descriptivo, ya que muchos de estos buques operan en los océanos, ya sea navegando internacionalmente a través de océanos u operando extensamente en zonas costeras.

La metodología provee los factores de emisión para los diferentes tipos de embarcaciones, que dependen de su año de fabricación, tamaño, tipo de combustibles, para los motores principales, calderas y motores auxiliares, modos de operación y condición de operación.

Los niveles de actividad pueden tener diferentes orígenes, pero deben especificar el tiempo que toma las actividades de cada una de las embarcaciones que serán estimadas en el inventario. Dependiendo



Ambiosis

Embarcaciones Portuarias

Las embarcaciones portuarias cubren todos los buques marítimos comerciales que no son buques oceánicos. Las embarcaciones portuarias suelen pasar la mayor parte de su tiempo operativo en o cerca de un solo puerto o región. Estos buques suelen tener motores de Categoría 1 (C1) o Categoría 2 (C2) y usar diésel destilado como combustible, no incluye embarcaciones con motores de gasolina o embarcaciones diésel de recreo.

Embarcaciones de Recreo

Las embarcaciones marinas de recreo son embarcaciones que se explotan principalmente con fines de placer o que se alquilan a otro para el placer de este último.

Esta categoría incluye lanchas a motor, cruceros, yates, motos acuáticas y otros tipos de embarcaciones de recreo motorizadas. También incluye todos los motores de gasolina.

Maquinaria Para el Movimiento de Carga (Fuera de Ruta)

El sector de equipos de manipulación de carga abarca equipos utilizados para mover carga, productos, y suministros alrededor de un puerto u otra terminal de carga, y dentro y fuera de embarcaciones marítimas, vagones y vehículos de carretera.

Esta sección puede usarse para cuantificar los inventarios de emisiones en puertos o en otros lugares donde se mueve la carga, como centros de distribución de carga fuera del puerto o terminales de carga intermodales donde la carga se transfiere entre ferrocarril y camiones.

Este tipo de maquinaria normalmente se clasifican como "equipos no viales", es decir, equipos móviles que no operan en carreteras.

Vehículos en Ruta

El sector de vehículos de carretera se incluye automóviles, autobuses, camiones y otros vehículos de motor que circulan por las carreteras.

Esta sección podría utilizarse para cuantificar las emisiones de la actividad de los vehículos de carretera que se produce por motivos de un puerto y también en corredores de transporte cercanos fuera de los límites del puerto que se determinen como apropiado incluir, según el propósito del inventario.



Ambiosis

Trenes

El sector ferroviario cubre las emisiones de las locomotoras. Las operaciones ferroviarias relacionadas con los puertos suelen ser caracterizadas en dos categorías:

- Transporte de línea y actividad de conmutación.
- Operaciones de transporte de línea en un entorno portuario referidas al movimiento de carga al principio o al final de un viaje de recorrido de línea, donde la carga se recoge o es entregada para su transporte a lugares fuera del puerto por tierra o agua.

Las actividades de cambio implican el montaje y desmontaje de trenes, clasificación de vagones y entrega de vagones vacíos a terminales.

2.4.1.2. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016

EMEP corresponde a la European Monitoring and Evaluation Programme y cuenta con una guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos, la cual en el capítulo 1.A.3.d "*Navigation (Shipping)*" (EMEP/EEA, 2016), describe las emisiones generadas por naves.

Esta categoría de fuentes cubre todo el transporte acuático, desde embarcaciones de recreo hasta grandes cargas oceánicas. Barcos propulsados principalmente por motores diésel de velocidad alta, lenta y media y, ocasionalmente, por motores diésel, turbinas de vapor o de gas. Incluye aerodeslizadores e hidroalas.

La navegación por agua provoca emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), así como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC), dióxido de azufre (SO₂), partículas (PM) y Óxidos de nitrógeno (NO_x), generados por los motores de combustión interna de las embarcaciones.

Las emisiones de escape de la navegación surgen de:

- Motores utilizados como motores de propulsión principal;
- Motores auxiliares utilizados para proporcionar energía y servicios dentro de los buques.

Los factores de emisión están dados en kg/ton de combustible, para el nivel Tier I por lo cual se requiere estimar como nivel de actividad el consumo de combustible específico para cada actividad desarrollada. Para los niveles Tier 2 y Tier 3 se entregan factores de consumos específicos en gr/kwh por tipo de maquinaria y combustible.



Ambiosis

Los valores indicados están referidos a ENTEC UK Limited (2007). '*Ship Emissions Inventory – Mediterranean Sea, Final Report for Concaawe*', April 2007, IPCC 1997 y Winther and Nielsen (2011) para el BC.

2.4.1.3. Fourth IMO GHG Study 2020. IMO 2021

El Estudio de GEI de la OMI utiliza las directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Este estudio presenta los resultados detallados del inventario de emisiones del transporte marítimo internacional para el período de este Estudio (2012-2018), considerando el impacto de CO_{2e} del N₂O y CH₄.

Durante el período, las emisiones de CO₂ equivalentes del transporte marítimo internacional ascendente aumentaron un 5,7 y un 8,3 % según la asignación basada en el viaje y en el buque, respectivamente. Incluyendo BC, representada con un potencial de calentamiento global (GWP) de 900, las emisiones internacionales de GEI para el transporte marítimo en 2018 serían un 7% más altas, totalizando 810 millones de toneladas de CO_{2e}.

2.4.1.4. Directrices del IPCC de 2006 Para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

Esta guía cuenta con el capítulo 3.5 para navegación marítima y fluvial, cubre todo el transporte marítimo y fluvial desde lo recreativo hasta los grandes transatlánticos de carga impulsados principalmente por motores diésel de baja, media y alta velocidad y, en ocasiones, por turbinas de vapor o de gas. Incluye los aerodeslizadores y aliscafos.

La navegación marítima y fluvial provoca emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), así como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), dióxido de azufre (SO₂), materia particulada (PM) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

Nivel 1

El método de Nivel 1 es el más simple y puede aplicarse con los valores por defecto o con la información específica del país.

Los datos de consumo de combustible y los factores de emisión del método de Nivel 1 son específicos del tipo de combustible y deben aplicarse a los datos de la actividad correspondientes (p. ej. gas/diésel oíl usados para la navegación).



Ambiosis

El cálculo se basa en la cantidad de combustible quemado y en los factores de emisión para el CO₂, CH₄ y el N₂O.

El nivel 1 de esta guía permite hacer desarrollar inventarios de emisiones tipo Top Down.

Nivel 2

El método de Nivel 2 también utiliza el consumo de combustible por tipo de combustible, pero exige los factores de emisión específicos del país con mayor especificidad en la clasificación de los modos (p. ej., barcos y botes transatlánticos), tipo de combustible (p. ej., fuelóleo) y hasta el tipo de motor (p. ej., diésel).

Al aplicar el Nivel 2, se debe observar que la guía de inventario de emisiones de EMEP/CORINAIR (EEA, 2005) ofrece una metodología detallada para estimar las emisiones de los barcos, sobre la base del tipo de barco y de motor, y los datos de movimientos del barco.

El nivel 2 de esta guía permite hacer desarrollar inventarios de emisiones tipo Botton Up.

2.4.1.5. Metodología de Estimación de Emisiones Para las Naves que Hacen Ingreso a la Bahía de Quintero, Armada de Chile 2021

Esta guía fue desarrollada por la empresa SERPRAM para la Autoridad Marítima, con el fin de desarrollar inventarios anuales de las emisiones de contaminantes criterio generados por los tubos de escape de las embarcaciones marítimas.

El desarrollo de esta metodología se encuentra basado en la guía "*Ports Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions*", publicada por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) en septiembre del año 2020.

La metodología propuesta corresponde al desarrollo de un inventario de emisiones de contaminantes tipo botón up, con el uso de los datos de niveles de actividad registrados por la Autoridad Marítima local.

2.4.1.6. AP-42 de la EPA, Capítulo 5.2 Transporte y Comercialización de Líquidos Derivados del Petróleo, Julio de 2008

Para la estimación de emisiones evaporativas generadas por los procesos de transporte de combustibles en buques que operan en la bahía de Quintero, se cuenta con los factores de emisión sugeridos por el AP-42 de la EPA, capítulo 5.2 Transporte y comercialización de líquidos derivados del petróleo, Julio de 2008.



Ambiosis

En el caso de las cargas de gasolinas desarrolladas en la bahía de Quintero, desde tierra a buques de cabotaje para su distribución nacional, se requiere identificar si cuentan con sistemas de control de emisiones evaporativas y su eficiencia estimada.

Los niveles de actividad a ser utilizados, corresponden a los volúmenes de combustibles transferidos desde tierra a buque en la bahía de Quintero.

2.4.1.7. Análisis Comparado de las Metodologías de Estimación de Emisiones

La tabla siguiente muestra un análisis comparado entre las diferentes metodologías de estimación de emisiones.

Tabla N° 2. Análisis Comprado de Metodologías

Metodología	Alcances	Limitaciones	Factores Determinantes
Ports Emissions Inventory Guidance, EPA-420-B-22-011 April 2022.	Inventarios detallados y georreferenciados	Requiere de información base de niveles de actividad detallados	Permite el desarrollo flexible de inventarios anuales, locales y georreferenciados
E MEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016.	Inventarios detallados y georreferenciados	Requiere de información base de niveles de actividad detallados	Permite el desarrollo flexible de inventarios anuales, locales y georreferenciados
Fourth IMO GHG Study 2020. IMO 2021.	Inventarios nacionales de GHG.	Está orientado al desarrollo de inventarios nacionales de GHG.	No permite la estimación de gases locales.
Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories. IPCC 2006.	Inventarios nacionales de GHG.	Está orientado al desarrollo de inventarios nacionales de GHG.	No permite la estimación de gases locales.
Guía Metodológica Inventario de Emisiones, Armada de Chile 2021.	Inventario para la bahía de Quintero detallado	Se requiere actualizar los niveles de actividad local e incluir fuentes de emisión no consideradas	Utiliza la metodología sugerida por US EPA



Ambiosis

Metodología	Alcances	Limitaciones	Factores Determinantes
AP-42 de la EPA, Capítulo 5.2 Transporte y Comercialización de Líquidos Derivados del Petróleo.	Inventarios de emisiones evaporativas de COV detallados.	Está orientado al desarrollo de inventarios locales de COV.	Permite el desarrollo flexible de inventarios anuales, locales y georreferenciados

Fuente: Elaboración propia.

En la aplicación de las metodologías se pueden desarrollar inventarios de emisiones muy detallados, desde estimaciones de emisiones para un solo buque, en un día de operación específico, para una ubicación específica (georreferenciados) y separados para cada fuente de emisión en el mismo buque, es decir se puede separar las emisiones generadas por los motores principales, motores auxiliares, generadores eléctricos, calderas de calefacción del combustible, incineradores de residuos y emisiones evaporativas de los combustibles o materiales transportados.

También es posible desarrollar inventarios de emisiones agrupados o resúmenes anuales o nacionales, para los cuales se pueden usar valores promedios o por defecto, sugeridos por las mismas metodologías o que se pueden obtener de las estadísticas disponibles. Para el desarrollo de un inventario de emisiones es necesario partir definiendo su objetivo, el que definirá si se requiere la georreferenciación y su cobertura geográfica y temporal.

En general los inventarios publicados son resúmenes anuales, que pueden tener una desagregación mayor registrada en el estudio de base utilizado.

2.4.2. *Inventarios de Emisiones Internacionales de Puertos*

Este capítulo incluye una descripción resumida de los inventarios de emisiones de 20 puertos internacionales, identificando la metodología de cálculo utilizada para cada caso.

2.4.2.1. *Puerto de Vancouver - Canadá*

El puerto de Vancouver es el más grande de Canadá y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles y pasajeros. El inventario de emisiones del puerto de Vancouver se actualiza cada 5 años. Se utiliza la tecnología de posicionamiento a bordo de cada buque para el registro de sus niveles de actividad, se estiman las emisiones de sus motores principales, motores auxiliares y calderas.



Ambiosis

Las estimaciones de emisiones de los remolcadores portuarios que escoltan a los buques cisterna posicionan los buques en las terminales y remolcan barcasas y troncos por todo el puerto, se basan en los registros del operador sobre el uso de combustible.

Los factores de emisión provienen de organizaciones que realizan investigaciones y/o pruebas, incluida la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.

2.4.2.2. Puerto de Barranquilla – Colombia

El puerto de Barranquilla desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores y graneles.

En el desarrollo del inventario de emisiones el método utilizado es el Bottom-Up Tier III basado en el movimiento del barco (EEA-EMEP, 2016).

El inventario de las embarcaciones que atracaron en el terminal marítimo para el año 2018 fue informado por la sociedad portuaria y la DIMAR, así como información referente al tipo (Contenedor, General, Granelero y Granelero), día y hora para su atraque y zarpe.

2.4.2.3. Puerto de Callao – Lima Perú

El puerto de Callao es el más grande de Perú y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles y pasajeros.

Para el desarrollo del inventario año base 2018, los factores de emisión se obtienen de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/EEA de 2019.

Para NO_x, COVNM, MP y consumo de combustible, los factores de emisión en g/kWh se basan en los factores predeterminados del Nivel 3 para diferentes tipos de motores y operaciones. Para metales, CO, NH₃, la guía solo proporciona factores predeterminados de Nivel 1/Nivel 2 en gramos/tonelada de combustible y estos se han utilizado.

Para el Benceno y el carbón negro, se basan en los perfiles de especiación de COVNM y MP, respectivamente, como se indica en la Guía.

2.4.2.4. Puerto de Barcelona - España

El puerto de Barcelona desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles y pasajeros.

El método utilizado es el Bottom-Up fue el Tier III basado en el movimiento del barco (EEA-EMEP, 2016).



Ambiosis

El inventario de las embarcaciones que atracaron en el puerto de Barcelona es informado por la Autoridad Portuaria de Barcelona, así como información referente al tipo de embarcación, día y hora para su atraque y zarpe.

2.4.2.5. Puerto de Valencia - España

El puerto de Valencia es el más grande de España y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, pesca, vehículos y pasajeros.

El método utilizado es el Bottom-Up fue el Tier III basado en el movimiento del barco (EEA-EMEP, 2016). En general los inventarios realizados en Europa se ajustan a la metodología propuesta por EEA-EMEP, 2016 o sus actualizaciones.

El inventario de las embarcaciones que atracaron en el puerto de Valencia es informado por la Autoridad Portuaria de Valencia, así como información referente al tipo de embarcación, día y hora para su atraque y zarpe.

2.4.2.6. Puerto de Los Ángeles – Estados Unidos

El puerto de Los Ángeles desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El puerto de Los Ángeles desarrolla su inventario de emisiones anualmente, la metodología de estimación de emisiones corresponde al tipo Bottom-Up, y es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.7. Puerto de Long Beach – Estados Unidos

El puerto de Long Beach desarrolla actividades de descarga de contenedores principalmente.

El Puerto lleva a cabo un inventario anual de las de fuentes relacionadas con el puerto, utilizando los datos y metodologías más recientes, para realizar un seguimiento del progreso en la mejora de la calidad del aire y la reducción de los riesgos para la salud de las comunidades circundantes, en comparación con los niveles de 2005 y es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.8. Puerto de Hong Kong - China

El puerto de Hong Kong desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, pesca, vehículos y pasajeros.



Ambiosis

Se dispone de un inventario de emisiones para embarcaciones oceánicas y fluviales compuesto de contaminantes que incluyen dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas respirables (PM₁₀) y partículas finas (PM_{2,5}) para los años 1990 a 2007 dentro de aguas de Hong Kong; y un inventario proyectado de emisiones de 2008 a 2020 bajo diferentes escenarios de control y haciendo referencia a los últimos informes de estudios de desarrollo portuario, planes de desarrollo de cruceros y datos de pronóstico de embarcaciones y es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.9. Puerto de Guayaquil – Ecuador

El puerto de Guayaquil desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles y pasajeros.

Se cuenta con la estimación de emisiones de GEI, los factores de emisión presentados fueron acogidos de dos fuentes básicas para correlacionar los resultados, entre las Directrices de la IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, la OMI, y la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

2.4.2.10. Puerto de Buenos Aires - Argentina

El puerto de Buenos Aires desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores y graneles.

Se cuenta con la estimación de emisiones de GEI, los factores de emisión presentados fueron acogidos de dos fuentes básicas para correlacionar los resultados, entre las Directrices de la IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, la OMI, y la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

2.4.2.11. Puerto de Santos - Brasil

El puerto de Santos es el más grande de Brasil y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

Se cuenta con la estimación anual de emisiones de GEI, Santos Port Authority desarrolló su primer "*Inventario de Gases de Efecto Invernadero*", referido a las operaciones del año 2021 y 2022, de acuerdo con la metodología del GHG Protocol.



Ambiosis

2.4.2.12. Puerto de Leixões - Portugal

El puerto de Leixões es el más grande de Portugal y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El método utilizado es el Bottom-Up fue el Tier III basado en el movimiento del barco (EEA-EMEP, 2016). En general los inventarios realizados en Europa se ajustan a la metodología propuesta por EEA-EMEP, 2016 o sus actualizaciones.

2.4.2.13. Puerto de Tokio - Japón

El puerto de Tokio es el más grande de Japón y desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

Tanto el puerto de Tokio como el de Yokohama también acordaron establecer una asociación Green Shipping Corridor (GSC) con el Puerto de Los Ángeles el próximo año, una iniciativa destinada a reducir las emisiones a lo largo de sus respectivas rutas comerciales y promover barcos con bajas emisiones de carbono.

El puerto de Los Ángeles ya ha establecido asociaciones GSC con los puertos de Shanghai y Singapur, la metodología de estimación de emisiones es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.14. Puerto de Nueva York y Nueva Jersey – Estados Unidos

El puerto de Nueva York desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El puerto lleva a cabo un inventario anual de las emisiones atmosféricas de fuentes relacionadas con el puerto, utilizando los datos y metodologías más recientes, para realizar un seguimiento del progreso en la mejora de la calidad del aire y la reducción de los riesgos para la salud de las comunidades circundantes y es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.15. Puerto de Manzanillo - México

El puerto de Manzanillo desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.



Ambiosis

El puerto cuenta con el inventario de emisiones de GEI que se desarrolló en lineamiento con las metodologías internacionales más reconocidas: Protocolo de gases de efecto invernadero: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte; desarrollado por el World Business Council for Sustainable Development y el World Resources Institute. ISO 14064-1:2006 y NMX-SAA-14064-1-IMNC-2007:

Adicionalmente, se consideró la metodología específica para puertos desarrollada por el World Ports Climate Initiative (WPCI) en su grupo de trabajo Carbon Footprint Working Group y está incluida en la guía "*Carbon Footprinting for Ports Guidance document*", así como la desarrollada en el proyecto CLIMEPORT - Contribución de los Puertos Mediterráneos a la Lucha contra el Cambio Climático.

2.4.2.16. Puerto de Londres - Inglaterra

El puerto de Londres desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El puerto cuenta con un inventario de emisiones tipo bottom up, basado en los niveles de actividad medidos en base al sistema automático de identificación (AIS) y los factores de emisión de EEA-EMEP.

2.4.2.17. Puerto de Melbourne - Australia

El puerto de Melbourne desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

Se cuenta con la estimación anual de emisiones de GEI, de acuerdo con la metodología del GHG Protocol.

2.4.2.18. Puerto de Dubái – Emiratos Árabes Unidos

El puerto de Dubái desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El puerto cuenta con una línea de base absoluta que se estableció en 2019 y, de acuerdo con el Estándar de informes y contabilidad corporativa del Protocolo de GEI, se recalcula de forma anual.



Ambiosis

2.4.2.19. Puerto de Shanghai - China

El puerto de Shanghai desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

Al igual que el puerto de Los Ángeles, el puerto desarrolla su inventario de emisiones anualmente, la metodología de estimación de emisiones corresponde al tipo Bottom-Up, y es consistente con las guías de estimación de emisiones de la USEPA.

2.4.2.20. Puerto de Montreal - Canadá

El puerto de Montreal desarrolla actividades combinadas de descarga de contenedores, graneles, vehículos y pasajeros.

El puerto de Montreal cuenta con la estimación anual de emisiones de GEI, desarrolló su primer "*Inventario de Gases de Efecto Invernadero*", referido a las operaciones del año 2017, de acuerdo con la metodología del GHG Protocol.

2.4.2.21. Resumen de Comparación de las Metodologías de Estimación de Emisiones de los Puertos Internacionales

La tabla siguiente muestra un resumen comparado de las metodologías usadas en los puertos internacionales y publicados en sus páginas web, en general corresponden solo a los resúmenes de los resultados anuales de las emisiones, sin indicar los tipos de fuentes o antecedentes más completos respecto a las consideraciones tomadas en cada caso.

Tabla N° 3. Resumen de Inventarios en Puertos

Puerto/País	Metodología Usada	Contaminante	Observación Relevante Considerada Para el Inventario de Dicho Contaminante
Vancouver - Canadá	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Barranquilla – Colombia	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Callao – Lima Perú	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Barcelona - España	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento



Ambiosis

Puerto/País	Metodología Usada	Contaminante	Observación Relevante Considerada Para el Inventario de Dicho Contaminante
Valencia - España	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Los Ángeles – Estados Unidos	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Long Beach – Estados Unidos	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Hong Kong - China	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Guayaquil – Ecuador	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Buenos Aires - Argentina	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Santos - Brasil	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Leixões - Portugal	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Tokio - Japón	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Nueva York – Estados Unidos	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Manzanillo - México	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Londres - Inglaterra	EEA-EMEP	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Melbourne - Australia	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Dubái – Emiratos Árabes Unidos	IPCC de 2006	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Shanghái - China	USEPA	MP ₁₀ , MP _{2,5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento
Montreal/Canadá	<i>IPCC de 2006</i>	CO ₂ , CH ₄	Cobertura anual para seguimiento

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Debido a la preocupación mundial por el cambio climático, la mayor parte de los administradores de puerto desarrollan inventarios de Gases de Efecto Invernadero (CO₂ y CH₄) como una medida de seguimiento y evaluación de su desempeño ambiental.

2.4.3. Análisis Comparado de Metodologías de Estimación de Emisiones

Este capítulo realiza un análisis respecto de la comparación de las metodologías Top Down y Bottom Up, para cada contaminante establecido en el presente estudio.

2.4.3.1. Metodología Top Down

La metodología de Top Down o de "*arriba hacia abajo*" consisten en realizar una estimación de emisiones resumida, utilizando la información de los niveles de actividad más agregada posible de obtener. Como ejemplo es posible estimar una emisión para toda la bahía en un año específico si se tiene un reporte de la cantidad de combustible utilizado por todos los buques que operaron durante un año.

Una simplificación de la estimación podría considerar valores medios de consumos de combustible, tiempos de estadía, potencias de los motores, velocidades de operación, calidad de los combustibles, etc.

Un ejemplo de aplicación son los inventarios nacionales de GEI, que se desarrollan a partir de los balances nacionales de consumos de combustibles líquidos por sector productivo, en este caso el transporte naviero del país. Estos inventarios entregan una estimación para un año, para toda la actividad del país en estudio, por lo que no permiten hacer un análisis por bahías, puertos o localidades.

Es factible realizar una estimación agregada para una bahía como Quintero, considerando el total de operaciones navieras desarrolladas para un año, considerando un valor de emisión promedio, sin embargo este tipo de inventarios solo permite evaluar la variación anual de las emisiones totales, sin permitir un análisis más detallado de las fuentes y los aportes relativos de cada una de ellas.

Por ejemplo para el cálculo de las emisiones de material particulado MP₁₀ propuestos por la metodología EPA, considera un factor de 0,3 g/kWh que se puede multiplicar por el número de operaciones anuales (obtenible del reporte de DIRECTEMAR de faenas de practicaje anuales), multiplicado por una potencia promedio anual (KW) que se puede obtener de los inventarios anuales anteriores y una duración promedio de cada estadía (hrs promedio) también obtenible de inventarios anteriores.



Ambiosis

2.4.3.2. Metodología Bottom Up

La metodología Bottom UP o de "*abajo hacia arriba*", consiste en realizar una estimación detallada de las emisiones, utilizando información que permita caracterizar en detalle las emisiones atmosféricas generadas por todas las fuentes de emisión que operan en un sector geográfico determinado.

Este tipo de metodología puede también permitir distribuir geográficamente las emisiones estimadas, permitiendo realizar evaluación del impacto en la calidad del aire que pueden tener las emisiones en diferentes cortes temporales.

En general todas las guías metodológicas revisadas permiten desarrollar inventarios de emisiones resumidos y/o detallados y cuentan con factores de emisión para cada tipo de fuentes de emisión, diferentes tamaños y usos de las embarcaciones marítimas.

En el caso de la bahía de Quintero se desarrollará un inventario de emisiones detallado georreferenciado y separado por tipo de embarcaciones y para diferentes contaminantes, que permita desarrollar una modelación de dispersión, los resultados de la modelación permitirán evaluar el impacto territorial que tienen las emisiones generadas por los buques en la calidad del aire de la bahía y comparar estos resultados con las normas de calidad del aire nacionales.

2.4.4. Propuesta de Metodología de Estimación de Emisiones Para la Bahía de Quintero

Se considera una propuesta de metodología de estimación de emisiones desde fuentes de combustión tales como los motores principales, generadores eléctricos y calderas.

2.4.4.1. Propuesta de Metodología de Estimación de Emisiones Por Combustión

En el caso de la bahía de Quintero, se propone desarrollar un inventario anual de las emisiones de las embarcaciones marítimas.

La metodología de estimación de emisiones que ha sido utilizada en los inventarios desarrollados anteriormente corresponde a la sugerida por la EPA, por lo cual con el fin de poder contar con una comparación consistente en el tiempo es recomendable continuar con una metodología lo más similar en el tiempo.

Sin embargo, se deben tener en cuenta algunas consideraciones en la comparación entre diferentes años de los inventarios tales como:



Ambiosis

- La guía metodológica de la EPA ha sido actualizada considerando algunos errores de edición en la guía anterior y que generan diferencias en algunos factores de emisión utilizados.
- Es necesario identificar las fuentes y sus actividades desarrolladas en la bahía, que fueron consideradas en cada escenario.
- Se debe considerar la aplicación de medidas de control de emisiones, como las establecidas por MARPOL, en cada escenario evaluado.

MARPOL establece a partir del año 2020 una modificación del contenido de azufre en el combustible, reduciendo desde un límite de 3,5 % a 0,5 % de azufre en el combustible marítimo. Esta modificación tiene un impacto directo en las emisiones de MP y SO_x.

MARPOL también establece un límite de emisiones de NO_x reglamentando un procedimiento de certificación de los motores principales de las naves marítimas, lo que también tiene un impacto directo en las emisiones de este contaminante.

Tomando en consideración los siguientes aspectos, es que se sugiere seguir utilizando la metodología sugerida por EPA, para el desarrollo de un inventario detallado o del tipo Botton Up:

- Considerando la experiencia que existe en Chile con la aplicación de dicha metodología.
- Que se requiere el desarrollo de un inventario detallado que permita la evaluación del impacto en la calidad del aire de las emisiones generadas por las operaciones de las naves.
- Que se requiere implementar un seguimiento anual de las emisiones generadas por diferentes fuentes y sus actividades desarrolladas en la bahía de Quintero.
- Que se requiere evaluar la efectividad que podrían tener la aplicación de medidas de control de emisiones en cada una de las fuentes y sus actividades en la bahía de Quintero.

2.4.4.2. Propuesta de Metodología de Estimación de Emisiones Evaporativas de COV

La transferencia de combustibles tales como las gasolinas desde los estanques de almacenamiento en tierra a buques cisterna, genera emisiones evaporativas de COV.



Ambiosis

Para realizar la estimación se propone como metodología de estimación de emisiones evaporativas de COV generadas por el transporte de combustibles en la bahía de Quintero, la sugerida por AP-42 de la EPA, capítulo 5.2 Transporte y comercialización de líquidos derivados del petróleo, Julio de 2008.

Esta metodología incluye las emisiones generadas por la carga de combustibles a barcos, desarrolladas en terminales portuarios y la metodología para las emisiones evaporativas por el transporte y almacenamiento en buques de combustibles líquidos.

Para la estimación de las emisiones de Benceno se considera el contenido de este contaminante en las gasolinas normado en Chile, correspondiente a menos del 1 %, de acuerdo al DS 60/2012 del Ministerio de Energía.

2.4.5. Caracterización de los Combustibles

A continuación, se presentan los requerimientos normativos de los combustibles líquidos para uso marino en Chile, así como la caracterización de los utilizados en naves/embarcaciones.

2.4.5.1. Requerimientos Normativos de Combustibles en Chile

Las especificaciones y requerimientos de calidad para los combustibles líquidos derivados del petróleo para uso marino difieren de aquellos combustibles líquidos para otros usos; por lo anterior la calidad del diésel marino debe cumplir con las especificaciones de calidad establecidas en el Decreto Supremo 103, de 2019, del Ministerio de Energía.

Dicho decreto indica las siguientes especificaciones que deben cumplir los combustibles para uso marino que se utilicen en los motores diésel y calderas de las embarcaciones:



Ambiosis

Tabla N° 4. Especificaciones de Petr6leos Di6sel Para Uso Marino

Característica	Unidad	Límite	Categorías						Métodos de Ensayo ASTM
			DMX	DMA	DFA	DMZ	DFZ	DMB	
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	Máx	5,50	6,00	6,00	11,00	D445, D7042		
		Min	1,40	2,00	3,00	2,00			
Densidad a 15 °C	Kg/m ³	Máx	--	890,0	890,0	900,0	D4052, D1298		
Azufre	% m/m	Máx	0,50	0,50	0,50	0,50	D2622, D4294, D5453		
Punto de inflamación	°C	Min	43,0	60,0	60,0	60,0	D93, D3828, D6450, D7094		
Cenizas	% m/m	Máx	0,010	0,010	0,010	0,010	D482		

Fuente: SEC

Tabla N° 5. Especificaciones de Petr6leos Residuales Para Uso Marino

Característica	Unidad	Límite	Categorías										Métodos de Ensayo ASTM	
			RMAR		BRMD	RME	RMG				RMK			
			10	30	80	180	180	380	500	700	380	500		700
Viscosidad cinemática a 50°C	mm ² /s	Máximo	10	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700	D445, D7042
Densidad a 15 °C	Kg/m ³	Máximo	920	960	975	991	991				1010			D4052, D1298
Azufre	% m/m	Máximo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				0,5			D2622, D4294, D5453
Punto de inflamación	°C	Mínimo	60	60	60	60	60				60			D93, D3828, D6450, D7094
Cenizas	% m/m	Máximo	0,04	0,07	0,07	0,07	0,10				0,15			D482

Fuente: SEC



Ambiosis

2.4.5.2. Caracterización de los Combustibles Marítimos en Chile

A continuación se resumen las características de los combustibles en Chile utilizados en las naves/embarcaciones, en comparación con el combustible de transporte terrestre:

Tabla N° 6. Características de los Combustibles Chilenos

Sigla	Significado	Uso	Punto de Inflamación °C	Densidad a 15 °C kg/m³	% Ceniza	% S
VLSFO	Combustible de Muy Bajo Azufre	Marino	60	920 a 1010	0,01	0,5000
MGO	Diésel Marino tipo DMA	Marino	60	890	0,01	0,5000
IFO 380	Combustible residual mezcla de Petróleo Pesado, Gasóleo, y Diesel.	Marino	85	991	0,06	1,3600
Diésel A1	Diésel RM	Terrestre	52	0,85	0,01	0,0015
Diésel B1	Diésel resto de Chile	Terrestre	52	0,85	0,01	0,0015

Fuente: COPEC

La información de los combustibles marinos fue obtenida de la caracterización entregada por COPEC Marine (<https://ww2.copec.cl/marine-fuels#productos-mf>), la cual se adjunta en anexo.

2.4.6. Caracterización de las Naves/Embarcaciones

Como parte de esta actividad se realizó la compilación de la caracterización de las naves/embarcaciones que operan en la Bahía de Quintero en base a la información recibida para el periodo comprendido entre 2018 a 2023, considerando la información de las bases de datos de los movimientos portuarios proporcionados por la Autoridad Marítima y visitas a los terminales portuarios de Quintero.

La especificación de las metodologías de venteos, no se incluye en las bases de datos, debido a que no se considera relevante, debido a la prohibición por parte de DIRECTEMAR de realizar venteos en la bahía de Quintero.



Ambiosis

2.4.6.1. Remolcadores

Los remolcadores son embarcaciones de apoyo a las actividades portuarias y cumplen la función de tirar o empujar a los buques que estén realizando sus operaciones en la bahía, también pueden apoyar operaciones en alta mar.

Permanecen la mayor parte del tiempo en la bahía y cuentan con motores de propulsión principales, usualmente que operan con petróleo diésel marino y generadores eléctricos auxiliares para las labores de soporte de la embarcación.

Las operaciones como el atraque o desatraque con los buques de mayor tamaño pueden requerir de hasta cuatro remolcadores, solo operaciones como fondeos a la gira pueden realizarse sin el apoyo de remolcadores. Los remolcadores por ser buques de operación local no están sometidos a la normativa de emisiones de MARPOL, por lo cual su motorización no cumple con alguna normativa de emisiones.



Figura N° 5. Remolcador "Huairavo"

2.4.6.2. Buques de Carga General

Los buques de carga general pueden transportar desde vehículos, maquinarias, alimentos, materiales de construcción o personas.

Este tipo de buques operan en Quintero en los muelles de ASIMAR donde destacan el transporte de todo tipo de mercadería a la Isla de Pascua y en el muelle de Puerto de Ventanas con graneles tales como concentrado de cobre o ácido sulfúrico.

Los buques de bandera internacional o que realizan transporte internacional tienen que cumplir lo establecido por MARPOL. Pueden existir naves de este tipo que realicen solo transporte nacional por lo que no tendrían que cumplir con la normativa de MARPOL.



Figura N° 6. Buque de Carga "Nazareno"

2.4.6.3. Buques Petroleros

Los buques petroleros son los que realizan el transporte de petróleo crudo o sus derivados, operan principalmente en el terminal marítimo monoboia para descarga de crudos, en el Terminal Marítimo Multiboia para la carga y descarga de Bencinas 95-97, Diesel A1, Kerojet, en terminal LPG es para combustible limpio y sucio y en el terminal Barcaza es para IFO, MDO, MGO y limpios (Kerojet, Diesel A1).

Este tipo de buques puede separarse entre los que realizan transporte internacional y nacional, por lo cual no todos podrían cumplir la normativa de emisiones de MARPOL.



Figura N° 7. Buque Petrolero "Don Pancho II"



Ambiosis

2.4.6.4. Buques Gaseros

Este tipo de buques son los que transportan gas natural licuado (GNL) y gas licuado de petróleo (GLP). Son buques diseñados especialmente para este tipo de productos y operan durante su carga o descarga en circuito cerrado, previniendo de este modo las posibles emisiones de Hidrocarburos. En general cumplen con la normativa MARPOL ya que operan con transporte internacional. Durante su estadía en el puerto de Quintero, este tipo de buques debe operar sus motores auxiliares con el gas natural evaporado o Boil Of Gas (BOG), por evaporación del GNL.



Figura N° 8. Buque Gasero "Gaslog Saratoga"

2.4.6.5. Buques Graneleros

Este tipo de buques son los que transportan graneles sólidos como carbón, granos, concentrados de cobre y clinker, operan en el muelle de puerto de Ventanas. En general cumplen con la normativa MARPOL ya que operan con transporte internacional.



Figura N° 9. Buque Granelero "Almendro"



Ambiosis

2.4.6.6. Buques Tanque Quimiqueros

Este tipo de buques son los que transportan sustancias químicas tales como hidrocarburos o químicos especiales usualmente líquidos o en contenedores de diferente tamaño.

Los buques tanque quimiqueros pueden operar en los terminales marítimos de OXIQUIM y Puerto Ventanas, la transferencia desde el muelle a los buques no cuenta con sistemas de transferencia de vapores, por lo cual se pueden generar emisiones de COV sin control.

Pueden realizar transporte internacional o nacional, por lo cual no todos podrían cumplir la normativa de emisiones de MARPOL.



Figura N° 10. Buque Quimiquero "Guanaco"

2.4.6.7. Identificación y Análisis Estadístico del Tráfico Marítimo de las Naves/Embarcaciones

La tabla siguiente muestra un resumen de las operaciones totales desarrolladas en cada uno de los muelles o sitios de la bahía de Quintero, se incluyen también las operaciones "a la gira" desarrolladas dentro de la bahía.



Ambiosis

Tabla N° 7. Cantidad de Operaciones Anuales Por Sitio

SITIO	N° Total de Operaciones al Año					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
EL BATO - BOYA	642	645	513	558	799	789
TERMINAL MARÍTIMO MONOBOYA	176	184	104	22	61	164
TERMINAL MARÍTIMO MULTIBOYA	241	225	195	235	206	245
TERMINAL MARÍTIMO BARCAZA	200	239	202	160	124	160
TERMINAL MARÍTIMO LPG	208	136	159	156	196	191
TERMINAL MARITIMO GNL	88	60	56	76	66	56
TERMINAL MARÍTIMO OXIQUIM	225	242	243	299	314	287
MUELLE ASIMAR	28	17	12	8	31	45
MUELLE VENTANAS	504	487	477	478	411	243
FONDEO A LA GIRA	251	74	85	77	68	66
TOTAL DE OPERACIONES POR AÑO	2.563	2.309	2.046	2.069	2.276	2.246

Fuente: DIRECTEMAR.



Figura N° 11. Sitios de la Bahía de Quintero



Ambiosis

La cantidad de operaciones anuales considerada corresponde a la registrada por DIRECTEMAR en sus bases de datos de faenas.

La cantidad de operaciones registradas no corresponde a la cantidad de buques que entran en la bahía, dado que un mismo buque realiza más de una operación, al menos se contabilizan la operación de atraque, de desatraque, y las operaciones de fondeo o de levar a la gira si corresponde.

Del recuento de las operaciones anuales, se puede observar una baja de la cantidad de operaciones durante los años 2020 y 2021 producto de la pandemia.

La mayor cantidad de operaciones están relacionadas a la actividad de transporte de hidrocarburos, en especial a la descarga de petróleo crudo en la monoboja de ENAP, en segundo lugar en número de operaciones aparece el muelle de Puerto Ventanas donde se descargan principalmente graneles sólidos.

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2018.

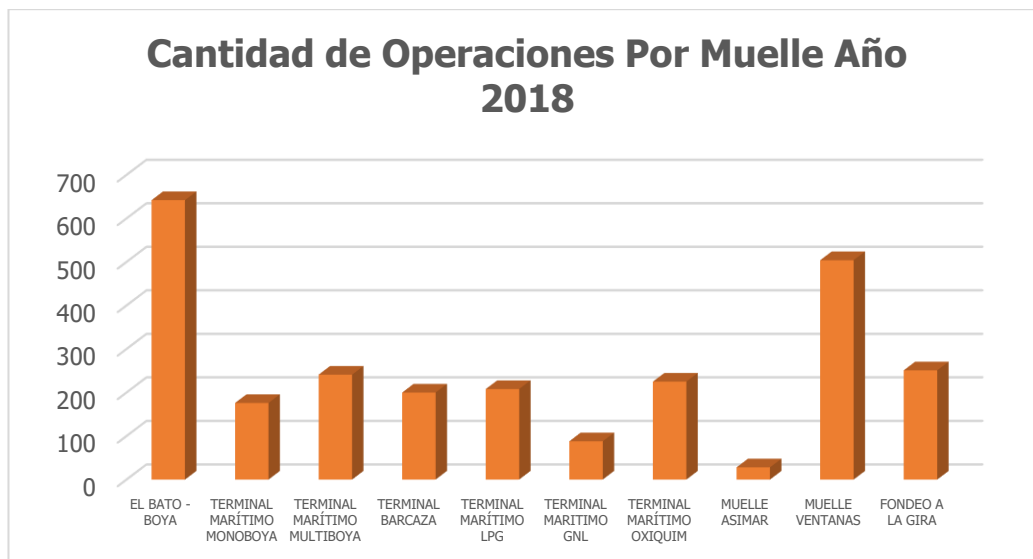


Figura N° 12. Número de Operaciones Año 2018



Ambiosis

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2019.



Figura N° 13. Número de Operaciones Año 2019

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2020.



Figura N° 14. Número de Operaciones Año 2020



Ambiosis

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2021.

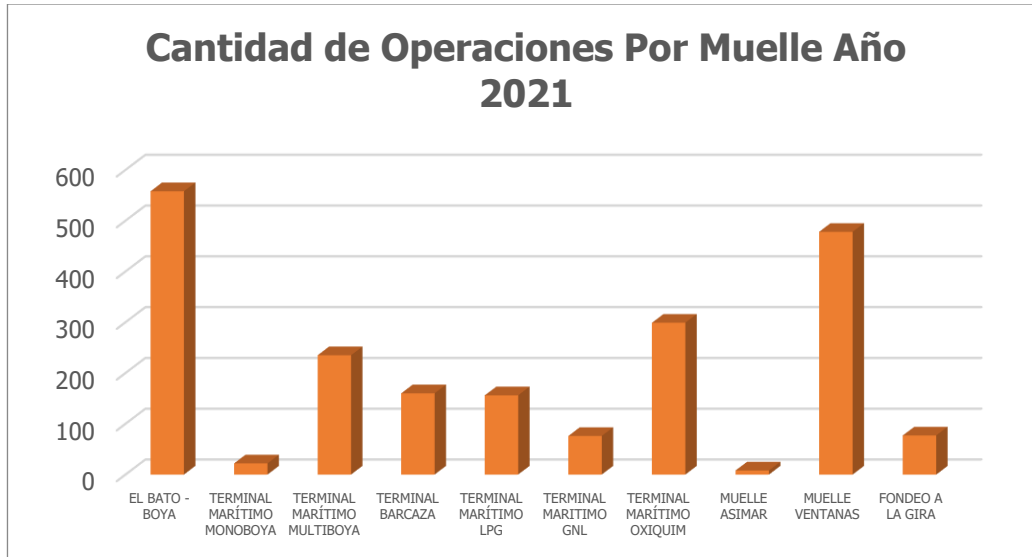


Figura N° 15. Número de Operaciones Año 2021

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2022.



Figura N° 16. Número de Operaciones Año 2022



Ambiosis

La figura siguiente muestra gráficamente la cantidad de operaciones por muelle o sitio de la bahía de Quintero para el año 2023.



Figura N° 17. Número de Operaciones Año 2023

La reducción del número de operaciones no afectó a todos los muelles o sitios de igual manera:

- La monoboya se presenta una reducción en pandemia y un repunte importante de operaciones el año 2022.
- La multiboya presenta una variación no asignable claramente a la pandemia.
- La barcaza presenta una reducción de operaciones en todos los años analizados.
- El terminal LPG presenta un aumento de operaciones sin efecto por pandemia.
- El terminal GNL presenta una variación no asignable claramente a la pandemia.
- El terminal de OXIQUIM presenta un aumento sin efecto por pandemia.
- El muelle ASIMAR presenta una reducción por pandemia.
- El puerto de Ventanas presenta una reducción de sus operaciones debido a la reducción de los embarques de ácido sulfúrico producto del cierre de la fundición en mayo de 2023 y al incendio de las correas de transporte de carbón en diciembre 2022.
- Los fondeos a la gira fueron mayores en cantidad durante la pandemia.



Ambiosis

2.4.7. Análisis Estadístico de los Tiempos de Faena, Gira y Estadía

En este capítulo se realiza el análisis estadístico respecto de los tiempos de faenas, maniobra y estadía en la Bahía de Quintero durante el mismo periodo, individualizado por mes en el Anexo 5.4 para el periodo del estudio comprendido entre el 2018 y el año 2023.

Se realizó la identificación y análisis estadístico del tráfico marítimo en la Bahía de Quintero considerando el tipo de faenas realizadas por las embarcaciones.

En la siguiente tabla se muestra el tiempo promedio anual de los 15 tipos de faena identificadas en los registros proporcionados por la Autoridad Marítima para los años de análisis del presente estudio:

Tabla N° 8. Tiempo Promedio de las Distintas Faenas por Año

Tipo de Faena	Tiempo Promedio Faenas (hrs.)					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Abarloar a la Gira	1,44	1,39	0,89	1,27	1,17	0,91
Abarloar/Desabarloar a la Gira	0,58	0,50	0,60	0,70	0,79	0,70
Abarloar/desabarloar atracado	---	0,25	---	---	0,10	0,25
Amarrarse a una Monoboya	0,91	0,91	0,82	1,33	0,98	0,92
Amarre a Terminal Marítimo	1,60	1,51	1,57	1,76	1,86	1,82
Amarre a una Boya	0,87	0,92	0,85	1,88	2,75	0,97
Atraque	1,80	1,76	1,75	1,95	1,90	1,76
Corrida de Nave en su mismo sitio	1,75	0,65	---	1,94	1,20	1,00
Desamarre a Terminal Marítimo	0,88	0,83	0,84	1,00	1,09	0,99
Desamarre de una Boya	0,29	0,37	0,29	0,38	0,55	0,31
Desatraque	0,81	0,76	0,77	0,78	0,81	0,75
Fondear a la gira	0,68	0,69	0,64	0,68	0,67	0,62
Largarse a la Gira	0,35	0,39	---	0,15	---	---
Largarse de una Monoboya	0,25	0,37	0,30	0,31	0,32	0,32
Levar a la gira	0,36	0,35	0,32	0,36	0,38	0,34

Fuente: DIRECTEMAR.



Ambiosis

Las faenas desarrolladas en la bahía implican un movimiento de las naves con o sin el apoyo de los remolcadores, en general son de corta duración, siendo las operaciones de amarre o atraque de mayor duración debido a que el buque que ingresa a la bahía debe ser girado para ser posicionado en el muelle o boya.

Las faenas de desamarre, desatraque y largarse suelen ser más cortas, debido a que los buques ya están orientados a la salida de la bahía, en el caso de los buques que están “a la gira”, pueden salir de la bahía o iniciar una faena como atraque o amarre.

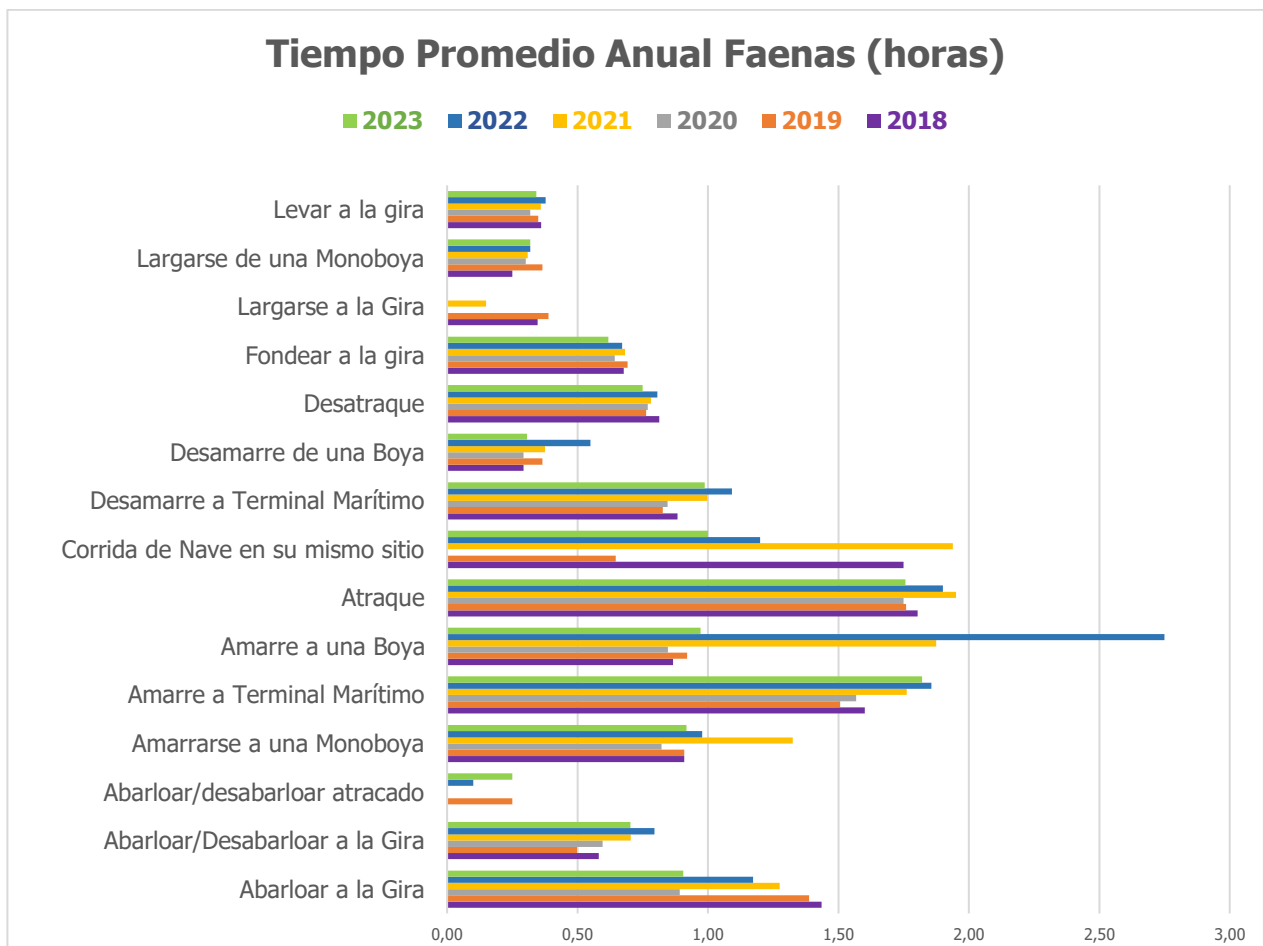


Figura N° 18. Tiempos Promedio Faenas

2.4.7.1. Horas de Operación Anual de las Operaciones

En la siguiente tabla se muestran la suma anual de las horas de operación de los remolcadores, de las faenas de las embarcaciones, el tiempo a la gira de las embarcaciones y el tiempo de estadía de las embarcaciones para los años del estudio.



Tabla N° 9. Horas de Operación Por Año

Horas al Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Operación de Remolcadores	4.388	4.100	3.806	4.633	4.790	4.153
Faenas de las Embarcaciones	2.687	2.393	2.171	2.514	2.674	2.421
Abarloamiento	104	37	22	24	94	53
Tiempo de Estadía de las Embarcaciones	34.844	35.683	32.933	36.513	36.604	32.064
Tiempo a la Gira de las Embarcaciones	41.773	31.559	23.813	35.693	35.942	31.110

Fuente: DIRECTEMAR.

La suma de horas de operación de los remolcadores resulta mayor a la de las faenas, debido a que se puede requerir hasta de cuatro remolcadores para el desarrollo de una faena, lo que depende del tamaño del buque a posicionar y de las condiciones climáticas imperantes.

El tiempo de las faenas muestra un pequeño efecto de la pandemia, que fue superado en los últimos años. En esta condición los buques están con sus motores auxiliares en operación y con el motor principal en baja carga.

Aunque la cantidad de operaciones de "a la gira" no es tan significativa, su duración puede ser más relevante, debido a que está operación puede deberse a la espera de un sitio en muelle o boya o a la espera de condiciones climáticas adecuadas. Debido al cambio climático, las condiciones de marejadas en la bahía han ido en aumento, por lo cual el tiempo de duración podría aumentar en el futuro. En esta condición los buques están con sus motores auxiliares en operación.

El tiempo de estadía corresponde al que efectivamente los buques están realizando operaciones de descarga de productos, estando solo los motores auxiliares en funcionamiento, la suma de las horas presenta una baja en el año 2020 producto de la pandemia y además al incendio de la correa del puerto de Ventanas a fines de 2022.

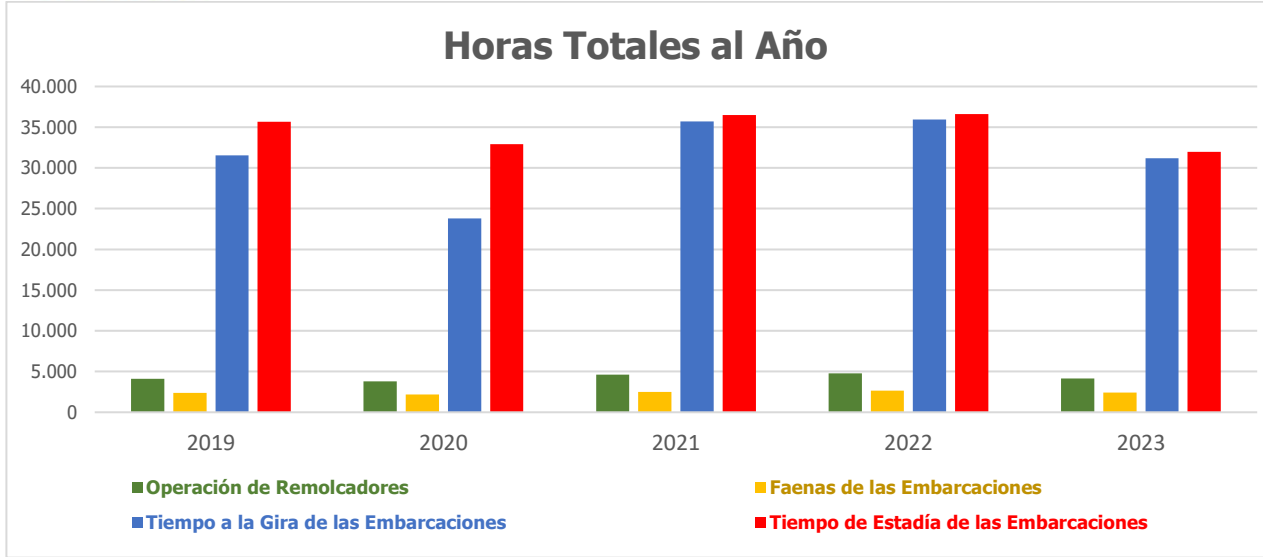


Figura N° 19. Horas de Operación Anual

2.4.7.2. Horas de Operación Anual de las Estadías

La suma de las horas de estadías corresponde al tiempo en que los buques se encuentran atracados o amarrados en un terminal o boya.

Tabla N° 10. Horas de Operación Anual por Muelle

Horas al Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
EL BATO - Boya	3.858	4.825	4.266	5.117	5.212	4.689
TERMINAL MARÍTIMO MONOBOYA	2.363	2.534	1.254	431	755	994
TERMINAL MARÍTIMO MULTIBOYA	4.311	4.501	4.107	5.054	5.399	2.508
TERMINAL BARCAZA	1.235	1.544	1.371	1.093	795	811
TERMINAL MARÍTIMO LPG	3.446	2.881	4.118	4.258	4.080	1.528
TERMINAL MARITIMO GNL	1.206	810	724	977	1.095	428
TERMINAL MARÍTIMO OXIQUIM	3.770	3.779	3.841	5.217	5.608	5.421
MUELLE ASIMAR	1.064	664	132	113	262	254
MUELLE VENTANAS	13.591	14.092	13.120	14.233	13.256	5.035
HORAS DE ESTADÍA POR AÑO	34.844	35.631	32.933	36.491	36.461	21.669

Fuente: DIRECTEMAR.



Ambiosis

En la condición de estadía los buques operan con los motores auxiliares en funcionamiento, ningún sitio, muelle o boya en la bahía de Quintero cuenta con suministro de energía eléctrica a los buques, que permita mantenerlos apagados durante la operación.

A diferencia de la cantidad de operaciones, en este caso las horas de operación mayores son en el terminal de Puerto de Ventanas, seguidos por monoboya y terminal de OXIQUIM. Lo que se justifica en que la duración de cada actividad es de mayor duración especialmente en el caso de la descarga de graneles.

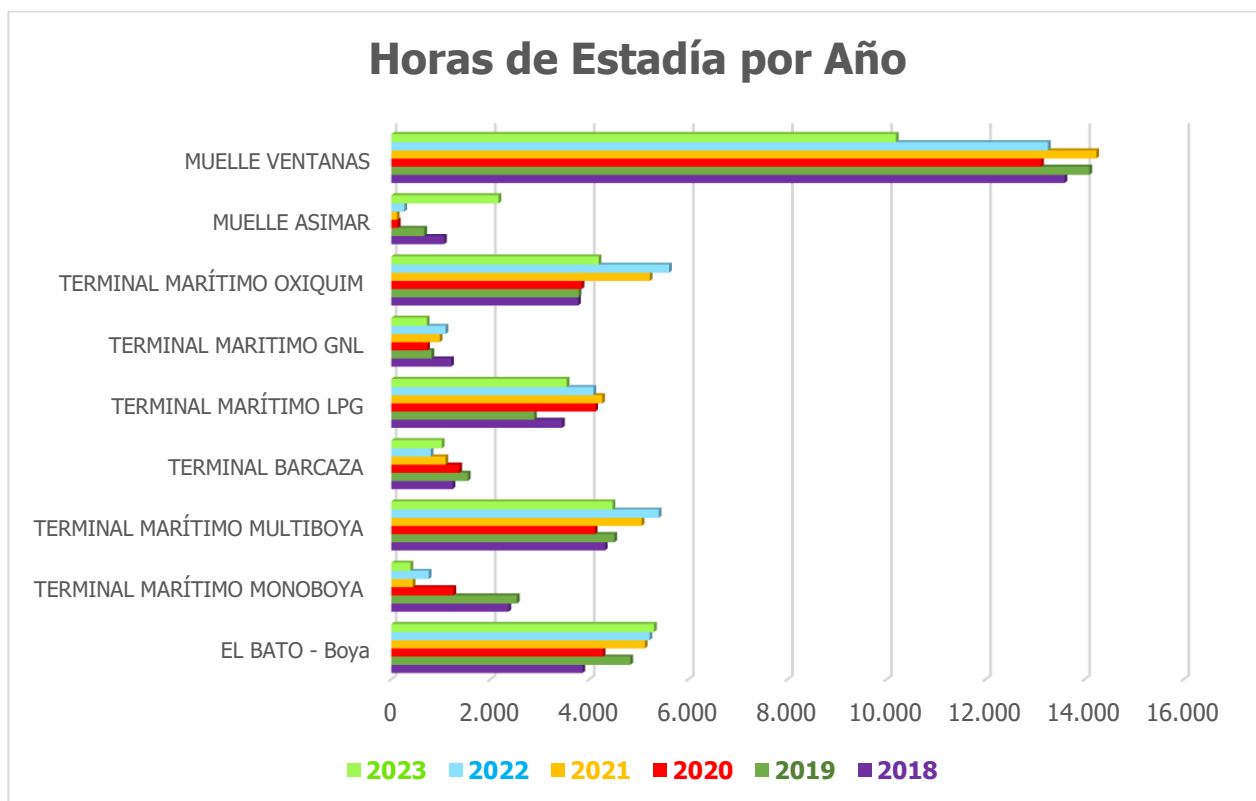


Figura N° 20. Horas de Estadía Anual por Muelle

2.4.7.3. Horas de Operación Anual de los Buques de Cabotaje

Los buques de cabotaje desarrollan el transporte de hidrocarburos, carga general, granos y productos químicos, dentro del territorio nacional, en la actualidad el cabotaje solo puede ser desarrollado por naves con bandera chilena.

Las embarcaciones que realizan solo cabotaje marítimo no están afectas a las reglamentaciones exigidas por MARPOL, ya que no realizan transporte internacional.



Ambiosis

Tabla N° 11. Horas de Operación Anual por Cabotaje de Petroleros

Operación	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Faenas	460	457	439	483	354	347
Estadía	5.970	7.228	7.185	6.795	5.867	4.809
A la gira	1.050	424	0	172	351	196
HORAS POR AÑO	7.480	8.109	7.624	7.451	6.572	5.352

Fuente: DIRECTEMAR.

En el caso de las operaciones de faenas y estadía de los petroleros, representan en promedio un 17,0% y 17,9% respectivamente de las horas totales desarrolladas en la bahía, en el caso de las operaciones a la gira solo representan en promedio un 1,0 % como se muestra en el siguiente gráfico:

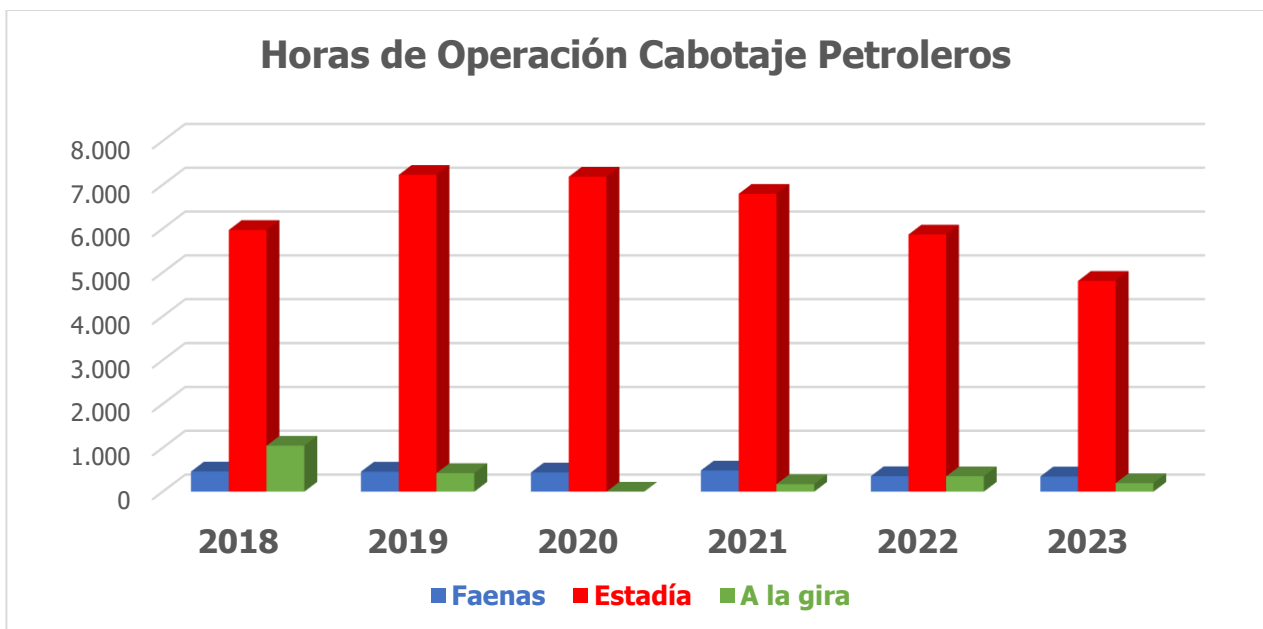


Figura N° 21. Horas de Operación por Cabotaje de Petroleros



Ambiosis

Tabla N° 12. Horas de Operación Anual por Cabotaje de Cargueros de Carga General

Operación	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Faenas	16	4	0	4	12	2
Estadía	1.172	605	0	122	50	22
A la gira	0	0	0	0	350	0
HORAS POR AÑO	1.188	609	0	126	413	24

Fuente: DIRECTEMAR.

En el caso de las operaciones de faenas y estadía de los buques de carga general, representan en promedio un 0,2% y un 0,9% respectivamente de las horas totales desarrolladas en la bahía, en el caso de las operaciones a la gira solo representan en promedio un 0,2 %.

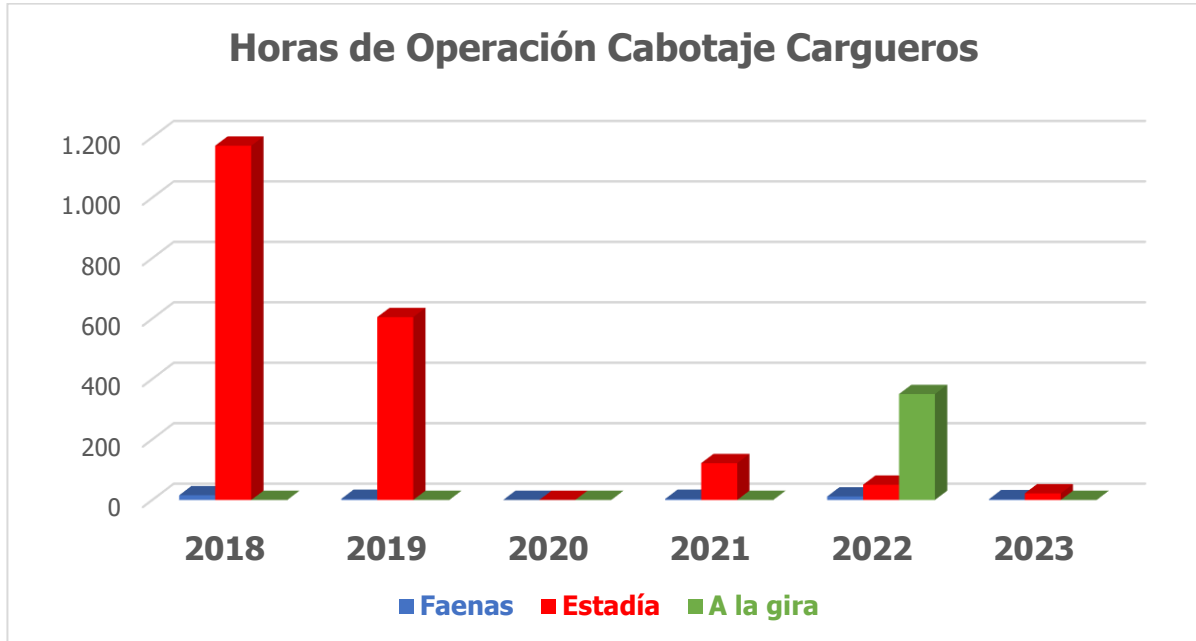


Figura N° 22. Horas de Operación por Cabotaje de Cargueros de Carga General



Ambiosis

Tabla N° 13. Horas de Operación Anual por Cabotaje de Graneleros

Operación	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Faenas	26	30	20	3	0	0
Estadía	758	907	675	106	0	0
A la gira	0	0	0	0	0	0
HORAS POR AÑO	784	937	695	109	0	0

Fuente: DIRECTEMAR.

En el caso de las operaciones de faenas y estadía de los buques graneleros, representan en promedio un 0,5% y un 1,2 % respectivamente de las horas totales desarrolladas en la bahía, en el caso de las operaciones a la gira no presentan operaciones.

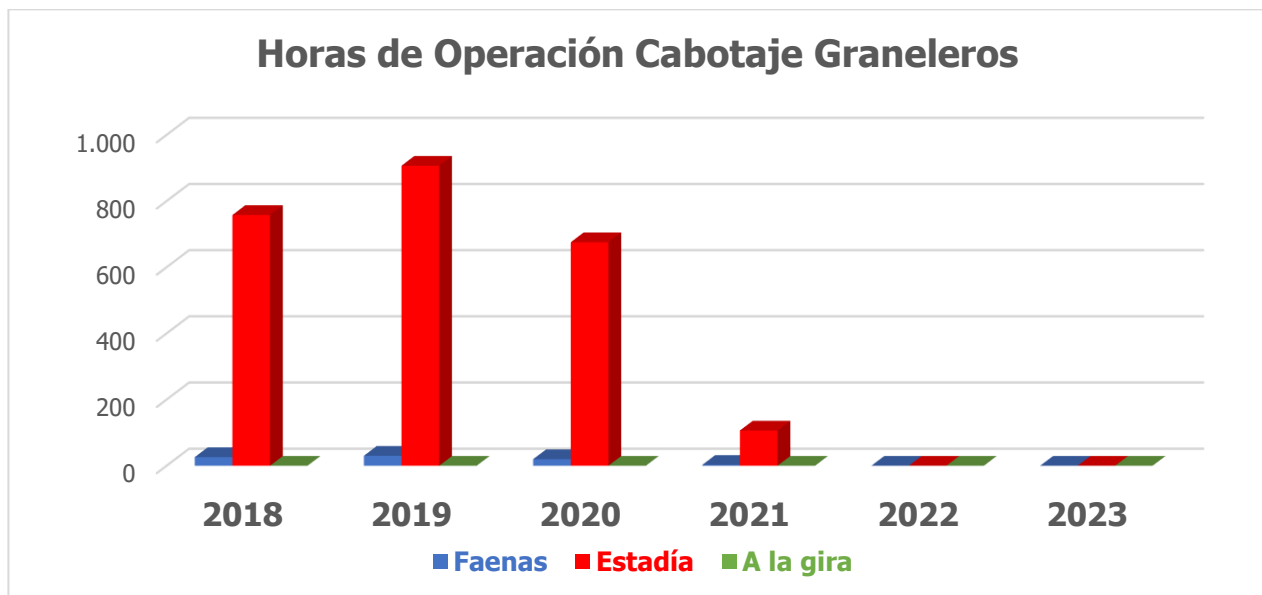


Figura N° 23. Horas de Operación por Cabotaje de Graneleros



Ambiosis

Tabla N° 14. Horas de Operación Anual por Cabotaje de Quimiqueros

Operación	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Faenas	179	176	158	147	153	266
Estadía	2.401	2.771	2.780	3.300	2.301	3.003
A la gira	87	0	0	0	1.006	427
HORAS POR AÑO	2.667	2.947	2.937	3.447	3.460	3.697

Fuente: DIRECTEMAR.

En el caso de las operaciones de faenas y estadía de los buques quimiqueros representan en promedio un 7,1 % y un 7,8 % respectivamente de las horas totales desarrolladas en la bahía, en el caso de las operaciones a la gira solo en los años 2018, 2022 y 2023 presentan operaciones, lo cual representa en promedio sólo un 1 %.

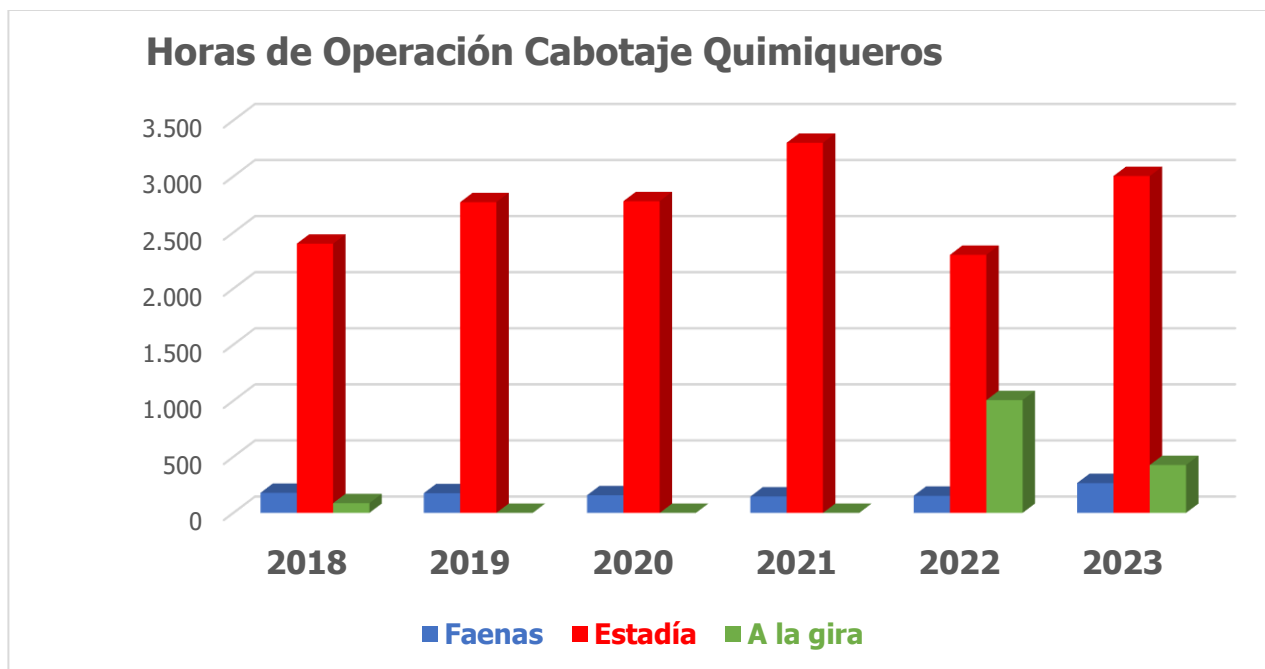


Figura N° 24. Horas de Operación por Cabotaje de Quimiqueros

En total la suma de las operaciones de los buques de bandera nacional que desarrollan operaciones de cabotaje representa en promedio un 25 % de las horas de faena, un 28 % de las horas de estadía y un 2 % de las horas a la gira.



Ambiosis

En la siguiente tabla se resumen las horas totales de cabotaje anual correspondiente a la suma de las horas de operación de los buques petroleros, carga general, graneleros y quimiqueros, para el periodo en estudio (2018 a 2023):

Tabla N° 15. Horas de Cabotaje Total Anual

Horas al Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total petroleros	7.480	8.109	7.624	7.451	6.572	5.352
Total carga general	1.188	609	0	126	413	24
Total granelero	784	937	695	109	0	0
Total quimiquero	2.667	2.947	2.937	3.447	3.460	3.697
Suma horas cabotaje	12.118	12.601	11.256	11.132	10.444	9.073
Total horas en la bahía	79.304	69.635	58.916	74.720	75.220	65.594
PORCENTAJE DEL TOTAL	15%	18%	19%	15%	14%	14%

Fuente: DIRECTEMAR.

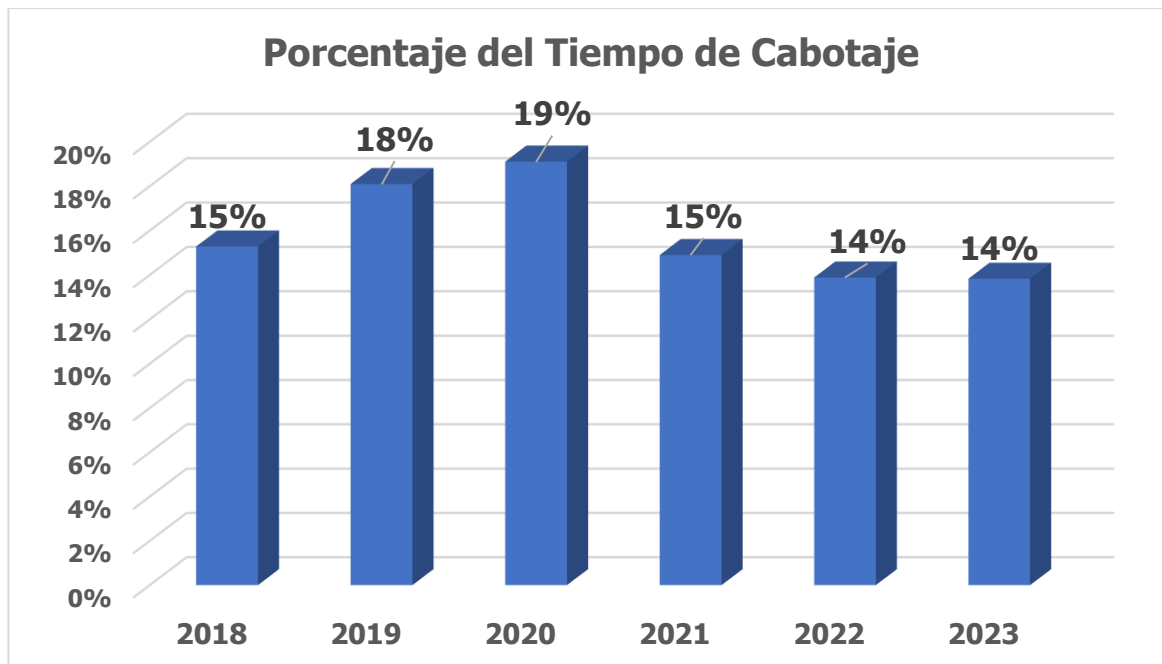


Figura N° 25. Porcentaje del Total de Horas/Año por Cabotaje



Ambiosis

2.4.7.4. Horas de Operación Anual de los Remolcadores

En la siguiente tabla se presentan las horas de operación de los remolcadores por año, destacando aquellos con mayor cantidad de horas de operación:

Tabla N° 16. Horas de Operación de los Remolcadores

NOMBRE REMOLCADOR	Horas 2018	Horas 2019	Horas 2020	Horas 2021	Horas 2022	Horas 2023
AGUILA III	0	0	0	0	24	0
ARRIERO	1	805	807	851	922	871
BEAGLE CA 6223	0	0	0	2	0	0
BEAGLE CA 4673	0	0	0	10	0	0
CALAFATE	0	0	0	19	60	7
CALAFQUEN	0	0	11	1	2	0
CALEU	0	0	2	0	0	0
CARANCA	0	41	34	0	0	0
CHANGO	0	0	0	0	1	0
CHERCAN	0	0	0	0	2	0
CHUCAO	2	0	8	0	0	0
CHUNGARA	0	0	0	57	0	0
COLOSO	0	0	0	78	495	43
ELQUI	0	0	2	0	0	1
ENCO	52	39	36	49	24	6
HALCON III	0	0	0	0	5	30
HORCON	390	305	363	463	487	424
HUAIRAVO	927	825	859	976	974	849
LONCURA	397	309	272	509	490	451
MAKOHE	603	182	145	180	0	0
MATAQUITO II	0	0	0	0	101	115
MIRLO	19	0	0	72	193	0
OTWAY	0	0	0	0	6	0



Ambiosis

NOMBRE REMOLCADOR	Horas 2018	Horas 2019	Horas 2020	Horas 2021	Horas 2022	Horas 2023
PANGUIPULLI	0	0	0	0	2	0
PEHUEN	398	275	67	79	0	0
PODEROSO I	0	0	0	0	130	355
RIÑUHUE	0	2	3	8	6	8
RITOQUE	49	43	36	0	0	0
TORDO	46	0	0	61	164	0
TUNQUÉN	560	398	340	431	13	19
YUNCO	944	874	822	787	689	975
TOTAL HORAS/AÑO	4.388	4.100	3.806	4.633	4.790	4.153

Fuente: DIRECTEMAR.

Cabe destacar que el tiempo de operación de los remolcadores corresponde al tiempo registrado por DIRECTEMAR considerando sólo el tiempo en el cual participa el Práctico Marino, sin embargo los remolcadores se mantienen un tiempo mayor operando dentro de la bahía de Quintero considerando los traslados y actividades en los cuales no participa el práctico y por lo tanto no existe un registro completo de sus tiempos de operación dentro de la bahía.

Durante las horas de operación identificadas, los remolcadores están operando con los motores principales y los generadores eléctricos, ya sea en desplazamiento al encuentro con el buque que será atendido o en la operación de jale o empuje en el acomodo en el muelle o boya de un buque.

Durante los tiempos de espera en la bahía los remolcadores están con los motores principales apagados, pero con los generadores eléctricos prendidos todo el tiempo.

Como lo indican las bases de datos algunos de los remolcadores solo operan unas pocas horas al año en la bahía de Quintero, por lo cual se desplazan desde otras bahías o muelles para realizar operaciones puntuales.

Los remolcadores Huairavo, Yunco y Arriero son los que desarrollan la mayor actividad en la actualidad en la bahía de Quintero, siendo apoyados por otros remolcadores solo en pocas ocasiones.



Ambiosis

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2018.

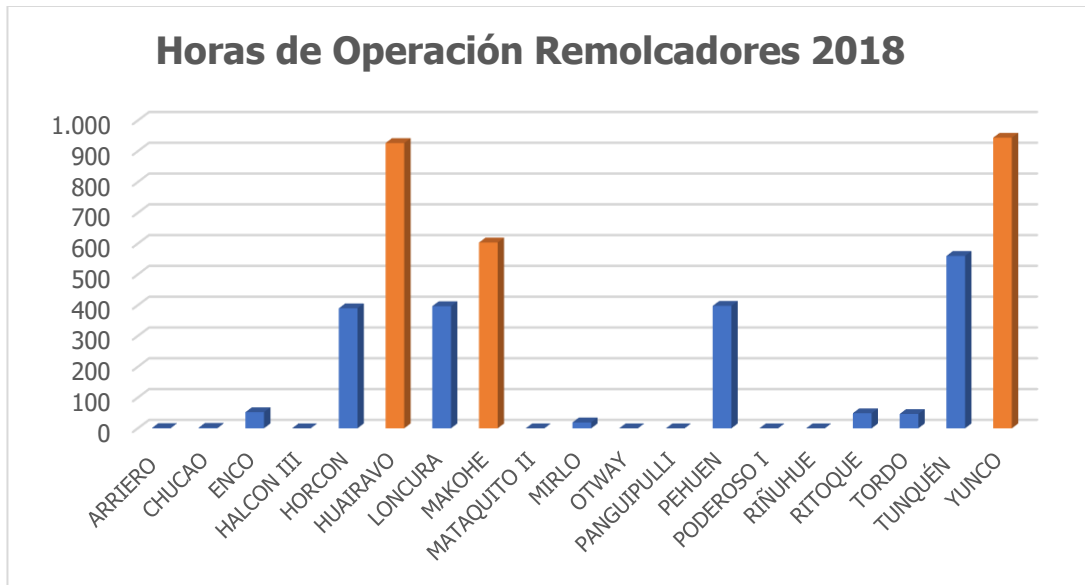


Figura N° 26. Operación Remolcadores 2018

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2019.



Figura N° 27. Operación Remolcadores 2019



Ambiosis

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2020.

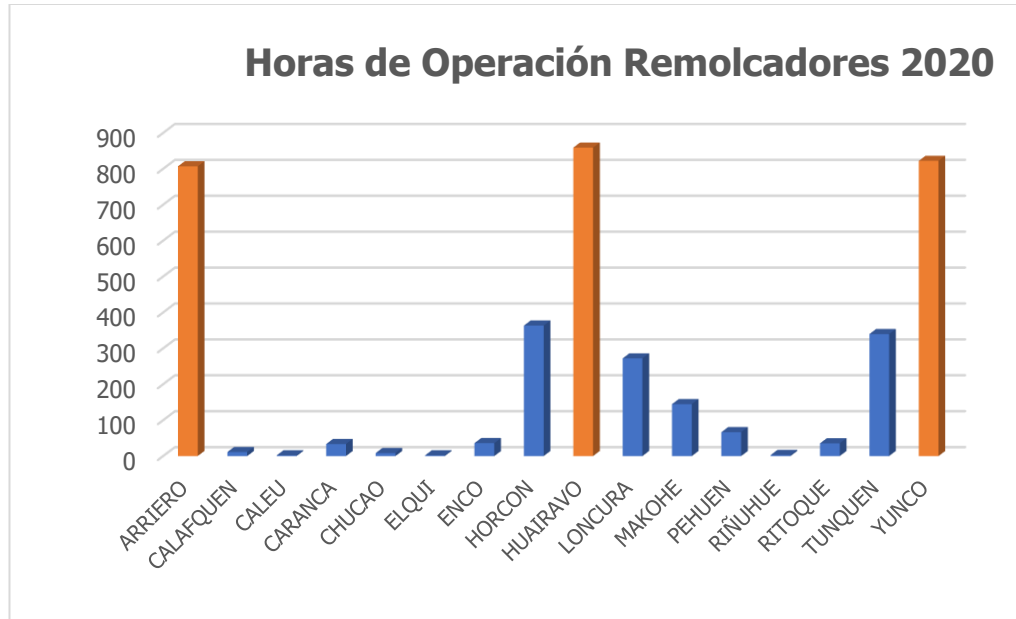


Figura N° 28. Operación Remolcadores 2020

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2021.

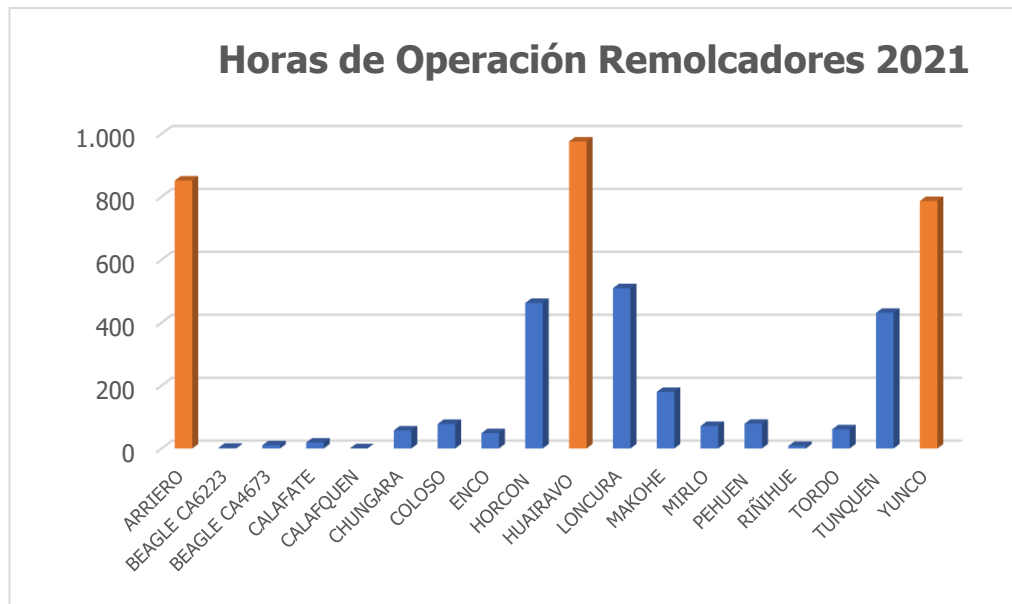


Figura N° 29. Operación Remolcadores 2021



Ambiosis

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2022.

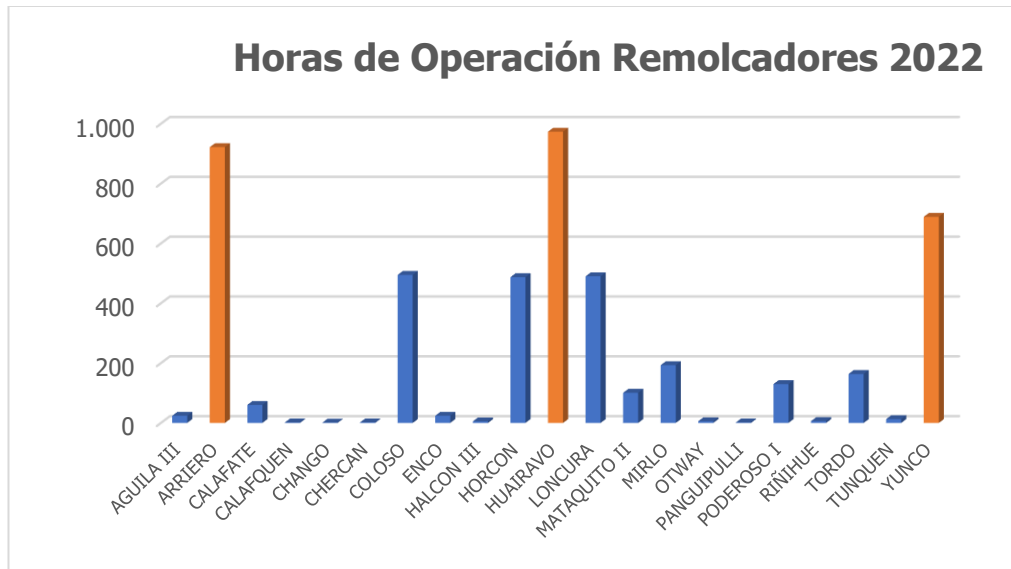


Figura N° 30. Operación Remolcadores 2022

La siguiente imagen presenta la distribución de las horas de operación de los remolcadores para el año 2023.



Figura N° 31. Operación Remolcadores 2023



Ambiosis

A continuación se muestran los porcentajes de operación de los 3 remolcadores con mayor participación en los años de estudio:

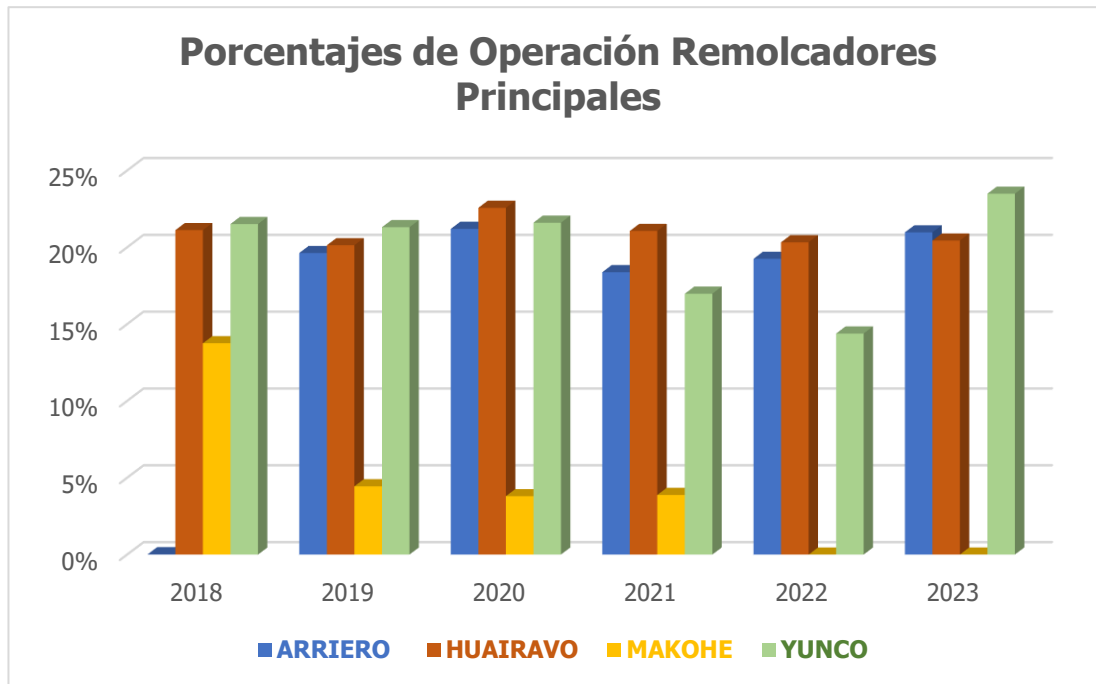


Figura N° 32. Porcentaje de Operación Remolcadores Principales

2.5. Actividad 5: Cuantificación Anual de las Emisiones Atmosféricas Por Embarcaciones Marítimas en la Bahía de Quintero

El siguiente capítulo reporta la estimación de emisiones atmosféricas generadas por las embarcaciones marítimas, que operan en la bahía de Quintero, entre los años 2018 y 2023. Se estiman las emisiones anuales de MP₁₀, MP_{2,5}, CO, CO₂, NO_x, SO₂, NH₃ y HCNM.

La metodología utilizada corresponde a la propuesta por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) en abril del año 2022. Esta guía propone las metodologías para estimar las emisiones de fuentes móviles relacionadas con los puertos y el movimiento de mercancías". Esta guía se basa y reemplaza la versión anterior de septiembre de 2020.

La cobertura temporal del inventario corresponde a los años de operaciones estimadas, en este caso se cubre desde el año 2018 al año 2023 en su totalidad, la información base utilizada en el inventario corresponde a las operaciones desarrolladas minuto a minuto, de acuerdo al registro de DIRECTEMAR.



Ambiosis

La cobertura territorial corresponde a la bahía de Quintero, iniciándose todas las operaciones en la zona de espera de práctico (estación de práctico): Área circular de 500 metros de radio cuyo centro está en latitud 32° 44.9´ S y longitud 071° 31.9´ W. La siguiente figura muestra la ubicación y dimensión de la zona de espera del practico.

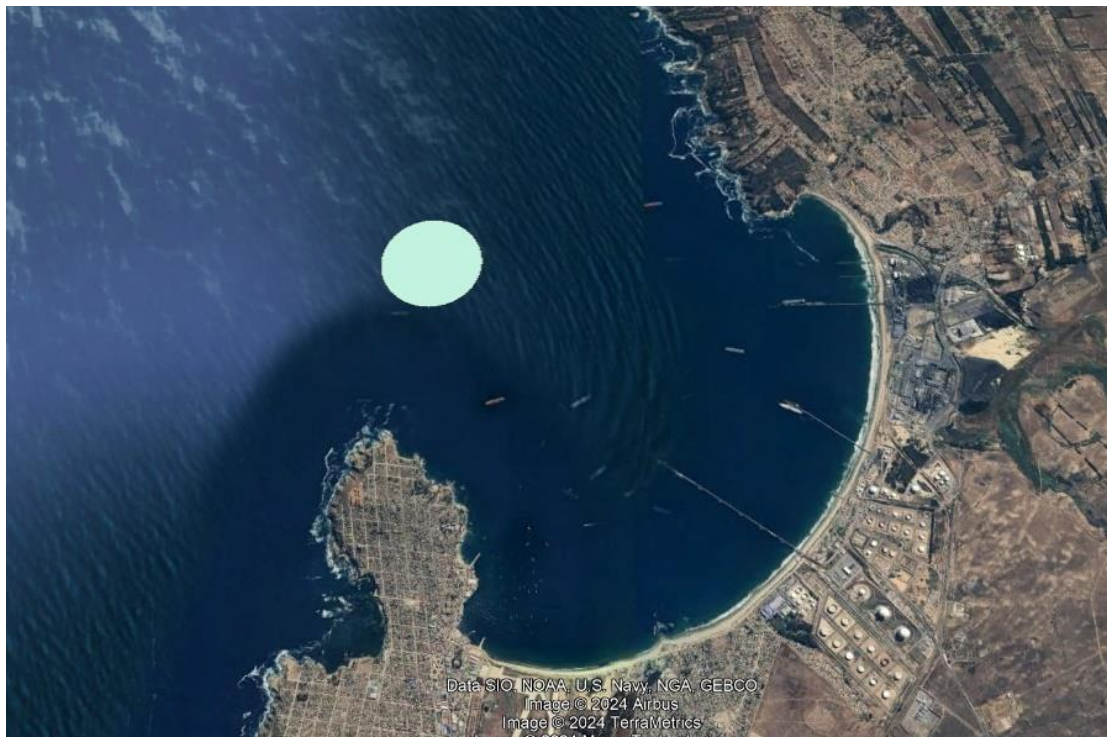


Figura N° 33. Zona de Espera de Práctico

Las naves que requieren ingresar en la bahía de Quintero para desarrollar una operación deben recalar temporalmente en la zona de espera, donde el practico marítimo autorizado, toma el mando de la nave para supervisar las maniobras de ingreso, paralelamente estas actividades quedan registradas en la base de datos de DIRECTEMAR.

La cobertura de tipos de embarcaciones cubre las operaciones de los buques mercantes, pasajeros y remolcadores desarrolladas en la Bahía. No se cubren las actividades de embarcaciones menores, de pesca o recreación, tampoco las actividades desarrolladas en los muelles.

Los contaminantes atmosféricos estimados, que se detallan en los puntos 2.5.1 a 2.5.4 corresponden a los generados por los tubos de escape de las embarcaciones, que se originan en los motores principales de propulsión, motores auxiliares o generadores eléctricos y calderas de calentamiento del combustible. Los contaminantes considerados son el MP₁₀, MP_{2,5}, CO, NO_x, SO₂, NH₃, HCNM y CO₂.



Ambiosis

2.5.1. *Cuantificación de Emisiones Atmosféricas Por Tubo de Escape de Buques*

Las emisiones de contaminantes atmosféricos estimados por tubos de escape de buques se desarrollan de acuerdo a la metodología EPA ya elegida.

2.5.1.1. *Niveles de Actividad*

Los niveles de actividad requeridos para el cálculo de emisiones corresponden a la duración de las operaciones desde su llegada a la zona de espera, hasta su salida de la zona de la bahía.

La duración de las operaciones de cada una de las naves es registrada en la base de datos de operaciones por DIRECTEMAR, en forma permanente, lo que permite tener un seguimiento histórico y verificable, la base de datos indica también los remolcadores que apoyan la operación de cada nave. La figura siguiente muestra a modo de ejemplo un extracto de la base de datos anual utilizada.

FECHA INICIO	FECHA FIN	NOMBRE NAVE	FAENA	SITIO	REMOLCADORES
14-10-2019 14:00	14-10-2019 14:55	ENERGY PANTHER	Amarre a Terminal Marítimo	EL BATO - Boya	CA2917 - PEHUEN / CA7497 - ARIERO

Figura N° 34. Extracto de Base de Datos DIRECTEMAR

A partir de la base de datos utilizada se puede calcular la duración de cada una de las faenas desarrolladas en la bahía de Quintero.

2.5.1.2. *Factores de Emisión Desde Motores Principales, Auxiliares y Calderas de Buques*

Los factores de emisión utilizados en la estimación de emisiones corresponden a los indicados en la metodología propuesta por la guía "Port Emission Inventory Guidance de la United States Environmental Protection Agency (USEPA) en abril del año 2022⁴.

⁴ [Port Emissions Inventory Guidance | US EPA](#)



Ambiosis

Los factores de emisión sugeridos en la metodología se obtienen de mediciones de emisión, desarrolladas en los motores de los buques y certificados internacionalmente por lo que son representativos de las emisiones que se producen en la bahía de Quintero.

Se consideran tres tipos de fuentes por cada buque:

- Motores principales de propulsión, que operan solo cuando el buque está en movimiento, es decir cuando está en la faena de aproximación a un muelle o se posiciona en la condición a la gira.
- Motores auxiliares o generadores eléctricos, que se encuentran siempre en funcionamiento, dado que generan la energía requerida por toda la instrumentación de los buques.
- Calderas de calentamiento del combustible, que se encuentran siempre en funcionamiento, dado que se requiere mantener controlada la densidad del combustible, el que de otra forma se solidificaría y haría imposible el funcionamiento de los motores de los buques.

A. Factores de Emisión de Material Particulado (MP)

Los factores de emisión del material particulado se estiman de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$FE_{MP10} = MP_{base} + (S_{act} * BSFC * FSC * MWR)$$

Donde:

FE_{MP10} = factor de emisión de MP_{10} ajustado por el porcentaje de azufre del combustible (g/kWh).

MP_{base} = Factor de emisión base asumiendo cero azufre en el combustible = 0,1545 g/kWh para combustibles destilados y 0,5761 g/kWh para combustibles residuales.

S_{act} = porcentaje de azufre actual
= 0,027 antes del año 2020 de acuerdo a normativa MARPOL
= 0,005 después de 2020 de acuerdo a normativa MARPOL.

BSFC = consumo específico de combustible (g/kWh)

FSC = fracción del azufre que se convierte directamente en sulfato MP_{20} = 0,02247 MWR = radio del peso molecular del sulfato MP a azufre = 224/32



Ambiosis

En el caso de las emisiones de MP₁₀ desde motores que utilizan Gas Natural como combustible se utiliza un factor de emisión de 0,03 gr/kWh de la Tabla 3.7 *Port Emissions Inventory Guidance* EPA 2022⁵.

Los valores del consumo específico de combustible (BSFC) utilizados son los siguientes.

Tabla N° 17. Consumo Especifico de Combustible (gr/kWh)

Fuente	BSFC (g/kWh)
Motor con petróleo pesado	195
Motor con petróleo diésel marino	185
Calderas con diésel marino	300
Motor con Gas Natural	166

Fuente: Tabla 3.6 *Port Emissions Inventory Guidance* EPA 2022.

La tabla siguiente muestra los factores de emisión estimados.

Tabla N° 18. Factores de Emisión de Material Particulado

FE (g/KWh)	MP ₁₀	MP _{2,5}
Motor con petróleo pesado	0,729	0,671
Motor con petróleo diésel marino	0,300	0,276
Calderas con diésel marino	0,390	0,359
Motor con Gas Natural	0,03	0,028

Fuente: Estimados a partir de metodología EPA

B. Factores de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos No Metánicos (HCNM)

Los factores de emisión para estos contaminantes sugeridos por la EPA y utilizados en el presente informe para la estimación de las emisiones atmosféricas generadas por motores y calderas de buques son los que se muestran en la siguiente tabla:

⁵ [Port Emissions Inventory Guidance | US EPA](#)

Tabla N° 19. Factores de Emisión CO e HCNM

Tipo de Fuente	FE (g/KWh)	CO	HCNM
Motor principal	Motor con petróleo pesado	1,4	0,59
	Motor con Gas Natural	1,3	0,0
Motor auxiliar	Motor con petróleo diésel marino	1,1	0,39
	Motor con Gas Natural	1,3	0,0
Caldera	Calderas con diésel marino	0,2	0,1

Fuente: Tabla 3.8 Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

C. Factores de Emisión de Benceno (C₆H₆)

Considerando que en Chile no existe una norma de calidad del aire de HCNM, pero si está normada la calidad del aire de benceno⁶, se realizó la estimación de las emisiones de Benceno generadas por la combustión de combustibles, la que se compara con la norma nacional.

Para la estimación de emisiones de Benceno, se considera lo sugerido por el AP-42 de la EPA en su capítulo 1.3 Fuel oil combustión, Table 1.3-9. Emission factors for speciated organic compound from fuel oil combustión, con un valor para el Benceno de 2.14E-04 lb/10³ Gal.

D. Factores de Emisión de Dióxido de Carbono (CO₂)

Los factores de emisión de CO₂ se estiman de acuerdo a la siguiente ecuación sugerida por la Guía Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

$$FE_{CO_2} = BSFC * CCF$$

Donde:

FE_{CO2} = Factor de emisión de CO₂ (g/kWh)

BSFC = consumo específico de combustible (g/kWh)

⁶ [Ley Chile - Decreto 5 11-MAY-2023 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](http://www.bcn.cl)



Ambiosis

CCF = factor de contenido de carbono por combustible (g CO₂/g fuel)
= 3,206 para diésel
= 3,114 para petróleo pesado
= 2,75 para LNG

Los factores de emisión resultantes para CO₂ son:

Tabla N° 20. Factores de Emisión de CO₂

FE	CO ₂ (g/KWh)
Motor con petróleo pesado	593,11
Motor con petróleo diésel marino	607,23
Motor con Gas Natural	456,5

Fuente: Estimados a partir de Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

E. Factores de Emisión de Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los factores de emisión para los óxidos de Nitrógeno (NO_x) sugeridos por la EPA, dependen del año de fabricación de los buques, a partir del año 2000 y hasta el año 2010 los buques debieron utilizar motores certificados con cumplimiento del nivel I de MARPOL, desde el año 2011 deben utilizar motores certificados con cumplimiento del nivel II de MARPOL.

El nivel de cumplimiento del nivel III de MARPOL es solo exigible en buques que operen en zonas de control de emisiones, que no es el caso de la bahía de Quintero.

Tabla N° 21. Factores de Emisión NO_x

Tipo de Fuente	FE (g/KWh)	NO _x
Motor principal	1999 y antes	17
	2000 a 2010	16
	2011 en adelante	14,4
	Motor con Gas Natural	1,3
Motor auxiliar	1999 y antes	13,8
	2000 a 2010	12,2
	2011 en adelante	10,5
	Motor con Gas Natural	1,3
Caldera	Caldera diésel	2

Fuente: Tabla 3.5 Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

La fecha de fabricación del buque se puede obtener del certificado internacional de motores para la prevención de la contaminación del aire (EIAPP), que cada buque debe presentar a DIRECTEMAR a su llegada a la bahía de Quintero.

F. Factores de Emisión de Dióxido de Azufre (SO₂)

Los factores de emisión de SO₂ dependen del contenido de azufre del combustible, se estiman de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$FE_{SO_2} = BSFC * S_{act} * FSC * MWR$$

Donde:

- FE_{CO2} = Factor de emisión de SO₂ (g/kWh)
- BSFC = Consumo específico de combustible (g/kWh)
- S_{act} = Porcentaje de azufre actual
 - = 0,027 antes del año 2020 de acuerdo a normativa MARPOL
 - = 0,005 después de 2020 de acuerdo a normativa MARPOL.
- FSC = Fracción del azufre que se convierte directamente en sulfato
 - MP₂₀ = 0,02247
- MWR = Radio del peso molecular del sulfato MP a azufre = 224/32



Ambiosis

Los factores de SO₂ estimados para la bahía de Quintero mediante la metodología EPA son los siguientes.

Tabla N° 22. Factores de Emisión de SO₂

FE	SO₂ (g/KWh)
Motores antes de 2020	10,29
Motores después de 2020	1,91
Calderas	2,93
Motor con Gas Natural	0

Fuente: Estimados a partir de metodología EPA

G. Factores de Emisión de Amoníaco (NH₃)

El factor de emisión propuesto para el amoníaco (NH₃) en la metodología EPA, corresponde a una fracción del MP_{2,5} con un valor sugerido de 0,019247 de la tabla D.1 HAP Speciation Profiles for Commercial Marine Engines, Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

2.5.1.3. Potencia de los Motores

La potencia de los motores principales, auxiliares y calderas en kW se requiere para la estimación de emisiones, dado que los factores de emisión son expresados en gramos de emisión de un contaminante por cada kW hora.

La potencia de los motores principales se puede obtener de los certificados EIAPP que cada buque debe presentar a DIRECTEMAR o de bases de datos internacionales sobre las características generales de los buques en operación.

Sin embargo, la potencia de los motores auxiliares y calderas no es de fácil identificación en los certificados o bases de datos, por lo cual la metodología EPA provee de valores de potencia por defecto por tipo de buque.

La tabla siguiente muestran los valores de potencia por defecto sugeridos por la metodología (Appendix C. Filling Gaps in Vessel Characteristics for OGV) para los motores principales de los buques, Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.



Ambiosis

Tabla N° 23. Potencias por Defecto para Motor Principales de Buques

Tipo	KW
Graneleros	8.800
Quimiqueros	8.200
Carga General	4.800
Gaseros	12.000
Petroleros	10.100

Fuente: Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

La tabla siguiente muestran los valores de potencia por defecto sugeridos por la metodología (Appendix E. Default OGV Auxiliary Engine and Boiler Loads, Table E.1. Default OGV Auxiliary Engine Operating Loads by Mode) para los motores auxiliares de los buques, Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

Tabla N° 24. Potencias por Defecto Para Motores Auxiliares de Buques

Tipo	Faena (kW)	Estadía (kW)	A la gira (kW)
Graneleros	680	600	420
Quimiqueros	330	490	230
Carga General	250	330	170
Gaseros	2565	1710	1710
Petroleros	1125	750	750

Fuente: Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

La tabla siguiente muestran los valores de potencia por defecto sugeridos por la metodología (Appendix E. Default OGV Auxiliary Engine and Boiler Loads, Table E.2. Default OGV Boiler Loads by Operating Mode) para las calderas de los buques, Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.



Ambiosis

Tabla N° 25. Potencias por Defecto Para Calderas de Buques

Tipo	Faena (kW)	Estadía (kW)	A la gira (kW)
Graneleros	100	100	100
Quimiqueros	250	250	250
Carga General	100	100	100
Gaseros	600	3.000	600
Petroleros	300	1.500	300

Fuente: Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

2.5.2. *Cuantificación de Emisiones Atmosféricas por Tubo de Escape de Remolcadores*

Los factores de emisión utilizados en la estimación de emisiones corresponden a los indicados en la metodología propuesta por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) en abril del año 2022.

Los factores de emisión sugeridos en la metodología se obtienen de mediciones de emisión, desarrolladas en los motores de los remolcadores y certificados internacionalmente por lo que son representativos de las emisiones que se producen en la bahía de Quintero.

Se considera que los remolcadores usan petróleo diésel marino como combustible, que internacionalmente de acuerdo a normativa MARPOL y en Chile debe cumplir con un contenido de azufre de 0,5 % (equivalentes a 5000 ppm de azufre).

Se consideran dos tipos de fuentes por cada remolcador:

- Motores principales de propulsión, que operan solo cuando el remolcador está en movimiento, es decir cuando está en la faena de apoyo a un buque mercante.
- Motores auxiliares o generadores eléctricos, que se encuentran siempre en funcionamiento, dado que generan la energía requerida por toda la instrumentación del remolcador.

La tabla siguiente resume los factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones de los remolcadores.



Ambiosis

Tabla N° 26. Factores de Emisión Para Remolcadores gr/kWh

Motor	MP ₁₀		MP _{2,5}		CO	NO _x	HCNM	SO ₂	NH ₃	CO ₂
	Antes de 2020	2020 en Adelante	Antes de 2020	2020 en Adelante						
Propulsor	0,69	0,36	0,64	0,33	1,8	11	0,27	2,08	0,02	682,9
Auxiliar	0,69	0,36	0,64	0,33	1,8	11	0,27	2,08	0,02	682,9

Fuente: Table 4.4. Default Harbor Craft Propulsion and Auxiliary Engine Load Factors Port Emissions Inventory Guidance EPA 2022.

Los niveles de actividad de los remolcadores corresponden al tiempo utilizado en cada faena y se obtiene de las bases de datos de DIRECTEMAR, están asociadas a las operaciones de apoyo a los buques. Se considera también que los remolcadores de mayor uso permanecen fondeados en la bahía, por lo cual sus motores auxiliares están en operación permanente durante todo el año.

Las potencias de los motores principales y secundarios se obtienen de los certificados de los motores de cada remolcador.

2.5.3. Resultados de Emisiones Estimadas en Buques y Remolcadores

Se estiman las emisiones de contaminantes atmosféricos para los años 2018 a 2023, la tabla siguiente muestra el resumen de los resultados obtenidos, sin incluir las emisiones de los remolcadores, que se estiman separadamente.

Tabla N° 27. Emisiones Anuales por Buques T/año

Año	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	NH ₃	SO ₂	HCNM	Benceno	CO ₂
2018	77,3	68,8	111,6	1.005,7	763,6	1,3	43,5	0,03	69.046
2019	65,6	60,4	93,5	866,7	649,0	1,2	37,6	0,03	58.347
2020	31,1	28,6	90,6	815,0	274,3	0,6	36,2	0,03	57.007
2021	34,1	31,0	104,0	875,9	299,8	0,6	42,0	0,03	63.913
2022	38,64	35,18	115,34	1.068,68	263,29	0,68	46,31	0,04	70.577
2023	33,7	31,1	109,7	938,2	228,1	0,6	34,9	0,03	62.207

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Los resultados obtenidos muestran en el caso de las emisiones de MP, SO₂ y NH₃ el impacto generado por la regulación de la calidad del combustible utilizado en los buques, de acuerdo a la normativa de MARPOL.

La reducción en el porcentaje de azufre en el combustible marítimo internacional genera una reducción relevante en estas emisiones a partir del año 2020.

Los resultados muestran también la reducción en todos los contaminantes generadas por la baja en las operaciones producto de la pandemia durante los años 2020 y 2021.

La estimación se desarrolla mediante planillas de cálculo adjuntas y que consideran los tiempos desarrollados por cada operación, los factores de emisión sugeridos por la normativa y las potencias de las fuentes en cada buque, que permiten también localizar geográficamente cada operación y su tiempo de duración desarrollados en la bahía de Quintero.

La tabla siguiente muestra las emisiones anuales estimadas para los remolcadores que operaron en la bahía de Quintero.

Tabla N° 28. Emisiones Anuales por Remolcadores T/año

Año	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	NH ₃	SO ₂	HCNM	Benceno	CO ₂
2018	10,1	9,3	26,3	160,8	0,3	91,3	3,9	0,003	11.325
2019	9,5	8,8	24,8	151,7	0,2	86,2	3,7	0,003	9.421
2020	4,7	4,3	23,5	143,5	0,1	27,2	3,5	0,003	8.905
2021	5,4	5,0	27,3	166,7	0,1	31,6	4,1	0,003	10.350
2022	4,7	4,3	23,5	143,4	0,1	27,2	4,2	0,003	10.649
2023	5,0	4,6	25,0	153,0	0,1	29,0	3,8	0,003	9.495

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de los remolcadores son relevantes respecto del total de emisiones atmosféricas generadas en la bahía, correspondiendo a un promedio de 13 %. Además presentan un comportamiento similar a las generadas por los buques con una reducción a partir del año 2020 producto de la mejora de los combustibles y la baja debido a la reducción de los niveles de actividad generada por la pandemia.



Ambiosis

2.5.4. *Cuantificación Anual de las Emisiones Atmosféricas por Sistemas de Carga y Descarga de Buques en la Bahía de Quintero*

Las operaciones de carga, descarga y almacenamiento de combustibles puede generar emisiones evaporativas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

La fuente principal de emisiones de COV se genera durante la carga por el desplazamiento de los vapores orgánicos en los estanques de carga vacíos, que son desplazados en la atmosfera. Durante la carga en los buques desde estanques en tierra, se puede generar la emisión de COV.

En general las operaciones principales realizadas en la bahía corresponden a descargas de combustibles importados desde buques a estanques en tierra, sin embargo, se genera una cantidad menor de cargas de combustibles refinados desde los estanques en tierra a buques, con el fin de suministrar combustibles a zonas del país que no están conectados mediante oleoductos o son abastecidos mediante camiones.

La emisión por la carga de combustibles líquidos puede ser estimada usando los valores propuestos por el AP-42 de la EPA, Table 5.2-2. Volatile organic compound (COV) emisión factor for gasoline loading operation at marine terminals y Table 5.2-6 Total organic emission factor for petroleum marine vessel sources.

Las emisiones de COV durante el almacenamiento y transporte de los combustibles líquidos se pueden estimar usando la formula sugerida por el AP-42 de la EPA capítulo 5.2.2.1.3 Transit Losses.

2.5.4.1. Factores de Emisión Para Carga y Descarga de Combustibles

Los factores de emisión propuestos para la estimación de las emisiones de carga y descarga de combustibles corresponden a los sugeridos por la EPA en el AP-42 capítulo 5.2 Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids, Table 5.2-2. Volatile Organic Compound (COV) emisión factors for gasolina loading operations at marine terminals.

Los factores de emisión sugeridos para COV se indica en la tabla siguiente:



Ambiosis

Tabla N° 29. Factores de Emisión de COV por Carga de Combustibles

Condición Inicial del Estanque	FE (mg/l transferido)
Gasolina sin limpiar	315
Gasolina con lastre	205
Gasolina Limpiado	180
Gasolina Libre de gas	85
Petróleo crudo	73
Jet Naphtha (JP-4)	60
Jet Keroseno	0,63
Petróleo N° 2	0,55
Petróleo N° 6	0,004

Fuente: Metodología EPA, AP 42 Capítulo 5.2 tabla 5.2-2.

Para la estimación de las emisiones de Benceno provenientes de la carga y descarga de combustibles líquidos, se considera el valor máximo de Benceno de acuerdo a lo normado en Chile, es decir de un 1 %.

2.5.4.2. Niveles de Actividad Para Carga, Descarga y Almacenamiento de Combustibles

Los niveles de actividad para carga, descarga y almacenamiento de combustibles corresponden a los litros de combustibles transferidos desde estanques de tierra a buques en la bahía de Quintero.

La tabla siguiente muestra los volúmenes transferidos desde tierra a buque informados por la empresa OXIQUIM S.A.



Ambiosis

Tabla N° 30. Volúmenes Transferidos por OXIQUM (m³/año)

Año	Diesel	Gasolina 97	Kerojet	MTBE
2018	60.516	5.479		
2019	33.785	15.290		
2020	27.520	6.546		
2021	42.795	24.312	5.054	7.053
2022	43.968	971	5.054	
2023	19.669	15.180		

Fuente: OXIQUM S.A.

La tabla siguiente muestra los volúmenes transferidos desde tierra a buque informados por la empresa COPEC S.A.

Tabla N° 31. Volúmenes Transferidos por COPEC (m³/año)

Año	Diesel	Gasolina 97	Kerojet
2018	0	0	0
2019	72.030	0	0
2020	140.781	0	20.202
2021	46.898	9.934	9.274
2022	26.928	3.179	0
2023	50.853	53.458	55.001

Fuente: COPEC S.A.

La tabla siguiente muestra los volúmenes transferidos desde tierra a buque informados por la empresa ENAP S.A.



Ambiosis

Tabla N° 32. Volúmenes Transferidos por ENAP (m³/año)

Producto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ALQUILATO	0	0	2.016	1.760	4.886	0
CRUDO OIL	146.392	220.417	15.086	0	9.003	107.559
CRUDO REDUCIDO	1.242.900	553.702	0	0	0	0
DECANTADO	5.772	0	46.553	24.944	0	44.993
DIESEL	0	0	0	196.875	431.297	567.494
DIESEL B1	0	0	390.786	295.167	0	0
DIESEL MARINO MGO OR DMA	0	0	26.951	32.801	17.997	24.970
GAS OIL	220.790	73.999	12.247	15.852	84.068	216.196
GASOLINA 93 NOR RP	196.533	171.614	310.212	271.258	276.184	322.691
GASOLINA 97 NOR RP	89.925	51.164	72.417	84.221	122.121	52.336
GASOLINA DE TOPPING	14.007	28.472	0	0	0	0
GASOLINA NATURAL	0	11.008	0	0	0	0
IFO 2020 VLSFO (IFO 180 RME)	0	0	118.255	92.454	0	0
IFO-380 VLSFO	218.252	127.090	0	21.065	74.728	60.666
KEROSENE	0	0	7.747	0	0	0
KEROSENE AVIACION ASTM A1	66.502	39.274	30.276	48.774	59.547	8.530
MTBE	21.768	17.411	12.639	38.376	22.093	19.131
NAFTA	0	0	0	0	8.955	110
PETROLEO COMB USO MARINO RMF35 (IFO-380)	0	0	5.496	37.896	43.791	0
PETROLEO COMBUSTIBLE N° 6	42.549	25.126	74.821	78.383	64.488	17.191
REFORMATO	21.768	20.418	0	0	0	0
SLOP LIVIANO	1.396	1.370	715	1.433	0	1.476

Fuente: ENAP S.A.

Solo para el año 2018 las transferencias de crudo realizadas por ENAP son de un volumen relevante, el resto de los años las transferencias de diésel y gasolinas son las de mayor magnitud.



Ambiosis

2.5.4.3. Emisiones Estimadas Para Carga y Descarga de Combustibles

La tabla siguiente muestra las emisiones estimadas de compuestos orgánicos volátiles fugitivos estimados para las operaciones de transferencia de combustibles desde tierra a buques desarrollados en la bahía de Quintero durante los años estudiados.

Tabla N° 33. Emisiones de COV Estimadas (T/año)

COV	ENAP	COPEC	OXIQUIM	Total (T/año)
2018	129,0	0,0	0,5	129,5
2019	80,3	6,2	1,3	87,9
2020	35,0	12,1	0,6	47,7
2021	33,8	4,0	2,7	40,5
2022	36,7	2,3	0,1	39,2
2023	41,8	4,4	1,3	47,5

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones estimadas más relevantes corresponden a las generadas por la transferencia de gasolinas, que fueron estimadas considerando inicialmente que los estanques son venteados fuera de la bahía. Las gasolinas presentan un mayor volumen de transferencia y un factor de emisión más alto, por lo cual las emisiones estimadas son mayores.

Tabla N° 34. Emisiones de COV Estimadas por Producto (T/año)

COV	Gasolina	Crudo	MTBE	Diesel	Kerojet	Pet 6	Total (T/año)
2018	26,0	101,4	1,9	0,2	0,0	0,001	129,5
2019	29,7	56,5	1,5	0,1	0,1	0,001	87,9
2020	45,0	1,1	1,1	0,3	0,1	0,001	47,7
2021	36,3	0,0	3,9	0,3	0,1	0,001	40,5
2022	36,2	0,7	1,9	0,3	0,1	0,001	39,2
2023	37,5	7,9	1,6	0,5	0,0	0,000	47,5

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Con excepción del año 2018 donde las emisiones generadas por las transferencias de crudo son relevantes, los años siguientes las emisiones de las gasolinas son las más relevantes.

2.5.5. Emisiones Estimadas Para el Transporte y Almacenamiento de Combustibles

La emisión por el transporte y almacenamiento de combustibles líquidos puede ser estimada usando los valores propuestos por el AP-42 de la EPA, capítulo 5.2.2.1.3 Transit Losses.

2.5.5.1. Factores de Emisión Para el Transporte y Almacenamiento de Combustibles

El factor de emisión para el transporte de combustibles se obtiene de la aplicación de la ecuación 5 siguiente:

$$Lt = 0,1 PW$$

Donde:

Lt = Perdidas en el transporte desde buques, lb/semana * 10³ gal transportados.

P = Presión de vapor del líquido transportado, psia.

W = Densidad del vapor condensado, lb/gal.

Tabla N° 35. Factores de Emisión de COV por Transporte de Combustibles

Combustible	FE (Ton/m ³ Transferido por Semana)
Diesel Marino	0,00015
IFO 2020	0,000055

Fuente: Metodología EPA, AP 42 Capítulo 5.2.2.1.3

2.5.5.2. Niveles de Actividad Para el Transporte y Almacenamiento de Combustibles

Los niveles de actividad para el transporte y almacenamiento de combustibles corresponden a los m³ de combustibles transferidos en el proceso de aprovisionamiento de los buques para su consumo propio y el tiempo requerido en la bahía.



Ambiosis

Para el caso del almacenamiento de combustibles se considera a los volúmenes de Petróleo diésel marino e IFO 2020 transferidos como suministro de combustibles a embarcaciones en la bahía por las empresas COPEC y ENAP. Las tablas siguientes muestran los volúmenes transferidos de combustibles por año.

Tabla N° 36. Combustibles Transferidos por ENAP (m³/año)

Año	Diesel Marino	IFO 2020
2018	0	218.252
2019	0	127.090
2020	26.951	118.255
2021	32.801	92.454
2022	17.997	43.791
2023	24.970	60.666

Fuente: ENAP S.A.

Tabla N° 37. Combustibles Transferidos por COPEC (m³/año)

Año	Diesel
2018	0
2019	72.030
2020	140.781
2021	46.898
2022	26.928
2023	50.853

Fuente: COPEC S.A.

2.5.5.3. Emisiones Estimadas Para el Transporte y Almacenamiento de Combustibles

La tabla siguiente muestra las emisiones estimadas de compuestos orgánicos volátiles fugitivos estimados para las operaciones de transporte y almacenamiento de combustibles desarrollados en la bahía de Quintero durante los años estudiados.



Ambiosis

Tabla N° 38. Emisiones de COV Estimadas por Producto (T/año)

COV	Diesel	IFO 2020	Total (T/año)
2018	0,00	0,11	0,11
2019	0,12	0,09	0,21
2020	0,24	0,08	0,32
2021	0,11	0,05	0,16
2022	0,11	0,02	0,14
2023	0,19	0,04	0,23

Fuente: Elaboración propia.

Tanto el Diésel Marino como el IFO 2020 son petróleos refinados que tienen baja presión de vapor por lo cual no son grandes emisiones de COV.

2.5.6. Resumen Anual de Emisiones en la Bahía de Quintero

Las tablas siguientes muestran el resumen de resultados de la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos generados en la bahía de Quintero entre los años 2018 al 2023.

Tabla N° 39. Emisión 2018 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2018	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques	77,3	68,8	111,6	1.005,7	763,6	1,3	43,5	0,03	69.046
Tubo de escape remolcadores	10,1	9,3	26,3	160,8	0,3	91,3	3,9	0,003	11.325
Carga y descarga de buques							129,5	0,13	
Transporte y almacenamiento							0,11	0,0001	
Total	87,4	78,1	137,9	1.166,5	763,9	92,6	177,01	0,1626	80.371

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Tabla N° 40. Emisión 2019 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2019	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques.	65,6	60,4	93,5	866,7	649	1,2	37,6	0,03	58.347
Tubo de escape remolcadores	9,5	8,8	24,8	151,7	0,2	86,2	3,7	0,003	9.421
Carga y descarga de Buques							87,9	0,0879	
Transporte y almacenamiento							0,21	0,0002	
Total	75,1	69,2	118,3	1.018,4	649,2	87,4	129,41	0,1211	67.768

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 41. Emisión 2020 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2020	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques.	31,1	28,6	90,6	815	274,3	0,6	36,2	0,03	57.007
Tubo de escape remolcadores	4,7	4,3	23,5	143,5	0,1	27,2	3,5	0,003	8.905
Carga y descarga de Buques							47,7	0,0477	
Transporte y almacenamiento							0,32	0,0003	
Total	35,8	32,9	114,1	958,5	274,4	27,8	87,72	0,0810	65.912

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Tabla N° 42. Emisión 2021 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2021	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques.	34,1	31	104	875,9	299,8	0,6	42	0,03	63.913
Tubo de escape remolcadores	5,4	5	27,3	166,7	0,1	31,6	4,1	0,003	10.350
Carga y descarga de Buques							40,5	0,0405	
Transporte y almacenamiento							0,16	0,0002	
Total	39,5	36	131,3	1.042,6	299,9	32,2	86,76	0,0737	74.263

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 43. Emisión 2022 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2022	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques.	38,64	35,18	115,3	1068,6	263,3	0,68	46,31	0,04	70.577
Tubo de escape remolcadores	4,7	4,3	23,5	143,4	0,1	27,2	4,2	0,003	10.649
Carga y descarga de Buques							39,2	0,0392	
Transporte y almacenamiento							0,14	0,0001	
Total	43,3	39,5	138,8	1.212,1	263,3	27,9	89,85	0,0823	81.226

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Tabla N° 44. Emisión 2023 Generada en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuentes 2023	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	NH₃	SO₂	HCNM	C₆H₆	CO₂
Tubo escape buques.	33,7	31,1	109,7	938,2	228,1	0,6	34,9	0,03	62.207
Tubo de escape remolcadores	5,0	4,6	25	153	0,1	29	3,8	0,003	9.495
Carga y descarga de Buques							47,5	0,0475	
Transporte y almacenamiento							0,23	0,0002	
Total	38,7	35,7	134,7	1.091,2	228,2	29,6	86,43	0,0807	71.702

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Actividad 6: Determinación de la Importancia Relativa de las Emisiones

La importancia relativa de las emisiones generadas por los buques y remolcadores depende no solo de su magnitud anual y localización geográfica, sino también del impacto en la calidad del aire que puedan generar.

El impacto de las emisiones a receptores sensibles depende también de su proximidad con las fuentes de emisión, con la meteorología y la duración de las emisiones.

2.6.1 Comparación de las Emisiones Estimadas Para Buques y Remolcadores con las Emisiones de Fuentes Fijas

La comparación de las emisiones anuales estimadas para los buques y remolcadores que operaron en la bahía de Quintero, con las generadas por fuentes fijas industriales permite tener una idea preliminar de la importancia relativa de la magnitud de las emisiones atmosféricas evaluadas en este estudio.

La magnitud anual de las emisiones es variable dependiendo de los niveles de actividad de las fuentes evaluadas y de la aplicación de alguna medida de control de emisiones.

La comparación con fuentes fijas industriales que operan también en la bahía de Quintero se desarrollará para los años 2022 y 2023, dado que las emisiones generadas en años anteriores son irrelevantes a los objetivos de este estudio.



Ambiosis

Las emisiones del año 2022 generadas por fuentes fijas se obtienen del "informe inventario de emisiones año 2022 en el marco de los artículos 32 y 52 del DS. N° 105/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, mayo 2023.

Con el fin de evaluar la importancia relativa de las emisiones atmosféricas anuales de buques y remolcadores se comparan los resultados estimados como MP₁₀ con las emisiones de MP informadas por los mayores emisores de las fuentes fijas, que operan en la bahía de Quintero.

La tabla siguiente muestra la comparación entre los mayores emisores de fuentes fijas y las embarcaciones que operan en la bahía de Quintero.

Tabla N° 45. Emisiones Año 2022 de MP en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
Puerto de Ventanas	75,79
AES Andes	63,07
CODELCO Ventanas	63,06
Buques y remolcadores	43,30
Central Quintero	38,93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 46. Emisiones Año 2023 de MP en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
Puerto de Ventanas	556,52
CODELCO Ventanas	86,6
Buques y remolcadores	38,7
AES Andes	33,5
Central Quintero	29,3

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Para el caso del MP, los buques y remolcadores corresponden en magnitud al tercer mayor emisor en la bahía de Quintero.

La tabla siguiente muestra la comparación entre los mayores emisores de NO_x en la bahía de Quintero.

Tabla N° 47. Emisiones Año 2022 de NO_x en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
AES Andes	2.737
Buques y remolcadores	1.102,8
Central Quintero	229,9
CODELCO Ventanas	76,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 48. Emisiones Año 2023 de NO_x en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
AES Andes	2.003
Buques y remolcadores	967,2
Central Quintero	199,18
CODELCO Ventanas	55,9

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del NO_x, los buques y remolcadores corresponden en magnitud al segundo mayor emisor en la bahía de Quintero.

La tabla siguiente muestra la comparación entre los mayores emisores de SO₂ en la bahía de Quintero.



Ambiosis

Tabla N° 49. Emisiones Año 2022 de SO₂ en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
CODELCO Ventanas	4.768
AES Andes	2.689
Buques y remolcadores	291,6
Central Quintero	55,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 50. Emisiones Año 2023 de SO₂ en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
CODELCO Ventanas	3.315
AES Andes	1.727
Buques y remolcadores	253,1
Central Quintero	38,28

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del SO₂, los buques y remolcadores corresponden en magnitud al tercer mayor emisor en la bahía de Quintero. La tabla siguiente muestra la comparación entre los mayores emisores de COV en la bahía de Quintero.

Tabla N° 51. Emisiones Año 2022 de COV en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
ENAP Terminal Marítimo Quintero (ENAP TMQ)	84,71
LIPIGAS	71,26
Buques y remolcadores tubo de escape	50,6
Evaporativas por transferencias a buques	39,2
Central Quintero	43,79

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Tabla N° 52. Emisiones Año 2023 de COV en la Bahía de Quintero (T/año)

Fuente	T/año
ENAP Terminal Marítimo Quintero (ENAP TMQ)	58,6
LIPIGAS	54,13
Evaporativas por transferencias a buques	47,5
Buques y remolcadores tubo de escape	38,7
Central Quintero	38,28

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2022 en el caso de las emisiones de COV generados por tubo de escape de los buques y remolcadores, corresponden en magnitud al tercer mayor emisor en la bahía de Quintero y las evaporativas corresponden a la quinta magnitud, sin embargo, si se suman ambas resultan 89,8 T/año resultando la primera magnitud de estas emisiones.

Para el año 2023 en el caso de las emisiones de COV generados por tubo de escape de los buques y remolcadores, corresponden en magnitud al cuarto mayor emisor en la bahía de Quintero y las evaporativas corresponden a la tercera magnitud, sin embargo, si se suman ambas resultan 86,2 T/año resultando la primera magnitud de estas emisiones.

Las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por los tubos de escape de los buques y por la transferencia de combustibles a los buques son relevantes y de magnitud similares a las fuentes fijas de mayor tamaño existentes en la bahía de Quintero.

2.6.2 Comparación de Emisiones Relativas de Buques en la Bahía de Quintero

Las emisiones anuales pueden ser separadas según la zona geográfica en que son generadas, lo que depende del sitio en que operan cada uno de los buques que ingresan a la bahía de Quintero.

Como sitios se diferencian los muelles, boyas o zona "a la gira", en el caso de los remolcadores se mueven por toda la bahía atendiendo a los buques en los sitios que operan.

En cada sitio considerado, las emisiones estimadas incluyen:



Ambiosis

- La faena; es decir la operación de traslado y acomodo del buque desde la zona del practico hasta su posición en el muelle o boya, con los motores principales, motores auxiliares y calderas funcionando.
- La estadía; es decir la operación de carga o descarga del buque, con los motores principales apagados y en funcionamiento los motores auxiliares y calderas.
- A la gira; es decir la operación de fondeo de un buque en espera de disponibilidad de uso de un muelle o boya, labores de mantenimiento, aprovisionamiento o debido a una instrucción de la autoridad marítima, con los motores principales apagados y en funcionamiento los motores auxiliares y calderas.
- Apoyo de remolcadores; es decir los remolcadores apoyando la faena de cada buque, con sus motores principales y auxiliares en uso. Se considera también la estadía en reposo de los cuatro remolcadores de mayor maniobra, con solo sus motores auxiliares en uso.

La tabla siguiente muestra las emisiones estimadas de MP₁₀ para el año 2022 y ordenadas de mayor a menor según el sitio en que se generan.

Tabla N° 53. Emisiones Año 2022 de MP₁₀ de Buques y Remolcadores (T/año)

Fuente	T/año
A la gira	9,39
Muelle OXIQUM	6,33
Terminal Multiboya	6,01
El Bato - Boya	5,69
Muelle Ventanas	4,92
Remolcadores	4,66
Terminal LPG	3,81
Muelle GNL	1,42
Terminal Monoboya	0,85
Terminal Barcaza	0,73
Muelle ASIMAR	0,21

Fuente: Elaboración propia.



Ambiosis

Tabla N° 54. Emisiones Año 2022 de NO_x de Buques y Remolcadores (T/año)

Fuente	T/año
A La gira	238,40
El Bato - Boya	190,50
Muelle OXIQUM	167,45
Terminal Multiboya	153,28
Muelle Ventanas	152,78
Terminal LPG	108,52
Remolcadores	34,99
Terminal Monoboya	20,81
Terminal Barcaza	13,63
Muelle GNL	11,43
Muelle ASIMAR	4,80

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los tiempos de estadía a la gira son en general los de mayor duración, también lo son las emisiones generadas en la condición a la gira siendo las de mayor magnitud.

Las operaciones desarrolladas en la boya El Bato, están como segundas en magnitud por NO_x, seguidas por las desarrolladas en el muelle de OXIQUM, terminal multicrudos y muelle Ventanas.

En el caso de los remolcadores, la planilla de datos de DIRECTEMAR informa cuales remolcadores apoyan una faena y en el caso de los buques de mayor tonelaje, requieren del apoyo de hasta 4 remolcadores a la vez, por lo cual sus tiempos de operación son mayores, sus emisiones están en sexto lugar en el caso del MP₁₀ y séptimo en el caso de los NO_x.

La suma de los tiempos de operación y el tipo de buques que operan en cada sitio de la bahía, determinan las emisiones en cada caso, el requerimiento de operación de los motores auxiliares y las calderas de calefacción son las fuentes específicas que generan las emisiones atmosféricas identificadas.



Ambiosis

2.6.3 Modelación de Dispersión de las Emisiones

La modelación de dispersión de las emisiones estimadas permite evaluar el posible impacto en la calidad del aire de las emisiones estimadas.

2.6.3.1. Uso del Modelo Calpuff

La "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA", año 2023 muestra los criterios para la elección del modelo apropiado para un proyecto en particular.

Los modelos de la guía cumplen con los siguientes requisitos;

- Disponer de documentación completa que describa sus fundamentos conceptuales, ecuaciones matemáticas, y los tipos de datos de entrada y de salida junto con sus respectivos formatos.
- Estar escrito en un lenguaje de programación común y con código abierto.
- Disponer de documentación sobre su evaluación, en forma de informes técnicos, publicaciones científicas o equivalente a nivel nacional. C
- Contar con desarrollo y soporte técnico actualizado de parte de la comunidad usuaria o desarrolladores.

Los modelos elegidos de la guía son modelos Gaussianos como el AERMOD y gaussianos tipo puff como es el CALPUFF y modelos Eulerianos como WRF-Chem, CAMx y CMAQ. Los proyectos de meteorología no homogénea descartan al modelo AERMOD, como en este caso, que existe el efecto de fumigación dado por la línea costera y que AERMOD, específicamente AERMET el modelo meteorológico de AERMOD, no lo tiene implementado.

Cualquiera de los otros modelos de la guía de modelos, se pueden utilizar, excepto el modelo CALPUFF si la aplicación es pronosticar o evaluar contaminantes secundarios como el ozono.

Dada la mayor experiencia en CALPUFF, por un lado y que los procesos matemáticos asociada a trayectorias lagrangianas de puff requiere menos recursos computacionales que se elige CALPUF como el modelo a utilizar para este proyecto.

2.6.3.2. Inventario de Emisiones Evaluado

Para la modelación de dispersión se utiliza la estimación de emisiones realizada para el año 2022, por ser la de mayor magnitud después del año 2020, año en que las emisiones de MP₁₀ y SO₂ se ven reducidas significativamente debido a la mejora del combustible establecido por la normativa MARPOL.



Ambiosis

Las emisiones atmosféricas son proporcionales a la cantidad de operaciones o faenas realizadas en la bahía y pueden presentarse algunas diferencias dependiendo de la duración de cada una de las faenas.

Las faenas desarrolladas en la bahía no tienen un horario del día definido, por lo cual se pueden presentar a cualquier hora del día.

La figura siguiente muestra la cantidad de operaciones o faenas realizadas durante el año 2022 en la bahía de Quintero. Se puede apreciar que no existe una diferencia importante en la cantidad de operaciones realizadas por mes, por el contrario, son bastante similares en verano e invierno.



Figura N° 35. Cantidad de Operaciones Mensuales

Las emisiones se estiman separadas geográficamente de acuerdo al lugar en que fueron generadas. La tabla siguiente muestra las emisiones estimadas por sitio para el año 2022, utilizados en la modelación de dispersión evaluada.



Ambiosis

Tabla N° 55. Emisiones Año 2022 por Sitio T/año

Sitio	MP₁₀	MP_{2,5}	CO	NO_x	SO₂	HCNM	Benceno
Terminal ASIMAR	0,21	0,20	0,50	4,80	1,50	0,21	0,0002
Muelle Ventanas	4,34	3,98	15,80	155,50	28,78	6,66	0,0051
TM GNL	1,42	1,31	5,39	11,43	9,84	0,34	0,0003
TM GLP	3,87	3,55	11,43	109,83	26,26	4,85	0,0037
TM OXIQUIM	6,46	5,94	17,83	170,59	44,48	7,56	0,0057
Terminal Barcaza	0,73	0,67	1,45	13,63	5,19	0,62	0,0005
Monoboya	0,91	0,83	2,30	22,29	6,28	0,98	0,0007
Boya El bato	14,11	12,65	42,88	409,05	95,24	17,54	0,0133
Multiboya	6,09	5,60	16,11	155,37	42,11	6,87	0,0052
A la gira	0,54	0,48	1,81	17,86	3,61	0,74	0,0006
Remolcadores	4,7	4,3	27,2	143,4	23,5	3,5	0,003
Total 2022 (T/año)	43,3	39,5	142,5	1.212,1	286,8	49,9	0,04

Fuente: Elaboración propia.

Para cada sitio se estiman separadas las emisiones generadas por las faenas de atraque o desatraque, que se distribuyen geográficamente en la ruta que une la zona del practico con el muelle o boya correspondiente y que incluye las emisiones del motor principal, motores auxiliares, calderas de calefacción y emisiones de los remolcadores que apoyan la faena.

Se estiman separadamente también las emisiones generadas en la estadia, que se distribuyen geográficamente en las inmediaciones del muelle o boya e incluyen las emisiones de los moteres auxiliares y calderas de calefacción.

En el caso de los remolcadores su ubicación geográfica depende del buque que estén asistiendo en la faena correspondiente.

La figura siguiente muestra la distribución geográfica realizada de las emisiones estimadas, para su asignación en el modelo de dispersión.



Figura N° 36. Distribución Geográfica de las Emisiones

2.6.3.3. Elección del Año de Modelación de Campos de Viento

Los factores climáticos que afectan al transporte y dispersión de los contaminantes son la velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa del aire, existencia de turbulencias, radiación solar, etc. En su conjunto, el efecto en la atmósfera se traduce en un diferente grado de estabilidad que condiciona el movimiento de las masas de aire, de los cuales en este estudio se considera la intensidad del viento y el gradiente de temperatura, los cuales determinan en gran medida el movimiento horizontal y vertical de las masas de aire y por lo tanto influyen en la dispersión de los contaminantes.

En el plano horizontal la velocidad del viento es un indicador la estabilidad, dado que a mayor velocidad se producen fricciones laminares provocando turbulencias. Para determinar la estabilidad horizontal se usan las estaciones de medición de la zona de interés.



Ambiosis

En el plano vertical, se usa la estación Principal, dado que posee sensores de temperatura a varias alturas.

A. Velocidad del Viento

En el plano horizontal el grado de dispersión dependerá fundamentalmente de la magnitud del viento, ya que se puede decir que cuanto mayor sea la magnitud mayor será la dispersión. Y viceversa, cuanto menor sea la intensidad del viento peor será la condición de calidad del aire. Por lo tanto, para tomar el caso conservador de modelación atmosférica se debe determinar qué año del periodo 2018 al 2023 presenta menor intensidad.

La Tabla siguiente muestra la media anual de las velocidades del viento para el periodo analizado, para las estaciones meteorológicas de la zona de modelación.

Tabla N° 56. Promedio Anual de Velocidad del Viento Para Estaciones Meteorológicas, en el Periodo 2018 al 2023

Año	EM Centro	EM La Greda	EM Los Maitenes	EM Puchuncaví	EM Quintero	EM Sur	EM Valle Alegre	EM Ventanas	EM Principal
2018	1,239	1,327	0,742	1,373	1,288	1,876	1,724	1,738	0,525
2019	1,304	1,300	0,756	1,421	1,381	1,861	1,663	1,673	0,626
2020	1,309	1,273	0,687	1,360	1,379	1,824	1,721	1,501	0,654
2021	1,313	1,286	0,700	1,395	1,385	1,746	1,620	1,629	0,560
2022	1,253	1,298	0,723	1,401	1,414	1,814	1,584	1,642	0,607
2023	1,187	1,217	0,638	1,384	1,267	1,523	1,543	1,538	0,651
Promedio Periodo	1,268	1,283	0,708	1,389	1,352	1,774	1,643	1,620	0,604

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del SINCA MMA.

De la tabla anterior es posible apreciar que el año 2023 presenta menor intensidad de los vientos en las estaciones meteorológicas Quintero Centro, La Greda, Los Maitenes, Quintero, Sur y Valle Alegre.



Ambiosis

La Estación meteorológica Puchuncaví presenta una diferencia de 0.024 m/s entre el año 2020 y el año 2023, por lo tanto, se podría incluir el año 2023 como el menor de la serie para la estación.

De las 9 estaciones meteorológicas 7 presentan la menor intensidad el año 2023.

La figura siguiente muestra la tendencia de menor intensidad del viento para el año 2023.

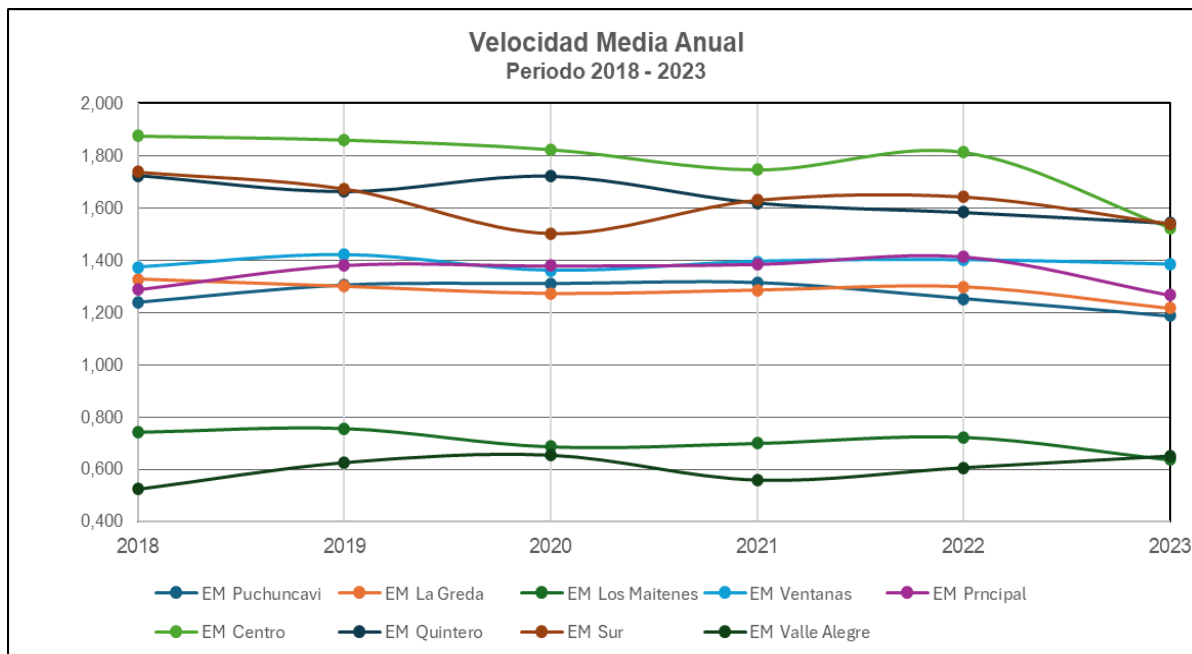


Figura N° 37. Promedio Anual de Velocidad del Viento Para Estaciones Meteorológicas, en el Periodo 2018 al 2023

B. Gradiente Vertical de Temperaturas

Desde un punto de vista termodinámico, una de las características más importantes de la atmósfera a considerar es como va variando la temperatura a medida que se asciende, es decir, el gradiente térmico. Este factor juega un papel muy importante en el proceso de dispersión de los contaminantes donde la temperatura suele disminuir al aumentar la altura. En condiciones adiabáticas, la temperatura disminuye con la altura de forma constante, del orden de 1°C por cada 100m, y esta variación recibe el nombre de gradiente adiabático de temperatura. En alturas hasta los 10 Km la disminución real de la temperatura es aproximadamente 0,66°C por cada 100 m.

La estabilidad atmosférica viene determinada fundamentalmente por el gradiente real de temperaturas en comparación con el gradiente adiabático, y determina la posibilidad del movimiento vertical de contaminantes.



Ambiosis

En la situación de una atmósfera estable, la disminución de la temperatura de la atmósfera con la altura tiene lugar de forma menos rápida que el gradiente adiabático, el volumen del gas que asciende estará rodeado de aire con una temperatura mayor que la suya, por lo que dejará de subir y volverá a su posición inicial. En una situación de atmósfera estable se reduce la creación de torbellinos y disminuye el proceso de difusión de los contaminantes.

La figura siguiente muestra la situación de estabilidad asociada al gradiente de temperatura con respecto al gradiente de temperatura adiabática.

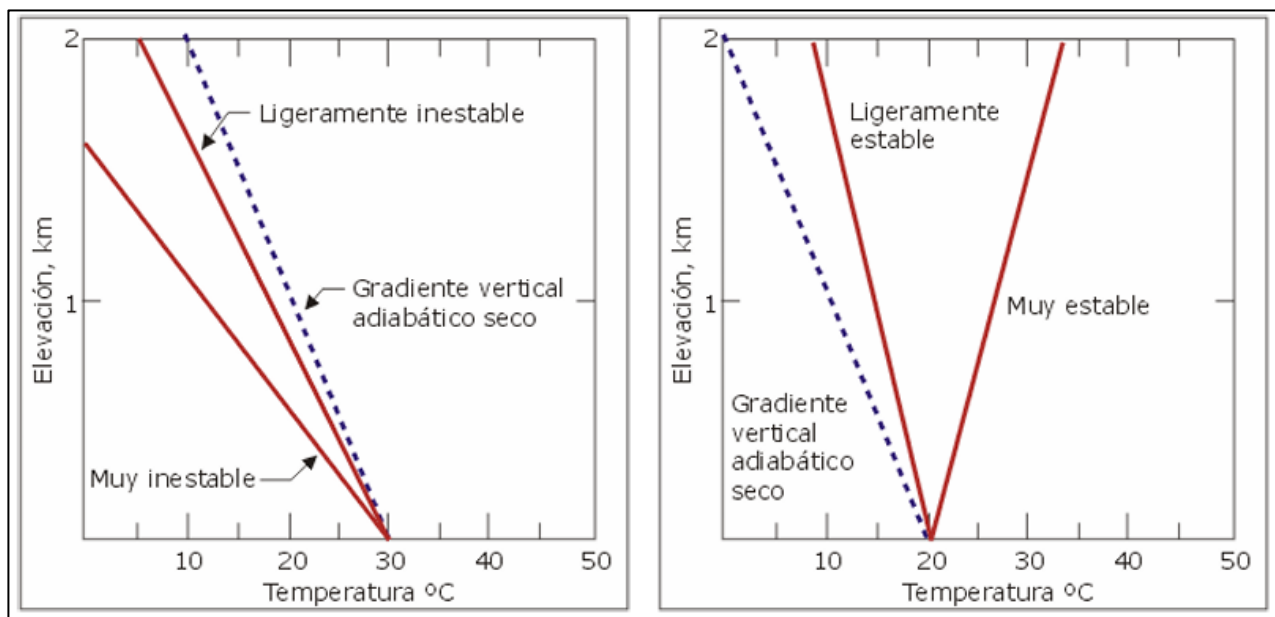


Figura N° 38. Porcentaje Condición de Estabilidad Atmosférica Dependiendo del Gradiente de Temperatura

La estación meteorológica Principal posee mediciones de temperatura en tres niveles, 10 m, 20 y 40 m.

Para el análisis, se considera la diferencia de temperatura entre el sensor instalado a 40 menos y 20 m. La diferencia de temperatura es proporcional al gradiente térmico y entre mayor sea la diferencia más estable será la atmósfera.

Los resultados de la media de la diferencia de temperatura para los años 2018 y 2023 se muestra en la siguiente tabla.



Ambiosis

Tabla N° 57.

Promedio Anual de la Diferencia de Temperatura Entre los Niveles 20 y 40 m. Estación Principal

Año	Temperatura Diferencial °C
2018	-0,29
2019	-0,12
2020	0,10
2021	-0,01
2022	0,07
2023	0,48

Fuente: Elaboración propia.

El valor de 0.48°C como promedio anual del gradiente de temperatura entre el nivel de 10 m y el de 40 m, indica que la atmosfera en ese año es más estable que en años anteriores para la misma estación.

Por lo tanto, tanto la velocidad del viento como el gradiente temperatura indican que el año de menor dispersión es el año 2023, para lo cual se obtienen los datos de campos de viento, para modelar las emisiones del sector de la bahía.

2.6.3.4. Resultados de la Modelación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos

A continuación, se presentan los resultados de la modelación de la dispersión de cada uno de los contaminantes atmosféricos del presente estudio:

A. Material Particulado MP₁₀

El material particulado MP₁₀ se encuentra declarado como latente como concentración anual, por lo cual el aporte que realizan los buques de este contaminante es evaluado en sus concentraciones promedios anual y de 24 hrs con el fin de comparar los resultados con la normativa vigente.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el MP₁₀ promedio anual, los resultados indican una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto muy reducido en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

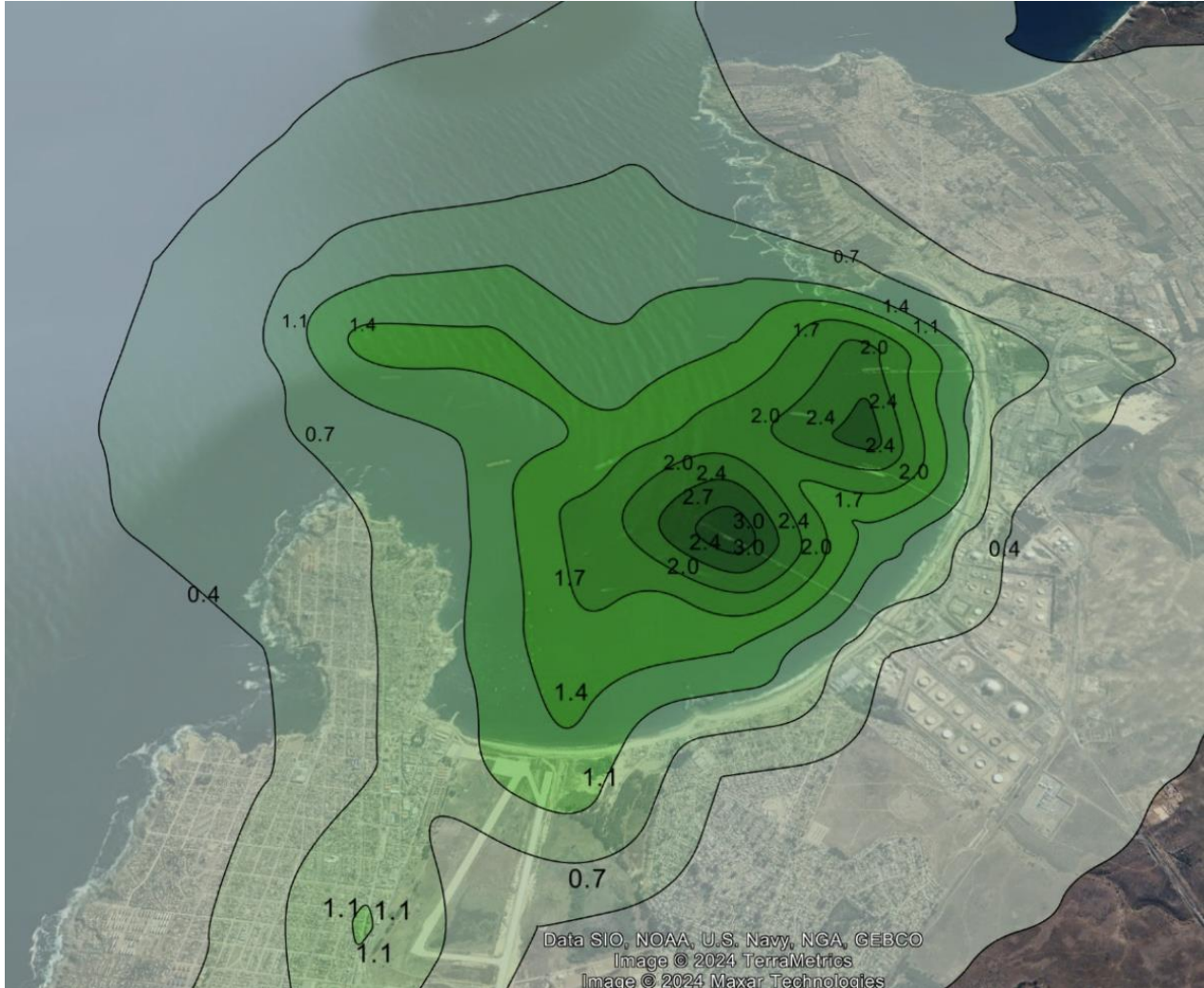


Figura N° 39. Concentraciones Modeladas de MP₁₀ Promedio Anual

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el MP₁₀ promedio 24 hrs, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto muy reducido en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

La norma para la calidad del aire por MP₁₀ promedio anual es de 50 µg/m³, un aporte entre 0,5 y 0,8 µg/m³ corresponde a aproximadamente un 0,5 % de la norma, por lo que resulta un aporte irrelevante y de baja magnitud.



Figura N° 40. Concentraciones Modeladas de MP₁₀ Promedio 24 hrs

La norma para la calidad del aire por MP₁₀ promedio 24 hrs es de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un aporte entre 2 y 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde a aproximadamente un 3 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, y de baja magnitud.

B. Material Particulado MP_{2,5}

El material particulado MP_{2,5} se encuentra declarado saturado como concentración anual y latente como concentración de 24 horas, por lo cual es el contaminante más relevante a evaluar en el caso de la calidad del aire de la bahía de Quintero.



Ambiosis

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el MP_{2,5} promedio de 24 hrs, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto de baja magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.



Figura N° 41. Concentraciones Modeladas de MP_{2,5} Promedio 24 hrs

La norma para la calidad del aire por MP_{2,5} promedio 24 hrs es de 50 µg/m³, un aporte entre 2 y 3 µg/m³ corresponde a aproximadamente un 5 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, pero de baja magnitud.



Ambiosis

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el MP_{2,5} promedio anual, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto de baja magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

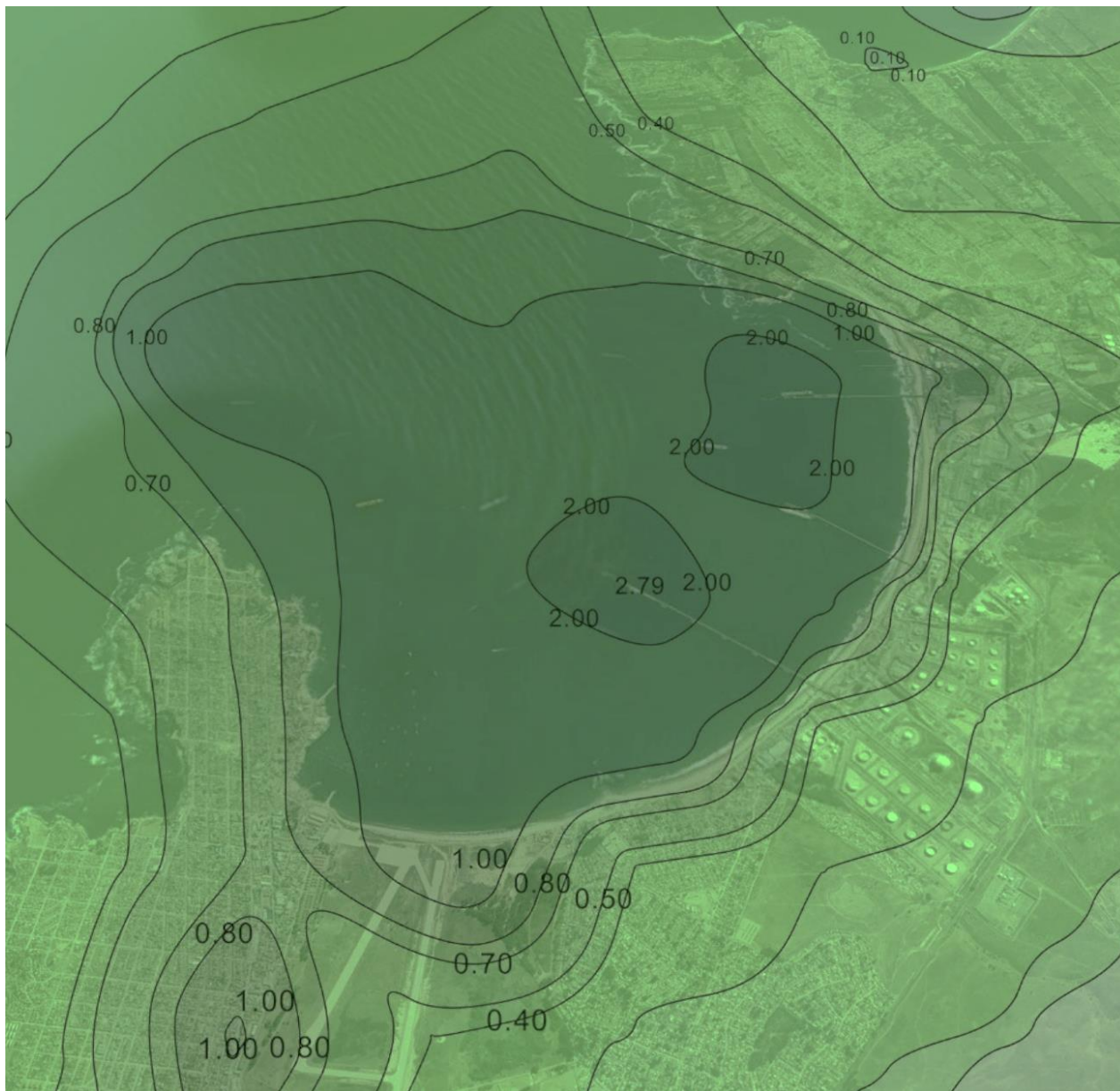


Figura N° 42. Concentraciones Modeladas de MP_{2,5} Promedio Anual

La norma para la calidad del aire por MP_{2,5} promedio anual es de 20 µg/m³, un aporte entre 0,4 y 0,8 µg/m³ corresponde a aproximadamente un 4,0 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, pero de baja magnitud.



Ambiosis

C. Dióxido de Azufre SO₂

El dióxido de azufre es considerado un precursor de material particulado secundario, debido a su rápida conversión en sulfato y tiene un largo historial en la bahía de Quintero de eventos de alta contaminación durante la operación de la fundición de Ventanas.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el SO₂ promedio de 1 hrs, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto de mediana magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.



Figura N° 43. Concentraciones Modeladas de SO₂ Promedio 1 hrs



Ambiosis

La norma para la calidad del aire por SO₂ promedio 1 hrs es de 350 µg/m³, un aporte entre 50 y 100 µg/m³ corresponde a aproximadamente un 28 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, pero de mediana magnitud.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el SO₂ promedio de 24 hrs, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto de baja magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.



Figura N° 44. Concentraciones Modeladas de SO₂ Promedio 24 hrs



Ambiosis

La norma para la calidad del aire por SO_2 promedio 24 hrs es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un aporte entre 10 y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde a aproximadamente un 20 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, pero de baja magnitud.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el SO_2 promedio anual, y muestra una concentración muy homogénea en la bahía que decrece rápidamente al alejarse de las fuentes, con un impacto de baja magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

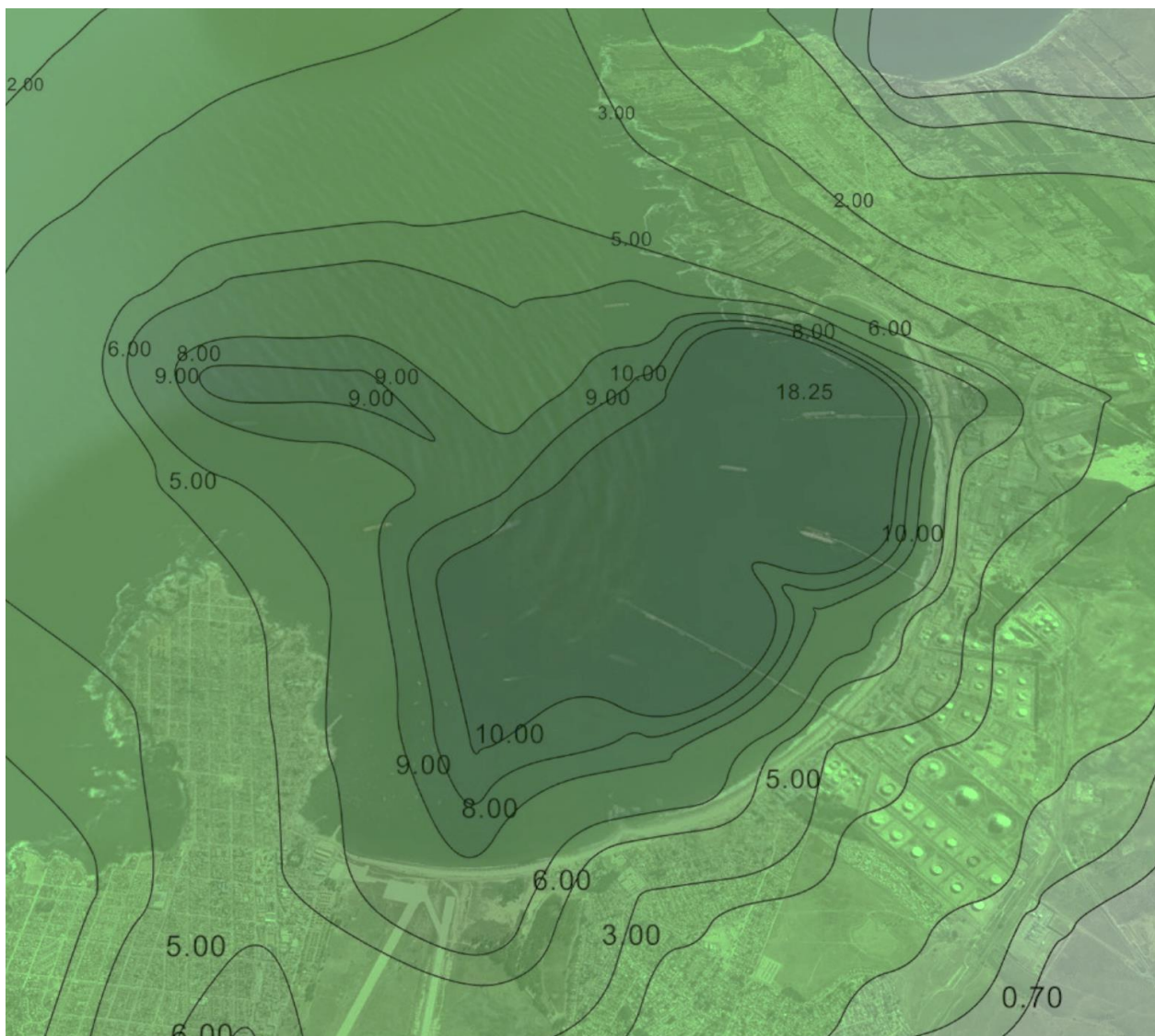


Figura N° 45. Concentraciones Modeladas de SO_2 Promedio Anual



Ambiosis

La norma para la calidad del aire por SO_2 promedio anual es de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un aporte entre 2 y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde a aproximadamente un 8 % de la norma, por lo que resulta un aporte relevante, pero de baja magnitud.

D. Dióxido de Nitrógeno NO_2

El NO_2 es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas secundarias de nitrato, las que pueden generar elevados niveles de $\text{MP}_{2,5}$ en el ambiente. Afecta principalmente al sistema respiratorio.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el NO_2 promedio de una hora, y muestra una concentración centrada en las zonas con mayor emisión en la bahía, con un impacto de alta magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.



Figura N° 46. Concentraciones Modeladas de NO_2 Promedio 1 hr



Ambiosis

La norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora es de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo que las concentraciones modeladas con valores de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la zona de Ventanas y de 80 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en las zonas de Quintero y Loncura son de alta magnitud.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el NO_2 promedio 24 horas, y muestra una concentración centrada en las zonas con mayor emisión en la bahía, con un impacto de mediana magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

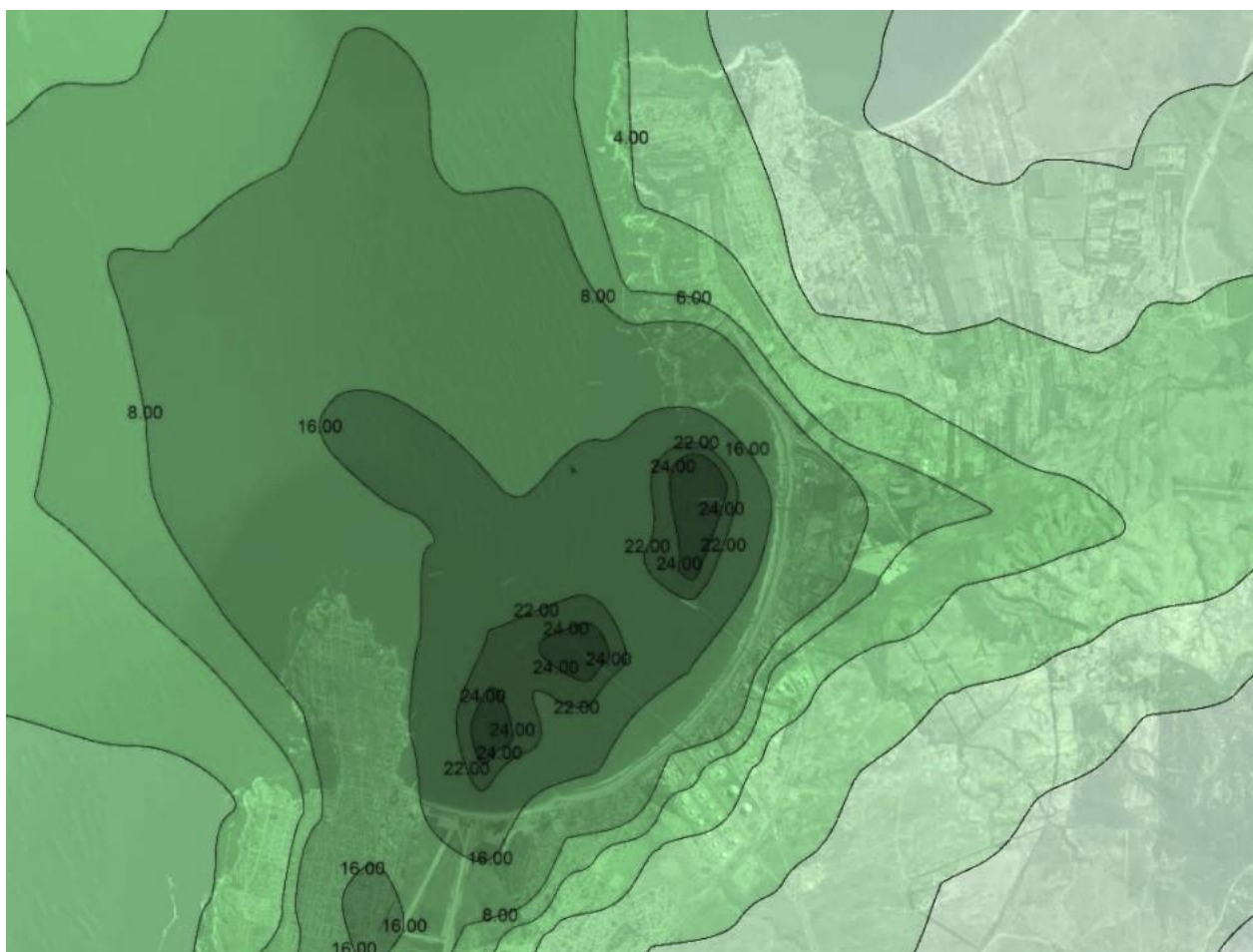


Figura N° 47. Concentraciones Modeladas de NO_2 Promedio 24 hr

La norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 24 horas es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo que las concentraciones modeladas con valores de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la zona de Ventanas y de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en las zonas de Quintero y Loncura son de mediana magnitud.



Ambiosis

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el NO₂ promedio anual, y muestra una concentración centrada en las zonas con mayor emisión en la bahía, con un impacto de mediana magnitud en las zonas pobladas de Quintero, Loncura y Ventanas.

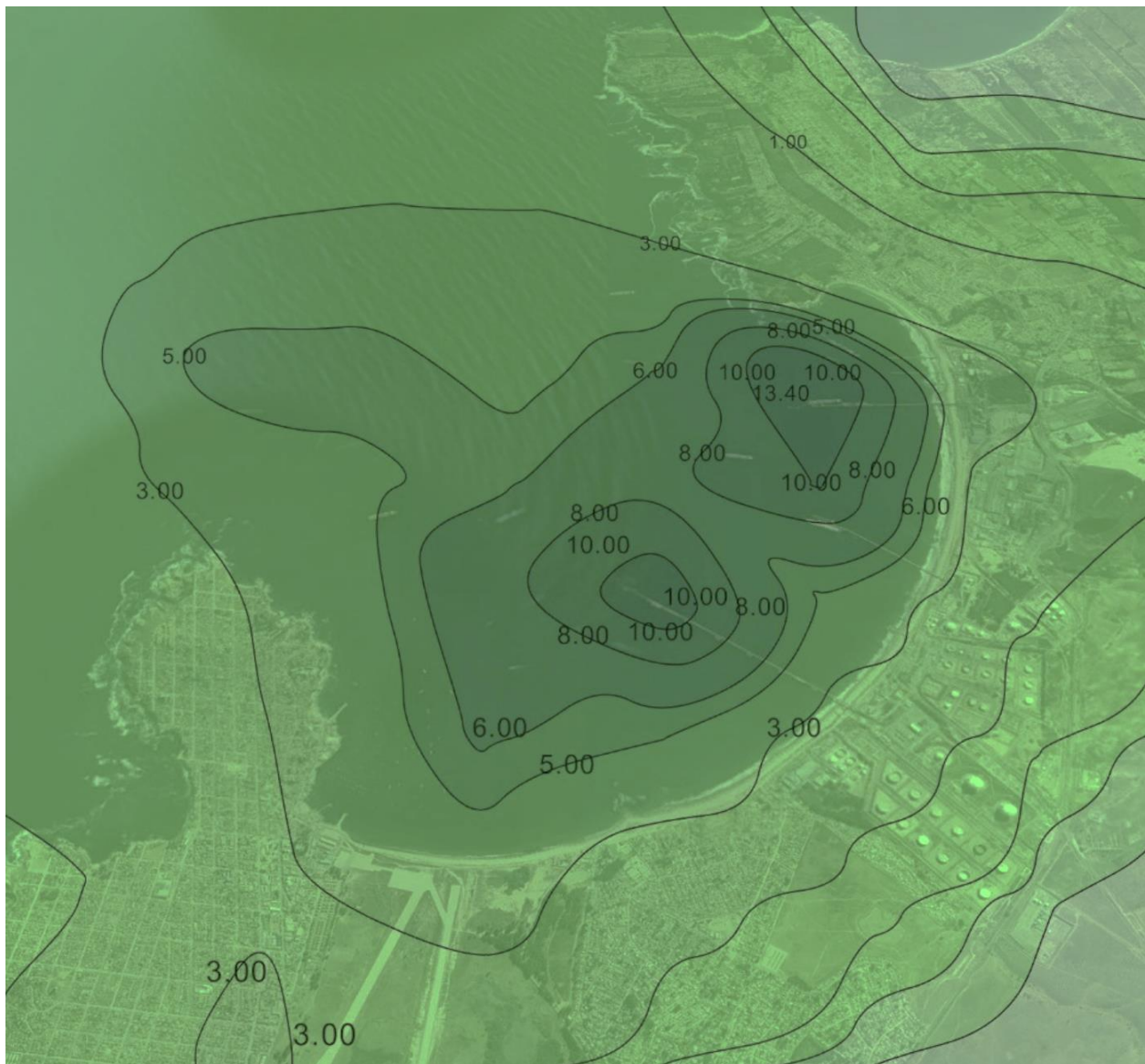


Figura N° 48. Concentraciones Modeladas de NO₂ Promedio Anual

La norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual es de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo que las concentraciones modeladas con valores de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la zona de Ventanas y de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en las zonas de Quintero y Loncura son de baja magnitud.



Ambiosis

E. Monóxido de Carbono CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que puede ser perjudicial para la salud humana.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el CO promedio de una hora.



Figura N° 49. Concentraciones Modeladas de CO Promedio 1 hr

La norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 1 hora es de 26 ppmv (30 mg/m³N). Por lo que las concentraciones modeladas con valores de 50 µg/m³N en la zona de Ventanas y de 100 µg/m³N en las zonas de Quintero y Loncura son de muy baja magnitud (mil veces menor).

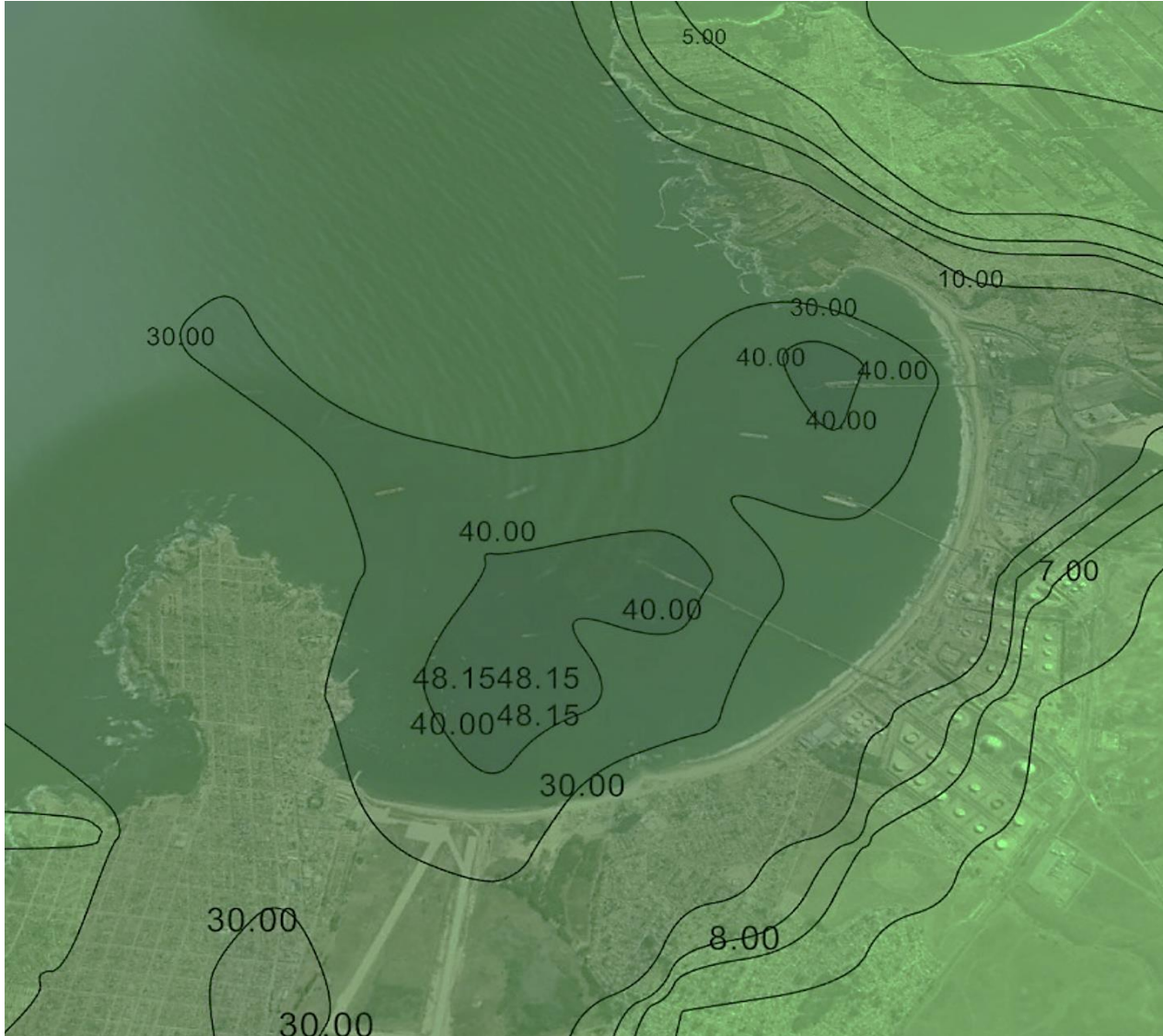


Figura N° 50. Concentraciones Modeladas de CO Promedio 8 hrs

La norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas es de 9 ppmv ($10 \text{ mg/m}^3\text{N}$). Por lo que las concentraciones modeladas con valores de 5 a $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{N}$ en la zona de Ventanas y de $30 \text{ } \mu\text{g/m}^3\text{N}$ en las zonas de Quintero y Loncura son de muy baja magnitud.

F. Benceno C_6H_6

El Benceno es un líquido incoloro a temperatura ambiente, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) mantiene clasificados determinados COV bajo la lista de Contaminantes del Aire Peligrosos, entre los que se encuentran el Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno, en conjunto conocidos como "BTEX".



Ambiosis

De los BTEX en Chile solo está normado en calidad del aire el Benceno, por lo cual se realiza la modelación solo para este contaminante.

La imagen siguiente muestra las curvas de iso-concentración modeladas para el Benceno como promedio anual.

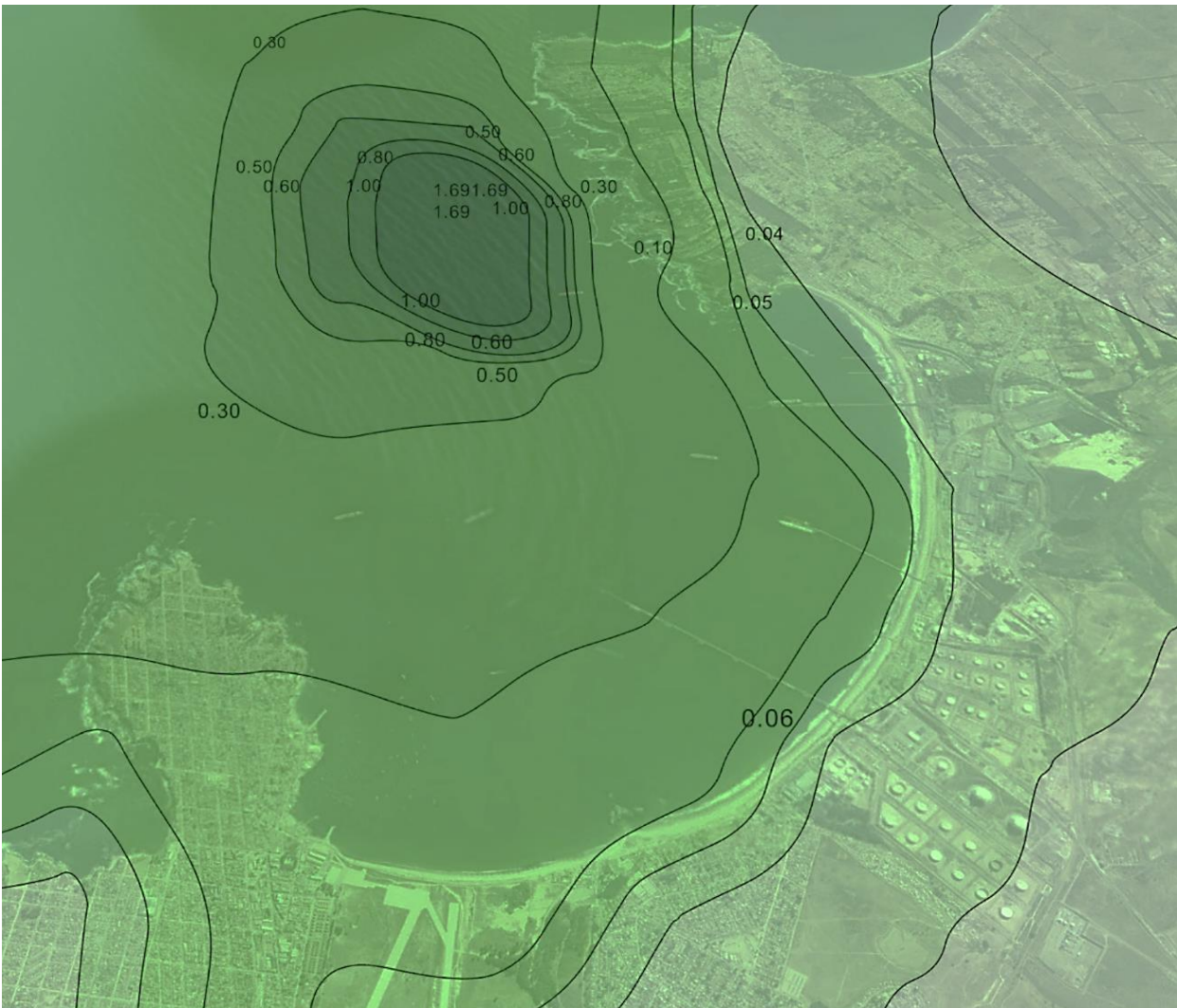


Figura N° 51. Concentraciones Modeladas de Benceno Promedio Anual

La norma primaria de calidad ambiental para compuestos orgánicos volátiles es de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de la concentración anual de Benceno.

Las concentraciones modeladas en todas las zonas pobladas de la bahía son de muy bajas magnitud respecto a la norma nacional.



Ambiosis

2.6.4 Relevancia del Aporte de las Emisiones a la Calidad del Aire

La relevancia que puede tener la emisión de un contaminante en la calidad del aire de una zona saturada está definida para el MP₁₀ y MP_{2,5} por la guía "Criterios de Evaluación en el SEA", que establece los valores que se deben considerar como significativos para la evaluación de impacto en un escenario de riesgo preexistente, en cuanto al aporte o incremento de concentraciones de MP₁₀ y MP_{2,5} en el o los receptores humanos de interés emplazados en el área de influencia.

Este criterio es utilizado para evaluar la relevancia que pueden tener las emisiones de contaminantes atmosféricas generadas por proyectos nuevos, que solicita autorización ambiental para operar en una zona saturada.

En el caso de los buques ya se encuentran operando por lo cual no corresponden a una fuente nueva, sino a una existente en la zona saturada de la bahía de Quintero, sin embargo, se utiliza el criterio para evaluar si la magnitud de su aporte en la calidad del aire es relevante o no. Los valores de incremento a ser considerados como significantes son los siguientes;

Tabla N° 58. Valores de Significancia para el Aumento de Concentraciones de MP₁₀ y MP_{2,5}

Contaminante	Periodo	Incremento de Concentración (µg/m³)
MP ₁₀	24 horas	5,00
	Anual	1,00
MP _{2,5}	24 horas	1,71
	Anual	0,33

Fuente: Guía de criterios de evaluación en el SEA.

Los valores de concentración de los contaminantes atmosféricos modelados son comparados con los valores establecidos con los siguientes resultados:

- Para el caso del MP₁₀ promedio anual, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de 1 µg/m³ solo en las inmediaciones de las fuentes de emisión, las concentraciones modeladas en zonas pobladas tienen magnitudes menores, por lo cual se considera que no son significativos.

- Para el caso del MP₁₀ promedio de 24 horas, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de 5 µg/m³ solo en las inmediaciones de las fuentes de emisión, las concentraciones modeladas en zonas pobladas tienen magnitudes menores, por lo cual se considera que no son significativos.
- Para el caso del MP_{2,5} promedio de 24 horas, el aporte de los buques es superior al valor de 1,71 µg/m³ en las localidades pobladas de la bahía, sin embargo, en magnitudes menores a 3 µg/m³ por lo cual, aunque son consideradas como significativas, su magnitud es baja.
- Para el caso del MP_{2,5} promedio anual, el aporte de los buques es superior al valor de 0,33 µg/m³ en las localidades pobladas de la bahía, sin embargo, en magnitudes menores a 0,7 µg/m³ por lo cual, aunque son consideradas como significativas, su magnitud es baja.

Para los gases contaminantes CO, NO₂ y SO₂ se puede considerar los criterios recomendados por el estudio "Evaluación significancia del impacto de las emisiones de un proyecto o actividad en zonas saturadas en el marco del SEIA" DICTUC 2022. Los criterios sugeridos para los gases son los siguientes:

Tabla N° 59. Valores de Significancia Para el Aumento de Concentraciones de CO, NO₂ y SO₂

Contaminante	Periodo	Incremento Concentración (µg/m ³)
CO	1 hora	1.500
	8 horas	488,89
NO ₂	1 hora	16
	Anual	1
SO ₂	1 hora	14
	24 horas	2,04
	Anual	1,2

Fuente: DICTUC 2022.

Los valores de concentración de los gases contaminantes modelados son comparados con los valores establecidos con los siguientes resultados:



Ambiosis

- Para el caso del CO promedio de una hora, el aporte de las emisiones de los buques es inferior al valor de $1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que no es significativo.
- Para el caso del CO promedio de 8 horas, el aporte de las emisiones de los buques es inferior al valor de $488,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que no es significativo.
- Para el caso del NO_2 promedio de una hora, el aporte de las emisiones de los buques es muy superior al valor de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que es significativo y de alta magnitud.
- Para el caso del NO_2 promedio anual, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que es significativo y de mediana magnitud.
- Para el caso del SO_2 promedio de una hora, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que es significativo y de mediana magnitud.
- Para el caso del SO_2 promedio de 24 horas, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que es significativo y de mediana magnitud.
- Para el caso del SO_2 promedio anual, el aporte de las emisiones de los buques es superior al valor de $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toda la bahía, por lo cual se considera que es significativo y de mediana magnitud.
- En el caso de Benceno no hay disponible un nivel de referencia para definir su significancia, sin embargo, la comparación con la norma nacional de calidad del aire indica que los valores modelados son de baja magnitud (2 % de la norma).

2.6.5 Conclusión de la Importancia de las Emisiones

La magnitud de las emisiones de contaminantes atmosféricos es variable año a año dependiendo de los niveles de actividad de las fuentes generadoras.

Al comparar las emisiones anuales de los buques y remolcadores, con las generadas por las fuentes fijas de mayor magnitud, se puede afirmar que las emisiones son de magnitud similares, en el caso de MP_{10} y SO_2 son relevantes ya que están en cuarto y tercer lugar en la bahía y muy relevantes en el caso de COV en primer lugar y NO_x en segundo lugar en magnitud.

Las emisiones de buques y remolcadores no tienen un límite establecido en el PPDA por lo cual pueden aumentar, si los niveles de actividad de sus fuentes aumentan en el tiempo.



Ambiosis

Al evaluar el impacto que las emisiones pueden tener en la calidad del aire de los sectores poblados de la bahía de Quintero, mediante una modelación de dispersión, las emisiones de MP_{10} , $MP_{2,5}$ resultan poco significativas y de baja magnitud, las emisiones de SO_2 resultan significantes, pero de mediana magnitud.

La modelación de dispersión de NO_x indica que las emisiones de este contaminante generadas por los buques y remolcadores que operan en la bahía, tienen un impacto relevante y de consideración en la calidad del aire.

Si se comparan los resultados modelados para el NO_2 con la normativa de calidad del aire vigente en Chile⁷, las concentraciones de una hora como percentil 99, corresponde al 50 % de la norma en la mayor parte de las zonas pobladas de la bahía, en el caso de la norma promedio anual y de promedio 24 horas, los resultados modelados representan un aporte significativo a las concentraciones de este contaminante en la calidad del aire en la bahía.

En términos de relevancia e impacto en la calidad del aire, las emisiones de NO_2 son las más importantes y requieren de una priorización en su gestión.

2.7. Actividad 7: Propuesta de Recomendaciones Para Reducir Emisiones en la Bahía de Quintero

Las propuestas de reducción de emisiones se plantean en forma general, como posibilidades, pero deben ser evaluadas en su posible aplicación en cada uno de los casos de tipos de buques, remolcadores o actividades de transferencia, considerando su eficiencia y costo efectividad asociados.

2.7.1 Metodología de Estimación de Emisiones

La aplicación de la metodología propuesta corresponde a la sugerida por la EPA llamada Guía de Estimación de Emisiones de Puertos de abril de 2022.

Las propuestas de mejoras al desarrollo del inventario de emisiones son las siguientes.

⁷ <https://www.diariooficial.interior.gob.cl/publicaciones/2024/09/23/43955/01/2546616.pdf>



Ambiosis

2.7.1.1. Inventario Anual para Cumplimiento del PPDA

Se sugiere que el desarrollo del inventario anual requerido para el cumplimiento del PPDA, sea desarrollado en base a la información disponible en los inventarios anuales detallados que fueron desarrollados en este estudio, se sugiere generar valores promedios anual por contaminante y por cantidad de operaciones realizadas y luego estimar los años siguientes multiplicando los valores promedios por el número de operaciones desarrolladas año a año e informadas por DIRECTEMAR.

El desarrollo de un inventario anual simplificado permitiría reducir el costo de su desarrollo y facilitar el cumplimiento de la medida de actualización anual establecida en el PPDA.

Se sugiere que se desarrolle una actualización del inventario de buques y remolcadores en detalle, cada 5 años como parte de la evaluación periódica del avance de cumplimiento del PPDA.

2.7.1.2. Inventario Anual para Evaluación de Medidas

Se recomienda el desarrollo de inventarios de emisiones focalizados en la evaluación de medidas de reducción o aumento de emisiones, desarrolladas por alguno de los titulares de las fuentes u operadores de terminales portuarios.

Es recomendable que las empresas que operan en la bahía puedan evaluar en detalle la aplicación de posibles medidas de reducción de medidas de control de emisiones, priorizando en el control de NO₂ generadas por las fuentes de emisión de su propiedad o de sus proveedores.

2.7.1.3. Reportes de Niveles de Actividad Anual

Se recomienda incluir en el PPDA la obligación de reportar niveles de actividad a las siguientes fuentes:

- Remolcadores separando las horas en faenas, de las horas en reposo o espera (operación y potencia de los generadores) desarrolladas en la bahía de Quintero.
- Lanchas de transporte utilizadas en la bahía.
- Transferencias de combustibles desde tierra a buque identificando el tipo de producto, la fecha, la magnitud de la transferencia en m³ y el lugar en el que es desarrollada la transferencia en coordenadas UTM, con el fin de que la SEREMI de Medio Ambiente pueda realizar la estimación de emisiones de COV y BTEX generadas en la bahía de Quintero.



Ambiosis

2.7.2 Medidas Operacionales

Las medidas operacionales sugeridas se plantean en forma general como posibilidades, pero deben ser evaluadas en su posible aplicación en cada uno de los casos de tipos de buques, remolcadores o actividades de transferencia, considerando su eficiencia y costos efectividad asociados.

2.7.2.1. Planes Operacionales de las Empresas

Es recomendable que las empresas que operan en la bahía puedan evaluar en detalle sus planes operaciones respecto a la efectividad que puedan generar en la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos.

En especial se sugiere evaluar los planes operacionales que incluyen medidas que afectan las emisiones generadas por los buques, tales como su permanencia en la bahía.

Es recomendable que en la revisión de los planes operacionales sea priorizando el control de NO₂ generado por las fuentes de emisión de su propiedad o de sus proveedores.

2.7.2.2. Electrificación de Muelles

La electrificación de un muelle o Onshore Power Supply (OPS), corresponde a la implementación del suministro de electricidad desde un muelle a los buques que estén atracados, con el fin de que no tengan que mantener en funcionamiento sus motores auxiliares o generadores eléctricos durante su estadía en el muelle.

Los buques deben seguir operando con las calderas de calefacción utilizadas para el calentamiento del combustible, por lo cual las emisiones atmosféricas que generan durante su estadía en el muelle no pueden reducirse totalmente, pudiéndose eliminar solo el uso de los generadores eléctricos.

La implementación de una solución de este tipo requiere de contar con la energía eléctrica suficiente en el muelle, por lo cual se requiere de una línea de alta tensión dedicada para tal efecto o generadores eléctricos con combustibles alternativos.

En la bahía de Quintero está solución podría ser aplicado en los muelles de Ventanas, GNL y OXIQUIM.

Esta solución reduce emisiones de NO_x, SO₂, CO, MP₁₀ y MP_{2,5}, COVs y Benceno, ya que elimina las emisiones de tubos de escape de los generadores eléctricos de los buques que operan en el muelle.



Ambiosis

2.7.2.3. Retrofit o Modernización de Buques y Remolcadores

El retrofit o modernización de las fuentes de emisión de los buques y remolcadores consiste en la instalación de sistema de reducción de emisiones en los motores y/o generadores eléctricos que operan en la bahía de Quintero.

Debido a que el tiempo de duración de las faenas de ingreso a la bahía (motor principal y generadores eléctricos en operación) es muy menor respecto al de las estadías en las faenas de carga o descarga (solo generadores eléctricos en operación), podría ser más relevante el retrofit de los generadores eléctricos, los que están en operación durante ambas faenas.

- Es técnicamente factible el reemplazo de generadores eléctricos que cumplen con la normativa TIER I por un generador eléctrico TIER III.
- Sin el reemplazo de los generadores eléctricos en operación actual, es técnicamente factible la instalación de equipos de reducción de emisiones como reducción catalítica selectiva para la reducción de NOx o filtros de partículas para la reducción de MP.
- Los fabricantes de los generadores eléctricos tienen experiencia en la instalación de equipos de reducción de emisiones en sus modelos antiguos, por lo cual es factible que los titulares de los buques y remolcadores puedan implementar una modernización de los generadores eléctricos con el asesoramiento de los fabricantes de los equipos.

En la bahía de Quintero esta solución podría ser aplicada en los generadores eléctricos de buques que realizan cabotaje y en los remolcadores, reduciendo las emisiones de NO₂ sin un efecto relevante en reducción de otros contaminantes.

2.7.2.4. Electrificación de Remolcadores

La electrificación de los motores propulsores y generadores de los remolcadores puede ser una solución técnica que reduce significativamente sus emisiones atmosféricas.

En la actualidad la empresa SAAM towage tiene en operación en la bahía de Vancouver dos remolcadores eléctricos y tiene un acuerdo con ENAP para iniciar la operación de un remolcador eléctrico en la bahía de Chacabuco en el sur de Chile durante el año 2025.

Una solución de este tipo requiere del desarrollo de los sistemas de carga de energía a los remolcadores en la bahía de Quintero.

Esta medida puede generar una reducción muy relevante en las emisiones atmosféricas de todos los contaminantes atmosféricos en la bahía de Quintero.



Ambiosis

Se recomienda realizar una evaluación caso a caso de su aplicabilidad técnica y económica e inclusión como parte del PPDA.

Esta solución reduce emisiones de NO_x, SO₂, CO, MP₁₀ y MP_{2,5}, COVs y Benceno, ya que elimina las emisiones de tubos de escape de los motores principales y auxiliares de los remolcadores que operan en la Bahía de Quintero y las emisiones de COVs volátiles de los combustibles utilizados en los mismos remolcadores.

2.7.2.5. Priorización por su Aporte a las Emisiones de NO_x

Las medidas de reducción de emisiones pueden ser evaluadas de diferentes formas y profundidad. Con los antecedentes generados en el inventario de emisiones desarrollado en este estudio para el año 2022 y considerando los aportes relativos a las emisiones de NO₂ generados por los buques en la bahía de Quintero, se proponen las medidas a ser priorizadas.

Para esta evaluación en el caso de los remolcadores se consideran las emisiones de NO_x generadas por los motores principales y los auxiliares, la medida considerada es la electrificación de los remolcadores en su totalidad, lo que generaría una reducción de todos los contaminantes atmosféricos generados por estas fuentes.

También es posible realizar un retrofit de los remolcadores, pero podría tener eficiencias de reducción menores a la electrificación y reducir solo las emisiones de NO_x sin afectar a otros contaminantes.

En el caso de la electrificación de los muelles se considera el aporte de emisiones de NO_x solo de los motores auxiliares de los buques, sin considerar el aporte de las calderas y motores principales.

En el caso de los buques de cabotaje se considera solo el aporte de los motores auxiliares, sin considerar el aporte de las calderas y motores principales.

La operación de los buques durante su estadía en los muelles implica que los motores principales están apagados y en funcionamiento solo los motores auxiliares y calderas, con la electrificación de los muelles se pueden mitigar solo las emisiones de los motores auxiliares, no así las generadas por las calderas.



Ambiosis

Tabla N° 60. Priorización por el Aporte a las Emisiones de NO_x 2022

Fuente de Emisiones de NO_x	T/año
Remolcadores	143,4
Muelle OXIQUIM	98,84
Buques de cabotaje	79,2
Muelle Ventanas	77,1
Muelle GNL	2,8

Fuente: Elaboración propia.

La medida de reducción de emisiones propuesta con mayor aporte a las emisiones de NO_x es la electrificación de los remolcadores, que implica también la reducción de las emisiones de todos los otros contaminantes generados por estas fuentes.

Durante el año 2022 en la bahía de Quintero operaron 21 remolcadores, de los cuales el 85 % de las horas de operación son realizadas por 6 de ellos, por lo que su reemplazo por remolcadores eléctricos sería una medida más eficiente; lo que se deberá evaluar en detalle en cada caso.

En la actualidad existen remolcadores eléctricos operando en puertos de otros países y ENAP tiene un contrato con la empresa SAAM para operar un remolcador eléctrico en el puerto de Chacabuco en Chile a partir de 2025.

2.7.3 Medidas Normativas

En la actualidad los buques de transporte internacional están reglamentados por la normativa establecida por la Organización Marítima Internacional (OMI) llamada MARPOL, la cual Chile ha ratificado y es fiscalizada localmente por DIRECTEMAR.

Los buques que desarrollan cabotaje, es decir transporte exclusivo en Chile y los remolcadores no están cubiertos por MARPOL, salvo que sus exigencias sean homologadas localmente, por ejemplo, la calidad del combustible marítimo usado en Chile fue homologado por la normativa del Ministerio de Energía y fiscalizado por la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC).



Ambiosis

2.7.3.1. Normas de Emisión Para Remolcadores y Buques de Cabotaje

En la actualidad los remolcadores no están cubiertos por la normativa MARPOL y pueden contar en la actualidad con motorización que cumpla la normativa Tier I o Tier II, dependiendo de su antigüedad.

La normativa MARPOL para zonas bajo control de emisiones establece la normativa TIER III para los buques que operen en la zona definida.

Una posibilidad normativa es que el MMA establezca una regulación TIER III para los buques que realicen cabotaje y remolcadores que operen en la bahía de Quintero. Esta normativa local no sería aplicable a los buques que realicen transporte internacional, ya que estarían regulados por la normativa internacional MARPOL.

Se recomienda que el MMA establezca una regulación TIER III para los generadores eléctricos que operan en remolcadores y buques de cabotaje.

3. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del estudio se muestran a continuación:

- Respecto del Plan operacional del puerto de Ventanas, donde se controla la tolva de recepción a un 80 % de su capacidad, con vientos mayores a 7 m/s. Es recomendable evaluar la efectividad de la medida, identificar la dirección e intensidad de las ráfagas de viento en la zona de las tolvas, así como identificar que materiales descargados presentan polvo fino (análisis de Silt⁸) susceptible de ser levantado por las ráfagas de viento.
- Se recomienda en la próxima modificación del PPDA, modificar el artículo 38 primer párrafo, respecto la necesidad de incluir el cumplimiento del Anexo VI de MARPOL en la Bahía de Quintero, dado que en la actualidad esta normativa ya es de cumplimiento legal nacional, desde su ratificación en Decreto Supremo N° 1.689, de 14 de noviembre de 1994.

Se recomienda mantener la exigencia a DIRECTEMAR del reporte del nivel de actividad anual de las operaciones de naves en la bahía de Quintero.

⁸ [app-c2.pdf \(epa.gov\)](#)



Ambiosis

- Se recomienda que DIRECTEMAR implemente a futuro un registro con las horas de operación reales de los remolcadores en la bahía de Quintero.

En la actualidad el registro desarrollado por DIRECTEMAR solo cuenta con el reporte de las horas de faenas desarrolladas, sin embargo, falta contabilizar las horas de espera y permanencia en la bahía, una alternativa podría ser el registro del consumo de combustible mensual y anual.

Se recomienda que, para la implementación del registro de las horas de espera y permanencia en la bahía, DIRECTEMAR solicite esta información a las empresas operadoras de remolcadores.

- Se recomienda desarrollar un formato de la información que DIRECTEMAR debe reportar a la SEREMI de MMA para el desarrollo de los futuros inventarios anuales de emisiones, de acuerdo a lo indicado en el anexo 5.11 información requerida para la construcción del inventario de emisiones.
- Se recomienda para el desarrollo de este estudio un inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos generados por embarcaciones marítimas, mediante una metodología bottom up y utilizando los factores de emisión sugeridos por la EPA.
- En base a los resultados de este estudio se recomienda priorizar medidas de reducción de emisiones de NO₂ en los buques y remolcadores con fuentes de combustión que operan en la bahía de Quintero, debido a su alto impacto en la calidad del aire de las zonas pobladas.

De acuerdo a los resultados de este estudio, las medidas más relevantes de acuerdo a su aporte en la reducción de las emisiones de NO₂ son la electrificación de remolcadores y suministro de energía eléctrica en los muelles, para los buques que se encuentra en operaciones de carga o descarga.

4. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones identificadas considerando el estado de avance del presente estudio.

4.1. Normativa Nacional Local

Las conclusiones correspondientes a la normativa nacional local son las siguientes:



Ambiosis

4.1.1. Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA

- De acuerdo a lo establecido en el artículo 38 *"A partir de la publicación del presente decreto, las naves que realicen faenas de carga y descarga en muelles, monoboyas, boyas multipropósito asociados a los terminales marítimos de la bahía, deberán dar cumplimiento a las exigencias del Anexo VI "Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica ocasionada por los Buques", del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL)".*

Esta definición deja afuera a las naves que estén a la gira en la bahía o que realicen operaciones que no estén asociadas a terminales marítimos, pero que generan emisiones atmosféricas que podrían afectar la calidad del aire de la bahía de Quintero.

- De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA artículo 38, La Autoridad Marítima ejercerá la supervisión de dichas exigencias conforme a lo estipulado en el citado Convenio.
- De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 105 de 2018 del MMA artículo 2, los límites de aplicación serían la superficie terrestre de las comunas consideradas, sin perjuicio que, tal como se señaló, las naves son fiscalizadas dentro de la bahía de Quintero por DIRECTEMAR.

4.1.2. Decreto Supremo N° 1.689, de 14 de Noviembre de 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores

- Todas las exigencias establecidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL han sido ratificadas en la legislación nacional, estableciéndose que es la DIRECTEMAR la encargada de su aplicación plena en todo el país.
- En la actualidad el cumplimiento de las exigencias de MARPOL es legalmente obligatorio en todo el territorio nacional, independiente de lo establecido en el DS 105/2018 del MMA.

Este instrumento, en su forma modificada por el Protocolo de 1978, entró en vigor internacional el 2 de octubre de 1983 y fue promulgado por el Decreto Supremo N° 1.689, de 14 de noviembre de 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en el Diario oficial de 4 de mayo de 1995.

- De acuerdo a lo establecido en el anexo 6 de MARPOL la bahía de Quintero no es una zona de control de emisiones (ECA por su sigla en inglés), dado que no ha sido designada así por la OMI.
- Las naves que operan en la bahía de Quintero tienen que cumplir la normativa MARPOL anexo 6 de una zona no ECA:



- a) Para el control de emisiones de NOx (MARPOL anexo 6, regla 13):
- ✓ Se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un buque construido el 1 de enero de 2000 o posteriormente y antes del 1 de enero de 2011, que no cumpla la norma de emisiones llamada "Etapa I".
 - ✓ Se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un buque construido el 1 de enero de 2011 o posteriormente, que no cumpla la norma de emisiones llamada "Etapa II".

El valor numérico de la norma de emisiones de NOx depende de las revoluciones por minuto del motor marino regulado, las etapas de la norma equivalen a los valores establecidos en la normativa EPA para maquinarias fuera de ruta conocida como TIER.

La Etapa III de la norma debe ser cumplida solo por los motores de naves que operan en zonas de control de emisiones designadas de NOx, por lo cual no es de cumplimiento legal en la Bahía de Quintero.

- b) Para el control de emisiones de SO₂ y MP (MARPOL anexo 6, regla 14), a partir del 1 de enero del año 2020 deben operar con un combustible con un máximo de 0,5 % de azufre (5.000 ppm de azufre).

Comparativamente el combustible diésel utilizado en transporte terrestre en la zona debe tener un máximo de 15 ppm de azufre, en Quintero en la actualidad las naves pueden operar con un combustible con 0,5 % de azufre.

- c) Para el control de emisiones de COV, (MARPOL anexo 6, regla 15), se establece que:
- ✓ Párrafo 2: Toda parte que adopte una reglamentación para los buques tanque en relación con las emisiones de COV enviará una notificación a la Organización, en la que se indicarán el tamaño de los buques que se han de controlar, las cargas que requieren el empleo de sistemas de control de las emisiones de vapores y la fecha de entrada en vigor de dicho control. La notificación se enviará por lo menos seis meses antes de la fecha de entrada en vigor.
 - ✓ Párrafo 6: Todo buque tanque que transporte crudo dispondrá a bordo de un plan de gestión de los COV aprobado por la Administración.

- ✓ Párrafo 7: Esta regla se aplicará también a los gaseros solo en el caso de que los sistemas de embarque y contención de la carga sean de un tipo que permita la retención sin riesgos a bordo de los COV (no metánicos) o el retorno sin riesgos de estos a tierra.

En la bahía de Quintero las naves deberían cumplir con el párrafo 6.

4.1.3. Normas Emanadas de la Capitanía Puerto de Quintero

- El ordinario N° 12.000/281 establece los puntos de fondeo disponibles dentro de la bahía de Quintero, se prohíben los humos visibles y los trasvasijos entre naves con crudo, crudo reducido, MTBE, Estireno, Alquilate y Asfalto, y realizar venteos forzados, lavados de bodega, limpieza de estanques, desgasificado e inertizado, ya sea atracado, amarrado o a la gira.
- Se permiten solo alijos de crudo entre naves que cuenten con recirculación de vapores.
- El ordinario N° 12.000/_418 establece las condiciones de operación de las naves en la bahía de Quintero, incluyendo las exigencias para el alije de crudo con sistemas de recirculación de vapores y el cumplimiento de las disposiciones emanadas por la Autoridad Marítima, en lo que respecta a la Gestión de Episodios Críticos Atmosféricos (GEC).

4.1.4. Decreto Supremo N° 40 de 2024 del MMA

- Establece los valores normativos para Dióxido de Nitrógeno (NO₂):
 - ✓ Norma horaria de 200 µg/m³N de NO₂.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

- i. El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados cada año, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.*
- ii. Si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.*

- ✓ Norma de 24 horas de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de NO_2 .

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 24 horas, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

 - i. *El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99 de la concentración de 24 horas registrados durante un año, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.*
 - ii. *Si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de concentración de 24 horas para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.*
- ✓ Norma anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de NO_2 .

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual, cuando ocurra al menos, una de las siguientes condiciones:

 - i. *El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual al valor de la norma que se establece.*
 - ii. *Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.*

4.2. Normativa Internacional

Las conclusiones correspondientes a la normativa internacional son las siguientes:

- La normativa internacional aplicable, corresponde a la establecida por la Organización Marítima Internacional (OMI). El Anexo VI del Convenio MARPOL establece las "*Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica Ocasionada por los Buques*".
- Todas las exigencias establecidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL han sido ratificadas en la legislación nacional, estableciéndose que es la DIRECTEMAR la encargada de su aplicación plena.
- Dado que la bahía de Quintero no es una ECA, le aplica la normativa MORPOL para una zona "no ECA", de acuerdo a lo indicado en el punto 2.3.1.10.



Ambiosis

4.3. Conclusiones Segundo Informe de Avance

Las conclusiones correspondientes al segundo informe de avance del presente estudio son las siguientes:

- De la revisión de los inventarios de emisiones desarrollados en diferentes puertos internacionales, se puede concluir que tienen diferentes metodologías y responden a objetivos particulares; sólo en algunos de ellos se consideran las emisiones atmosféricas generadas por los buques. Dependiendo del tamaño y organización administrativa del puerto, para aquellos que requieren desarrollar un control de la calidad del aire del puerto, se desarrollan inventarios detallados que incluyen todos los tipos de buques, maquinarias en tierra, fuentes fijas como generadores y transporte de mercaderías en carretera o ferroviario.
- La normativa de control de emisiones establecida por MARPOL es de cumplimiento para los buques que desarrollan operaciones de transporte internacional, en el caso de buques que desarrollan solo operaciones nacionales, no están obligados a cumplir con MARPOL.
En este caso se encuentran los buques que desarrollan cabotaje marítimo y los remolcadores, los cuales a la fecha no están obligados a cumplir con ninguna normativa de control de emisiones atmosféricas.
Los motores que utilizan los buques de bandera nacional son de fabricación internacional, por lo que cuentan con la certificación del fabricante respecto al nivel de sus emisiones, DIRECTEMAR verifica que los certificados estén disponibles, ya sea en su fabricación, modificaciones o reemplazo del motor.
Dado lo anterior es recomendable generar una normativa que regule las emisiones atmosféricas de los buques de cabotaje marítimo y los remolcadores.
- La operación de los remolcadores en la bahía de Quintero está concentrada en cuatro remolcadores, lo que facilita la implementación de alguna medida de control de emisiones específica.
- La operación de buques de cabotaje en la bahía de Quintero está concentrada en 13 buques petroleros y 6 quimiqueros, lo que facilita también la implementación de alguna medida de control de emisiones específica.
- La principal diferencia con las actividades en la bahía de Quintero respecto de los puertos internacionales identificados en el punto 2.4.2, es que en la bahía de Quintero se transfieren sólo graneles sólidos y líquidos y carga general y no se transfieren contenedores ni pasajeros.



Ambiosis

4.4. Conclusiones Tercer Informe de Avance

Las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas por la operación de buques y remolcadores en la bahía de Quintero son relevantes en términos de magnitud y del impacto en la calidad del aire normado en Chile.

Las emisiones atmosféricas generadas por los buques no tienen un límite establecido en el PPDA por lo cual pueden aumentar, si los niveles de actividad de sus fuentes aumentan en el tiempo.

El impacto generado en la calidad del aire por las emisiones estimadas como las generadas por los motores principales, generadores eléctricos, calderas de calentamiento y transferencias de combustible, dependen del tipo de contaminante, su proximidad a las zonas pobladas, a la cantidad de operaciones realizadas anualmente y a su localización geográfica.

Respecto al impacto de los distintos contaminantes evaluados se tiene que:

- El impacto de las emisiones estimadas de MP_{10} en la zona poblada de la bahía, es de baja magnitud y relevancia.
- El impacto de las emisiones de $MP_{2,5}$ en la zona poblada de la bahía, es relevante, pero de baja magnitud.
- El impacto de las emisiones de SO_2 en la zona poblada de la bahía, son relevantes y de baja magnitud en sus promedios anuales y de 24 hrs, pero de mediana magnitud en sus promedios horarios.
- El impacto de las emisiones de CO en la zona poblada de la bahía no es relevante y es de muy baja magnitud.
- El impacto en la calidad del aire por NO_2 evaluado mediante la modelación de dispersión, es relevante y de alta magnitud, por lo cual es recomendable establecer medidas de reducción de emisiones priorizando este contaminante.
- El impacto en la calidad del aire por Benceno es de baja magnitud, sin embargo, debido a su condición de toxicidad su aporte debe ser considerado como relevante.

El impacto en la calidad del aire que generan las emisiones de NO_2 es el más relevante de los gases evaluados, seguidos por el SO_2 , en el caso del Benceno el impacto es de muy baja magnitud, pero su toxicidad lo mantiene como relevante.



Ambiosis

Existen diferentes medidas de control de emisiones que son posibles de implementar para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos, sin embargo, es recomendable priorizarlas desde el punto de vista de su aporte a la reducción de emisiones de NO₂.

La implementación de medidas que reduzcan la emisión de los generadores eléctricos ya sea de los remolcadores, los buques de cabotaje o buques que operan en los muelles pueden aportar en la reducción conjunta de las emisiones de todos los contaminantes atmosféricos.

5. ANEXOS

A continuación, se entregan los anexos del presente informe:

5.1. Antecedentes Legales

A continuación, se presentan los antecedentes legales identificados dentro del presente estudio:

- 2_marpol_version_consolidada_2022v2.
- 5-convenio-presentation.
- 585 Standards for vapour emission control systems.
- Aplicación de normativa Internacional.
- c_p__qui_12_000281_13062022.
- Clause-by-clause-analysis-of-2021-Revised-MARPOL-Annex-VI-ES-min.
- Decreto-10_09-JUN-2015.
- Decreto-39_21-OCT-2021.
- Decreto-105_30-MAR-2019.
- Decreto-141_21-MAR-2022.
- DFL-292_05-AGO-1953.
- DL-2222_31-MAY-1978.
- EPA TIER 4.
- ETICC-Estrategia-OMI-DIRECTEMAR.
- EU Maquinas fuera de ruta.



Ambiosis

- LEY-19300_09-MAR-1994.
- resol__operacion_del_puerto_Quintero.

5.2. Glosario

Dentro de este anexo se presentan los siguientes documentos:

- Glosario informe final.

5.3. Recopilación Bibliográfica Sobre Metodología de Estimación de Emisiones

Dentro de este anexo se presentan los siguientes documentos:

- Guía Metodológica Inventario de Emisiones, Armada de Chile 2021.
- Ports Emissions Inventory Guidance, EPA-420-B-22-011 April 2022.
- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016.
- Fourth IMO GHG Study 2020. IMO 2021.
- Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories. IPCC 2006.
- AP-42 de la EPA, Capitulo 5.2 Transporte y Comercialización de Líquidos Derivados del Petróleo, Julio de 2008.

5.4. Actas de Reuniones

Dentro de este anexo se presentan los siguientes documentos:

- ACTA REUNION DE INICIO EMBQ
- ACTA REUNION DIRECTEMAR 13.09.23
- ACTA VISITA CAPITANÍA DE PUERTO 27.09.23.
- ACTA REUNION SEREMI 18.10.23.
- ACTA REUNION SMA 26.10.23 R1.
- ACTA REUNION ASIMAR 30.10.23.
- ACTA REUNION PUERTO VENTANAS 31.10.23.
- ACTA REUNION PUERTO GNL 31.10.23.
- ACTA REUNION OXIQUIM 02.11.23.



Ambiosis

- ACTA REUNION ENAP 07.11.23.
- ACTA REUNIÓN DIRECTEMAR 21.11.23.
- ACTA REUNIÓN DIRECTEMAR 05.12.23.
- ACTA REUNION SEREMI 14.12.23.
- ACTA REUNION COPEC 28.02.24.
- ACTA REUNION DIRECTEMAR 08.04.24.
- ACTA REUNION SEREMI MA 10.04.24.
- ACTA REUNION ENAP 14.05.24.
- ACTA REUNION SEREMI MA 02.07.24 rev1.

5.5. Estadísticas Mensuales Remolcadores

En este anexo se presenta una planilla en formato Excel con el compilado de las estadísticas mensuales de las horas de operación de los remolcadores considerando una hoja de cálculo para cada año del estudio considerando desde el año 2018 al 2023.

- Estadísticas mensuales remolcadores 2018 a 2023

5.6. Fichas Técnicas de Combustibles

En este anexo se presentan las fichas técnicas de los combustibles marinos COPEC:

- copec-mgo-ficha-técnica.
- IFO_380_1_.
- VLSFO.
- FT_-_Diesel A1-B1.

5.7. Planillas con Compilado de Características de Naves/Embarcaciones

En este anexo se presentan una planilla en formato Excel con el compilado de las características de las naves/embarcaciones consideradas dentro del presente estudio, las cuales consideran la información proporcionada por la DIRECTEMAR.

- Compilado características 2018 a 2023.



Ambiosis

5.8. Planillas con Inventarios de Emisiones Anuales Estimados

Dentro de este anexo se presentan los siguientes documentos:

- EMISIONES QUINTERO 2018.
- EMISIONES QUINTERO 2019
- EMISIONES QUINTERO 2020.
- EMISIONES QUINTERO 2021.
- EMISIONES QUINTERO 2022.
- EMISIONES QUINTERO 2023.

5.9. Archivos de Entrada y Salida de Modelación de Dispersión

Los archivos de entrada y salida de la modelación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos se entregan en la siguiente carpeta compartida debido al tamaño de los archivos:

- [entregables - OneDrive \(live.com\)](#)

5.10. Archivos con el Cálculo de las Emisiones Evaporativas

En este anexo se presentan las siguientes planillas en formato Excel:

- Emisiones VOCs ENAP 2018 – 2023.
- Emisiones VOCs COPEC 2018 – 2023.
- Emisiones VOCs OXIQUM 2018 – 2023.
- Resumen emisiones evaporativas Bahía de Quintero.

5.11. Información Requerida Para la Construcción del Inventario

Dentro de este anexo se presentan los siguientes documentos:

- Información requerida para la construcción del inventario.
- Planilla Excel con formato DIRECTEMAR