

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL, PROYECTO PUERTO BOLÍVAR – FASE 1

**– INFORME DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO 2019-2020 –**

Preparado para:



YILPORT TERMINAL OPERATIONS, YILPORTECU S.A.

Elaborado por:



ECOSAMBITO C.LTDA.

Diciembre del 2020

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Objetivo general	1
3.	Requerimientos	2
4.	Descripción general de la empresa	3
5.	Cuantificación de emisiones de GEI generadas en las operaciones portuarias	3
6.	Año base seleccionado	6
7.	Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero	7
8.	Emisiones de GEI en operaciones de YILPORTECU	12
8.1.	Resultado del inventario de GEI 2019-2020	12
8.1.1.	Análisis de emisiones de GEI- 2019	12
8.1.2.	Análisis de emisiones de GEI- 2020	14
8.2.	Comparación de las emisiones 2019- 2020	15
8.3.	Indicadores de eficiencia	16
9.	Exclusiones de la cuantificación en las operaciones de la Terminal	17
10.	Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de precursores de GEI en barcos	17
10.1.	Consideraciones para el cálculo emisiones	17
10.2.	Resultados	20
11.	Alternativas de reducción de emisiones de GEI del proyecto durante la fase de operación	24
12.	Emisiones de GEI en la etapa de construcción del Proyecto	27
13.	Calidad del aire y el ambiente	28
14.	Bibliografía	33

Índice de Tablas

Tabla 1.	Metodología empleada en cálculo de GEI	7
Tabla 2.	Factores de emisión de GEI para energía eléctrica	8
Tabla 3.	Factores de emisión de GEI para gases refrigerantes y hexafloruro de azufre	8
Tabla 4.	Factores de emisión de GEI para desechos biológicos	9
Tabla 5.	Factores de emisión de GEI para desechos varios	10
Tabla 6.	Factores de emisión de GEI para combustibles fósiles	10
Tabla 7.	Factores de emisión de GEI para lubricantes	12
Tabla 8.	Emisiones de gases de efecto invernadero- Año 2019	13
Tabla 9.	Emisiones clasificadas por alcance- Año 2019	13
Tabla 10.	Emisiones de gases de efecto invernadero – año 2020	14
Tabla 11.	Emisiones clasificadas por alcance- año 2020	15
Tabla 12.	Análisis de emisiones de CO ₂	15
Tabla 13.	Índice de emisiones TEU	16
Tabla 14.	Coefficiente de regresión lineal para estimación de potencias instaladas	19
Tabla 15.	Potencia instalada en calderas auxiliares	19
Tabla 16.	Factores de carga por fase de operación	19

Tabla 17. Especificaciones por tipo de buque.....	20
Tabla 18. Factores de emisión usados para el cálculo emisiones barcos.....	20
Tabla 19 Detalle de arribo de barcos a Yilportecu	20
Tabla 20. Emisiones de gas en barcos de carga 2019.....	21
Tabla 21 Emisiones de gas en barcos porta contenedores 2019.....	23
Tabla 22 Total emisiones en maniobra y hotelling para barcos porta contenedores y barcos carga.	23
Tabla 23 Proyecciones de emisiones en fase de maniobra y hotelling de barcos portacontenedores y carga.....	24
Tabla 24 Alternativas propuestas para la reducción de emisiones de GEI durante la operación.....	24
Tabla 25. Estimación de las fuentes de emisión durante la construcción.....	27
Tabla 26. Característica del punto de medición de calidad de aire	29
Tabla 27. Puntos designados para la medición de calidad de aire.....	29

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Terminal Portuaria de Puerto Bolívar	4
Figura 2. Gases de efecto invernadero.....	5
Figura 3. Definiciones y requisitos según la ISO 14064-1.	5

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

1. Introducción

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Es causado por una serie de gases que se encuentran en la atmósfera provocando que parte del calor del sol que el planeta refleja quede atrapado, manteniendo la temperatura media global. Sin embargo, desde hace más de una década científicos de todo el mundo empezaron a alertar de que la tierra se estaba calentando a un ritmo sin precedentes (WWF, 2010).

Esta aceleración puede explicarse en la relación directa que existe entre el calentamiento global y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases incrementaron considerablemente desde la revolución industrial donde, la quema de combustibles fósiles emitía grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera, lo que llevo a la atmósfera a atrapar aún más calor, dando como resultado el calentamiento global: aumento en la temperatura de la atmósfera y de los océanos.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) sugiere en su último reporte (2018) que es probable que la temperatura global aumente en 1.5 C entre el 2030 y el 2052, lo que conllevaría a un aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, incendios forestales, inundaciones y sequías (Miller & Croft, 2018) (IPCC, 2018).

Con el fin de contribuir a combatir el cambio climático YILPORTECU ha optado por medir y gestionar su huella de carbono. Esto lo hace con la finalidad de evitar o minimizar los impactos generados sobre la salud humana y el medio ambiente evitando o minimizando la contaminación. Por ello promueve un uso más sostenible de los recursos como la energía y el agua y busca la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero relacionadas con el proyecto.

2. Objetivo general

Determinar las emisiones de gases generadas en la operación portuaria de los años 2019 y 2020, así como en las etapas de construcción del Proyecto Puerto Bolívar – Fase 1; e identificar alternativas que permitan minimizar su huella ecológica.

3. Requerimientos

El presente documento busca cumplir con los requerimientos establecidos por la Corporación Financiera Internacional (IFC) basados en las Normas de desempeño ambiental y social y los Principios de Ecuador, tomando en cuenta las Notas de Orientación a las Normas de Desempeño.

Específicamente se tendrá en cuenta la Norma de Desempeño 3 sobre la Eficiencia del uso de los recursos y la prevención de la contaminación con su respectiva Norma de Orientación 3 y las recomendaciones relacionadas a los inventarios de gases de efecto invernadero.

Del mismo modo, se tendrán en cuenta documentos técnicos como las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad y la Guía específica de ambiente, salud y seguridad para puertos, muelles y terminales.

De este modo se reconoce que, al aumentar las actividades económicas, en este caso actividades comerciales relacionadas al transporte fluvial de productos en una terminal marítima, se genera un aumento de los niveles de contaminación del aire, el agua y la tierra, consumiendo recursos y aumentando los riesgos para la población y el medio ambiente a nivel local, regional y mundial. Por lo que resulta necesario medir las emisiones de GEI y promocionar y promover estrategias de reducción.

3.1. Eficiencia del uso de los recursos y la prevención de la contaminación

La Nota de Orientación (NO) relacionada a esta norma de desempeño considera que los posibles impactos ambientales asociados a la emisión de GEI son uno de los más difíciles de predecir y mitigar dadas su naturaleza global.

A su vez, se establece que los impactos medioambientales clave pueden ocurrir en cualquier etapa del proyecto y dependen de una gran cantidad de factores en los que se incluye la índole de la industria y la ubicación de las instalaciones.

Específicamente, en relación a los gases de efecto invernadero, la NO3 insta a aplicar alternativas, implementar soluciones para reducir las emisiones de GEI y cuantificar las emisiones directas e indirectas anualmente, sobre todo para aquellos que generen más de 25.000 toneladas de CO2 anuales.

Se reconoce que para gestionar primero hay que medir, por lo que la cuantificación de las emisiones de GEI es el primer paso para su gestión. Dicha cuantificación debe contemplar todas las fuentes significativas de emisiones de GEI, incluidas las fuentes no relacionadas con la energía, como el metano y el óxido nitroso, entre otras y las metodologías apropiadas son aquellas recomendadas por el IPCC.

En cuanto a los lineamientos de la Guía General sobre medioambiente, salud y seguridad, la cuantificación de las emisiones viene enmarcada en el enfoque preventivo de los riesgos y los posibles impactos que se generen por el proyecto en cualquiera de sus fases, ya sea construcción, operación o desmantelamiento.

En la Guía ambiental de salud y seguridad específica de puertos se menciona la importancia de considerar las emisiones al aire generadas por actividades terrestres y marítimas de la terminal o puerto. Durante la fase de construcción las emisiones provenientes del uso de vehículos, equipamiento, y motores de maquinaria como tractores, excavadoras o remolcadores, para realizar las actividades de dragado, excavación, pavimentación, transporte de material y actividades de construcción.

Durante la operación del puerto o terminal, las emisiones provenientes principalmente de la combustión de los motores diésel usados en la propulsión de los barcos o embarcaciones y los motores y las calderas para generar energía. También las actividades terrestres involucran emisiones provenientes de vehículos, montacargas y otros motores y calderas.

Adicional a estas indicaciones de las Guías y las Normas de Desempeño, las Entidades Financieras de los Principios del Ecuador han establecido Principios que garantizan que los proyectos se desarrollen de manera responsable tanto en el ámbito social como ambiental.

Estos principios promueven gestiones sostenibles en todos los aspectos respetando los derechos humanos. Por eso, a fines de este estudio, el Principio 2 sobre evaluación ambiental y social, prevé cumplir con la realización de un análisis de alternativas en los casos de proyectos que superen las 100.000 toneladas anuales de emisiones de alcance 1 y 2 de CO₂ equivalentes. En esa instancia se deberán evaluar alternativas con menor intensidad de emisiones de GEI.

4. Descripción general de la empresa

YILPORT HOLDING es un grupo empresarial que opera terminales portuarias alrededor del mundo, y que inició sus actividades en Ecuador en el año 2016 a través de la obtención del Contrato de Gestión Delegada para el Diseño, Financiamiento, Equipamiento, Ejecución de Obras Adicionales, Operación y Mantenimiento de la Terminal Portuaria de Puerto Bolívar en la ciudad de Machala, provincia de El Oro.

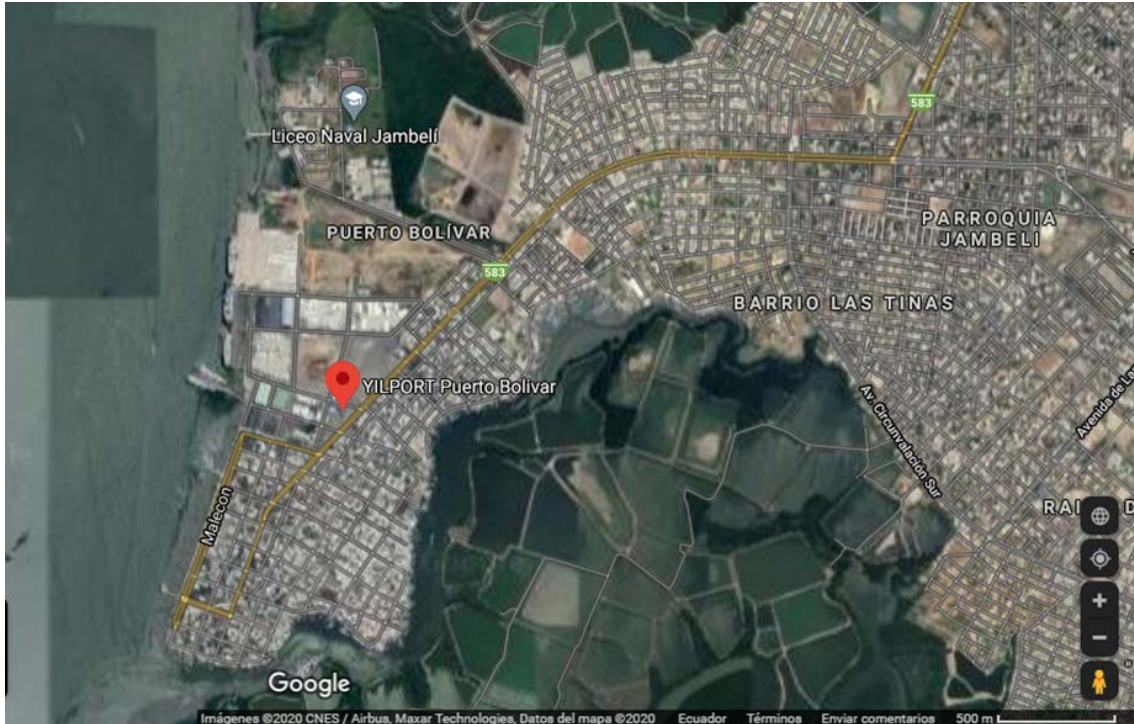
Las operaciones e infraestructuras que se evaluarán como parte del Proyecto Puerto Bolívar – Fase 1, son aquellas descritas en el documento Presentación y Descripción del Proyecto.

5. Cuantificación de emisiones de GEI generadas en las operaciones portuarias

5.1. Definición de límites organizacionales.

Se consideran las emisiones de gases de efecto generadas dentro de los límites físicos y operativos de la Terminal Portuaria de Puerto Bolívar.

Figura 1. Ubicación de la Terminal Portuaria de Puerto Bolívar

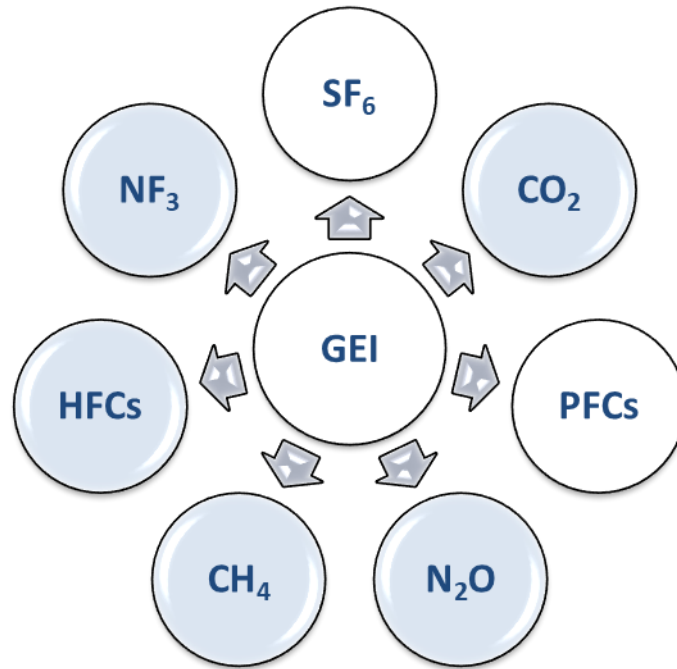


Provincia	Empresa	Terminal	Puntos georreferenciados (coordenadas)	Dirección
El Oro	Yilport Terminal Operations	Puerto Bolívar	3°15'55" Latitud Sur y 80°00'01" Longitud Oeste	Av. Bolívar Madero Vargas S/N, Puerto Bolívar - El Oro - Ecuador

5.2. Definición de límites operacionales

Se consideraron los gases de efecto invernadero establecidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e hidrofluorocarbonos (HFCs) y hexafloruro de azufre (SF₆). En las instalaciones no se identificó: ni trifloruro de nitrógeno (NF₃), ni perfluorocarbonos (PFCs) (Ver Figura 2).

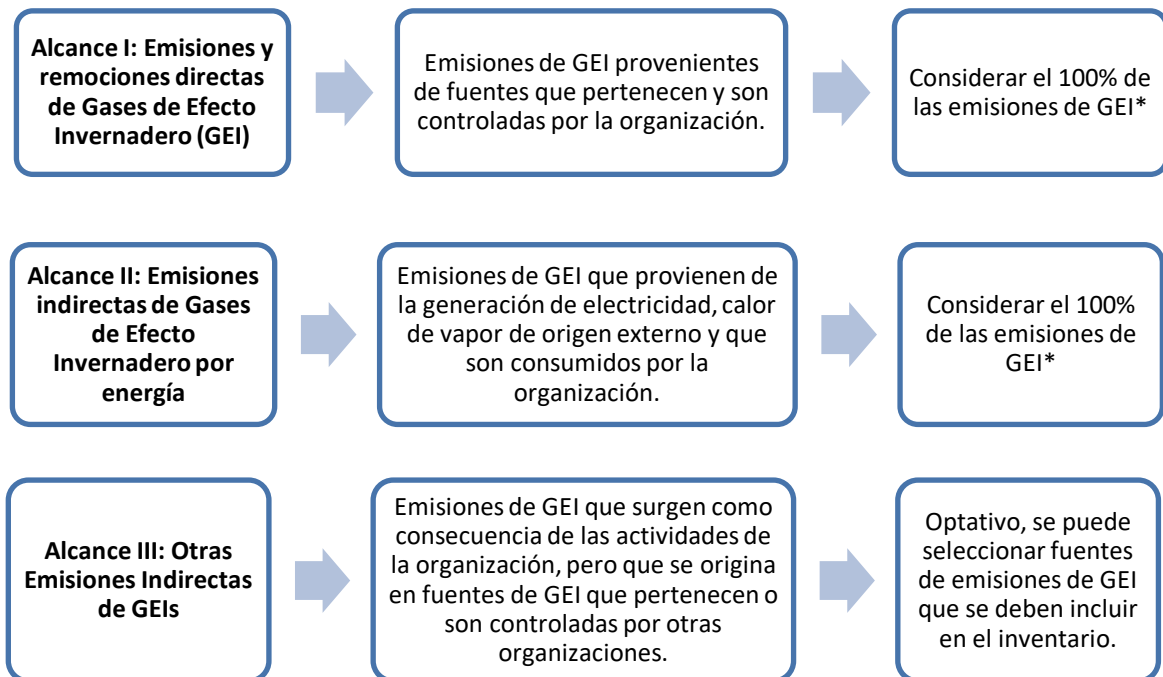
Figura 2. Gases de efecto invernadero



De acuerdo con las normas de referencia (*GHG Protocol* e *ISO 14064-1*), las emisiones se pueden clasificar según tres categorías (Alcance 1, 2 y 3).

Las consideraciones para esta clasificación se detallan a continuación:

Figura 3. Definiciones y requisitos según la ISO 14064-1.



Como se puede observar en las figuras 2 y 3, es requisito contabilizar todas las “emisiones y remociones directas” (alcance 1) y las “emisiones indirectas por energía” (alcance 2). Sin embargo, la inclusión de fuentes de emisión dentro de la categoría de “otras emisiones indirectas de GEIs” (alcance 3) es opcional y en ello se centra principalmente la definición de los límites operativos.

Para delimitar el alcance establecido, se llevó a cabo un recorrido por las instalaciones de la Terminal. En dicho recorrido se determinó las actividades de la organización que representan fuentes de emisión de gases:

- ✓ Consumo de combustibles y lubricantes en maquinarias y equipos móviles: portacontenedores, camionetas, montacargas, *spreaders*, grúas, cabezales.
- ✓ Combustible lancha.
- ✓ Consumo de combustibles y lubricantes en maquinarias y equipos fijos: generadores, *power packs*.
- ✓ Consumo de gas licuado de petróleo (GLP): montacargas.
- ✓ Consumo de energía eléctrica de la red.
- ✓ Recarga de gases refrigerantes: aires acondicionados.
- ✓ Recarga de gases de extintores de CO₂.
- ✓ Desechos biológicos (aguas residuales servidas).
- ✓ Desechos no reciclables.
- ✓ Soldaduras.
- ✓ Hexafluoruro de azufre.

6. Año base seleccionado

Se toma como año base el año 2019, debido a que el YILPORTECU posee una base de datos sólida a partir de este, y cuenta con soportes y registros confiables que sustentan la información primaria requerida para la determinación de la Huella de Carbono.

Se volverá a calcular el año base cuando se cumpla con algunas de las siguientes condiciones:

- Cambios significativos en las metodologías de cuantificación y/o en los factores de emisión.
- Cambios estructurales significativos en las instalaciones incluyendo fusiones, adquisiciones y ampliaciones.
- Cambios de los límites operacionales y operativos.
- Nuevas fuentes de datos de otras emisiones indirectas alcance 3.

- Descubrimiento de errores significativos o de la acumulación de un número importante de errores menores que, de manera acumulativa, alteren de manera significativa el total de emisiones de GEI cuantificadas.

YILPORTECU ha identificado y establecido que los niveles de significancia que se consideraran para el recálculo del año base, serán los niveles que se encuentren por encima del 10% de los valores establecidos en el año base.

7. Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero

7.1. Metodologías usadas para el cálculo

Para realizar los cálculos se implementó la metodología y los factores de emisión del IPCC 2006 (actualización 2019), por ser la máxima autoridad en tema de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero; y el Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol 2000). El único factor nacional que se utiliza es el de electricidad, emitido por el CENACE acorde a la matriz energética del país.

El cálculo de las emisiones de cada GEI (CO₂, CH₄, N₂O, etc.) es expresado en Ton CO₂-eq/año.

Para la realización del inventario de gases de efecto invernadero, se utilizó la siguiente metodología:

Tabla 1. Metodología empleada en cálculo de GEI.

FUENTE DE EMISIÓN	METODOLOGÍA
Energía eléctrica	En base a datos del CENACE (Centro Nacional de Control de Energía).
Gases refrigerantes y Hexafluoruro de azufre	(AR5), Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
Desechos biológicos	Directrices del IPCC de 2006 (actualización 2019), para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales.
Desechos reciclables	no IPCC - "V5_2_Ch2_Waste_Data.pdf" - Vol. 5 "Desechos"- cap. 2 - pág. 2.15.

FUENTE DE EMISIÓN	METODOLOGÍA
Combustibles (diésel, gasolina, GLP)	Directrices del IPCC 2006 (actualización 2019). Para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2: Energía, capítulo 2: combustión estacionaria y capítulo 3: Combustión móvil.
Lubricantes	Directrices del IPCC de 2006 (Actualizado 2019) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Para el cálculo de las emisiones de CO₂e se siguió el proceso que se detalla a continuación:

a) Fuente de emisión: Energía eléctrica

Para estimar las emisiones de GEI por energía eléctrica se utilizó la siguiente fórmula:

Emisiones de tCO₂e = (Dato de actividad x Factor de emisión).

El detalle de los factores de emisión utilizados se presenta a continuación:

Tabla 2. Factores de emisión de GEI para energía eléctrica

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Indirecta	CENACE	Electricidad	Mwh	2018: 0,5371 t CO ₂ /Mwh 2019: 0,4509 t CO ₂ /Mwh

b) Fuente de emisión: Gases refrigerantes y hexafluoruro de azufre

Para la fuente de emisión de los gases refrigerantes el cálculo de emisiones en toneladas de CO₂e se realizó de la siguiente manera:

Emisiones de cada tipo de gas refrigerantes en tCO₂e = (Dato de actividad x PCG).

El detalle de los potenciales de calentamiento global utilizados se presenta a continuación:

Tabla 3. Factores de emisión de GEI para gases refrigerantes y hexafluoruro de azufre.

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Directa	IPCC 2006 (actualización 2019) AR5,2013	Gas refrigerante y SF ₆	Libras	Potencial de calentamiento global R-22: 1.760 R-410 A: 1.924

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
				SF ₆ : 23.500

c) Fuente de emisión: Desechos biológicos

Para estimar los desechos biológicos se hicieron estimaciones en base a la cantidad de personas y el BOD y los siguientes factores. El cálculo es complejo por eso no se detalla en el cuadro, pero pueden visualizar en SIM CO₂.

Tabla 4. Factores de emisión de GEI para desechos biológicos

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Directa	IPCC, 2007	Desechos biológicos	No. de personas	BOD: 0,40g/persona/día 65 kg proteína/persona/día 0,16 kg N/ Kg Proteína 1,10 factor de ajuste proteínas no consumidas 1,25 proteínas industrial. y comer. Co eliminadas 0,005 kg N ₂ O/Kg N (N separado lodo residual)

d) Fuente de emisión: Desechos no reciclables

Para el estimar las emisiones por desechos no reciclables se utilizó la siguiente fórmula:

Emisiones de tCO₂e= (Dato de actividad x fracción MS x Fracción C x 3,67).

El detalle de los factores de emisión utilizados se presenta a continuación:

Tabla 5. Factores de emisión de GEI para desechos varios

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Otras indirectas	IPCC 2006 (actualización 2019)	Desechos no reciclables	Kg	% de materia no reciclable: 90 Contenido de carbono orgánico: 60% Factor de conversión de CO ₂ : 3.67

e) Fuente de emisión: Combustibles (gasolina, diésel, GLP).

Para el cálculo de las emisiones por combustible se usaron las siguientes fórmulas:

Emisiones en tCO₂e de CO₂ = (Dato de actividad × Factor de emisión de CO₂ × PCG de CO₂) ÷ 1000

Emisiones en tCO₂e de CH₄ = (Dato de actividad × Factor de emisión de CH₄ × PCG de CH₄) ÷ 1000

Emisiones en tCO₂e de N₂O = (Dato de actividad × Factor de emisión de N₂O × PCG de N₂O) ÷ 1000

tCO₂e = ∑tCO₂e (CO₂, CH₄, N₂O)

Nota: PCG=Potencial de Calentamiento Global.

El detalle de los factores de emisión utilizados se presenta a continuación:

Tabla 6. Factores de emisión de GEI para combustibles fósiles

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Directa	IPCC 2006 (actualización 2019)	Diésel vehículo	Galones	Densidad del combustible: 0,83 VCN: 43 TJ/Gg F.E CO ₂ : 74.100 F.E CH ₄ : 3,9 Potencial de calentamiento global del metano: 28 F.E. de N ₂ O: 3,9 Potencial del calentamiento global del N ₂ O: 265
Directa	IPCC 2006	Diésel maquinaria pesada	Galones	Densidad del combustible: 0,832 VCN: 43 TJ/Gg F.E CO ₂ : 74.100 F.E CH ₄ : 4,15

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
				Potencial de calentamiento global del metano: 28 F.E. de N ₂ O: 28,6 Potencial de calentamiento global del N ₂ O: 265
Directa	IPCC 2007	Diésel combustión fija (generadores)	Galones	Densidad gasolina: 0,83 VCN: 43 TJ/Gg F.E CO ₂ : 74.100 F.E CH ₄ : 10,00 Potencial de calentamiento global del metano: 28 F.E. de N ₂ O: 0,60 Potencial del calentamiento global del N ₂ O: 265
Directa	IPCC 2006 (actualización 2019)	GLP montacargas	Kilogramos	VCN: 47,30 TJ/Gg FE CO ₂ : 63.100 FE CH ₄ : 62 Potencial de calentamiento global del metano: 28 F.E. de N ₂ O: 0,20 Potencial del calentamiento global del N ₂ O: 265
Otras indirectas	IPCC 2007	Gasolina lancha	Galones	Densidad gasolina: 0,73 VCN: 44,30 TJ/Gg F.E CO ₂ : 69.300 F.E CH ₄ : 5 Potencial de calentamiento global del metano: 28 F.E. de N ₂ O: 0,60 Potencial del calentamiento global del N ₂ O: 265

f) Fuente de emisión: Lubricantes

Para estimar las emisiones de lubricantes se utilizó la siguiente fórmula.

Emisiones de tCO₂e = (Dato de actividad x VCN x contenido de C x fracción oxidación x 3,67).

Nota: VCN=valor calórico neto.

El detalle de los factores de emisión utilizados se presenta a continuación:

Tabla 7. Factores de emisión de GEI para lubricantes

Categoría de Emisión	Metodología utilizada	Fuente de emisión	Unidad de medida	Factor de emisión
Directa	IPCC 2006 (Actualizado 2019)	Lubricantes oxidación	Galones	Densidad del combustible: 0,864 VCN: 40,20 TJ/Gg Contenido de carbono: 20 Oxidación durante el uso: 0,20 Factor de conversión de C a CO ₂ :3,67

8. Emisiones de GEI en operaciones de YILPORTECU

8.1. Resultado del inventario de GEI 2019-2020

8.1.1. Análisis de emisiones de GEI- 2019

Durante el año base (2019), las instalaciones de la Terminal Portuaria emitieron un total de 9.664,42 Ton CO₂e, siendo la principal fuente de emisión de ese año el consumo de energía, la cual representó el 65,34% del total de las emisiones con un total de 6.315,19 Ton CO₂e/año.

La segunda fuente de emisión más significativa fue el consumo de combustibles y lubricantes de maquinarias pesadas con 2.856,42 Ton CO₂e/año, es decir un 29,56% del total de las emisiones del año 2019. A esta fuente de emisión le sigue el consumo de combustibles y lubricantes de maquinaria de combustión fija con 205,71 Ton CO₂e/año, es decir 2,13% del total de las emisiones, mientras que en cuarto lugar las emisiones por desechos varios representaron un 107,89 Ton CO₂e/año, lo que significó el 1,12% del total de TonCO₂e/año.

El resto de las emisiones representaron un 1,85% del total de las emisiones anuales y está compuesto por las emisiones provenientes de las siguientes fuentes: GLP de los montacargas, el consumo de gasolina para los vehículos, gases como el hexafloruro de azufre, los desechos biológicos, el consumo de gasolina para la lancha, el consumo de lubricantes y de gases refrigerantes (ver tabla 8).

Tabla 8 Emisiones de gases de efecto invernadero- Año 2019.

No	Fuente de emisión	Clasificación	Total de Emisiones CO2 (ton CO2/año) 2019	Porcentaje (%)
1	Energía	Indirecta	6.315,19	65,34
2	Combustibles maquinaria pesada	Directa	2.856,42	29,56
3	Combustibles combustión fija	Directa	205,71	2,13
4	Desechos varios	Otras indirectas	107,89	1,12
5	GLP montacargas	Directa	69,46	0,72
6	Diésel vehículos	Directa	34,81	0,36
7	Desechos biológicos	Directa	28,33	0,29
8	Hexafloruro de azufre	Directa	21,15	0,22
9	Gasolina lancha	Directa	16,89	0,17
10	Lubricantes	Directa	4,58	0,05
11	Gases refrigerantes	Directa	4,00	0,04
TOTAL			9.664,42	100,00

De acuerdo a la clasificación de las emisiones según alcance, se puede determinar que durante el año 2019 la principal fuente de emisión de GEI fueron de alcance 2, es decir indirectas, representada por el consumo de energía (6.315,19 Ton CO₂e/año) y seguidas por las emisiones de alcance 1 con 3.241,35 Ton CO₂e/año y por ultimo las emisiones de alcance 3 con 107,89 Tn CO₂eq (ver tabla 9).

Tabla 9. Emisiones clasificadas por alcance- Año 2019.

Emisiones clasificadas por Alcance, según NTE INEN-ISO 14064-1	Emisiones de GEI por mes (Ton CO ₂ eq)
Alcance 1: Emisiones directas GEI	3.241,35
Consumo de combustibles maquinaria pesada	2.856,42
Consumo de combustible equipos fijos	205,71
GLP montacargas	69,46
Diésel vehículos	34,81
Desechos biológicos	28,33
Hexafloruro de azufre	21,15
Gasolina de lancha	16,89
Lubricantes	4,58
Gases refrigerantes	4,0
Alcance 2: emisiones indirectas GEI	6.315,19
Energía	6.315,19
Alcance 3: otras emisiones indirectas GEI	107,89
Desechos varios	107,89
Emisiones (Ton CO₂eq)	9.664,42

8.1.2. Análisis de emisiones de GEI- 2020

Durante el año 2020 (enero a noviembre), Yilportecu emitió un total de 10.239,99 Ton CO₂e/ año. La principal fuente de emisión está representada por el consumo de energía con 5.881,85 Ton CO₂e/año, es decir que esto representa el 57,44% del total de las emisiones durante 2020.

La segunda fuente de emisión más representativa fue la combustión de maquinarias pesada, con un total de 2.898,40 Ton CO₂e/año, es decir el 28,30% de las emisiones anuales. Mientras que la tercera fuente de emisión fue por el consumo de combustibles de los equipos fijos, con un total de 1.098,91 Ton CO₂e/año, lo que significa el 10,73% de las emisiones de este año.

La cuarta fuente de emisión en 2020 son los desechos varios, representando 1,88% de las emisiones con un total de 192,46 Ton CO₂e/año.

El resto de las fuentes representan el 1,64% de las emisiones y está compuesto por las emisiones provenientes del GLP de los montacargas, el consumo de diésel de vehículos, los desechos biológicos, el hexafloruro de azufre, el consumo de gasolina de la lancha, el consumo de lubricantes y de gases refrigerantes.

Tabla 10 Emisiones de gases de efecto invernadero – año 2020.

No.	Fuente de emisión	Clasificación	Total de Emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /año)	Porcentaje (%)
1	Energía	indirecta	5.881,85	57,44
2	Combustibles de maquinaria pesada	directa	2.898,40	28,30
3	Combustibles combustión fija	directa	1.098,91	10,73
4	Desechos varios	otra indirecta	192,46	1,88
5	GLP montacargas	directa	51,22	0,50
6	Diésel vehículos	directa	31,91	0,31
7	Desechos biológicos	directa	29,90	0,29
8	Hexafloruro de azufre	directa	21,15	0,21
9	Gasolina lancha	directa	15,48	0,15
10	Lubricantes	directa	6,72	0,07
11	Refrigerante	directa	12,00	0,12
	TOTAL		10.239,99	100,00

Según la clasificación de las emisiones de GEI por su alcance, se pudo determinar que la mayoría de ellas provienen de las fuentes indirectas de alcance 2, es decir del consumo de energía y fueron de 5.881,85 Ton CO₂eq, seguidas de 4.165,69 Ton CO₂eq proveniente de fuentes de alcance 1, es decir aquellas emisiones directas de GEI, mientras que otras emisiones indirectas, las de alcance 3 representaron 192,46 Ton CO₂eq del total de las emisiones del año 2020.

Tabla 11. Emisiones clasificadas por alcance- año 2020

Emisiones clasificadas por Alcance, según NTE INEN-ISO 14064-1	Emisiones de GEI por mes (Ton CO ₂ eq)
Alcance 1: Emisiones directas GEI	4.165,69
Consumo de combustibles maquinaria pesada	2.898,40
Consumo de combustible y lubricante de equipos fijos	1.098,91
GLP montacargas	51,22
Diésel vehículos	31,91
Desechos biológicos	29,90
Hexafloruro de azufre	21,15
Gasolina de lancha	15,48
Lubricantes	6,72
Gases refrigerantes	12,00
Alcance 2: emisiones indirectas GEI	5.881,85
Energía	5.881,85
Alcance 3: otras emisiones indirectas GEI	192,46
Desechos varios	192,46
Emisiones Ton CO₂eq	10.239,99

8.2. Comparación de las emisiones 2019- 2020

Al comparar las emisiones de GEI generadas durante el año base (2019), con la huella de carbono del año 2020, se puede observar que éstas han aumentado, ya que durante Enero a Diciembre del 2019 se han emitido 9.664,42 Ton CO₂e, mientras que durante Enero a Noviembre 2020 se emitieron 10.239,99 Ton CO₂e

Esto se debe al aumento en el consumo de combustibles de maquinaria fija y móvil, el aumento de los desechos varios y desechos biológicos, el consumo de lubricantes y de gases refrigerantes. Esto se debe a que el Puerto está aumentando sus operaciones.

Tabla 12. Análisis de emisiones de CO₂.

No.	Fuente de emisión	Clasificación	Total de Emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /año) 2019	Total de Emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /año) 2020
1	Energía	indirecta	6.315,19	5.881,85
2	Combustibles maquinaria pesada	directa	2.856,42	2.898,40
3	Combustibles y lubricantes combustión fija	directa	205,71	1.098,91
4	Desechos varios	otras indirectas	107,89	192,46
5	GLP montacargas	directa	69,46	51,22
6	Diésel vehículos	directa	34,81	31,91

No.	Fuente de emisión	Clasificación	Total de Emisiones CO2 (ton CO2/año) 2019	Total de Emisiones CO2 (ton CO2/año) 2020
7	Hexafloruro de azufre	directa	21,15	21,15
8	Desechos biológicos	directa	28,33	29,90
9	Gasolina lancha	directa	16,89	15,48
10	Lubricantes	directa	4,58	6,72
11	Refrigerante	directa	4,00	12,00
TOTAL			9.664,42	10.239,99
Aumento de las emisiones de CO₂			575.57 Ton CO₂e	

8.3. Indicadores de eficiencia

Para conocer la eficiencia de la operación en relación a su huella de carbono, se estimó el índice de GEI por TEU. En el 2019 fue de 63,79 Kg CO₂e/TEU, mientras que en 2020 fue de 57,75 Kg CO₂e/TEU. Esto quiere decir que mejoraron la productividad en sus procesos, ya que están realizando más envío con menos emisiones por TEU (ver tabla 13).

Tabla 13. Índice de emisiones TEU

Año	Total, de emisiones (TonCO ₂ eq)	TEU	Ton de CO ₂ eq/TEU	Kg de CO ₂ eq/TEU
2019	9.664,42	151.498	0,063	63,79
2020	10.239,99	177.316	0,058	57,75

Al comparar el indicador obtenido (57,75 Kg CO₂e/TEU) con otros puertos del país y de la región se nota que está muy alto. Por ejemplo, en otros puertos del Ecuador se han registrado valores de 39,58 Kg CO₂e/TEU y en el Puerto Arica de Chile se reportan valores de 32,50 Kg CO₂/TEU. Esta diferencia se da principalmente porque estos otros puertos han implementado acciones para bajar su impacto ambiental, tales como electrificación de torres reefers, programas de mantenimiento preventivo de maquinarias, etc. Además, otro factor que favorece al puerto Arica es la matriz energética de Chile, ya que esta se basa en mayor proporción en energías renovables. Por lo contrario, en Ecuador todavía depende mucho de las termoeléctricas.

9. Exclusiones de la cuantificación en las operaciones de la Terminal

Queda excluido del cálculo de las emisiones de las operaciones de la Terminal Portuaria:

- El consumo de combustible de los tráileres y camiones que trasladan los contenedores y la carga, porque solo llegan puntualmente a dejar la carga y estos les pertenecen a distintos transportistas, por lo que cae en categoría de alcance 3.
- Tampoco se considera traslado de las cisternas con el combustible, ni transporte de personal.
- No se considerarán las emisiones por soldaduras por representar el 0,05% de las emisiones del inventario, por lo tanto, no se consideran una fuente significativa.
- Se excluyen las emisiones de acetileno por no ser una fuente significativa, representa el 0,001% de las emisiones del inventario.
- Se excluyen los extintores por no ser una fuente significativa de emisiones, representa el 0,01% de las emisiones del inventario.

10. Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de precursores de GEI en barcos

10.1. Consideraciones para el cálculo emisiones

Según Prieto Montañez (2019), está ampliamente reconocido por la comunidad científica a los buques como una fuente importante de contaminación en las ciudades portuarias y regiones fluviales, su impacto negativo sobre la calidad del aire y el aporte al cambio climático.

De acuerdo a este autor, actualmente el 90% del comercio mundial se realiza a través de buques y es por ello que se torna necesario estimar las emisiones de gases que generan. Estas emisiones son producidas por los motores de propulsión de los barcos (motor principal), motor auxiliar y calderas.

A la hora de realizar el inventario de emisiones del tráfico marítimo, se distingue entre las tres siguientes operaciones o fases que realiza un buque, las cuales se detallan a continuación:

- Crucero (Cruising). Esta etapa abarca el trayecto del buque a mar abierto, contabilizándose entre los rompeolas, es decir la distancia que recorre para ir de un puerto a otro, hasta el rompeolas. Durante esta fase, el buque navega a una velocidad de servicio de aproximadamente el 94% de su velocidad máxima, y mantiene una sollicitación de los motores principales de un 83% (ICF, 2006, p.17).

-Maniobra (Maneuvering). Esta operación es la que el buque recorre la distancia entre el rompeolas del puerto y el muelle donde atracará. En ella se reduce tanto la velocidad del buque, como la sollicitación de los motores.

- Hotelling. Es la etapa referida a la estancia del buque en el muelle. Durante ella, se llevan a cabo operaciones como carga/descarga de mercancías. Aunque el buque se mantiene amarrado y no necesita energía para la propulsión, durante esta operación es necesario generarla para poder alimentar los sistemas eléctricos, de calefacción, ventilación, bombas, etc.

Para el cálculo de emisiones de gases no se tiene en cuenta la operación de Crucero debido a que las emisiones que se derivan de éste no afectan directamente a las infraestructuras portuarias y sus cercanías.

Si bien es cierto que durante el Crucero es cuando se producen la mayor parte de emisiones a la atmósfera, las fases tanto de Maniobra como Hotelling resultan ser muy importantes, ya que los contaminantes que se emiten en ellas afectan directamente a la calidad del aire de los núcleos de población cercanos a los puertos, así como de los puertos mismos.

El presente inventario contabiliza las emisiones de gases por combustión producidas durante las fases de Maniobra y Hotelling, centrándose así en las emisiones producidas en los puertos.

Los contaminantes primarios que se han considerado en el inventario de emisiones son los siguientes: NO_x, CO, SO₂, PM, HC, CO₂ y N₂O.

Para el presente estudio de YILPORTECU se tendrá en cuenta la fase de maniobra y atraque de buques de carga y porta contenedores, ya que son los principales tipos de buques que arriban al Puerto. Quedan excluidos las pequeñas embarcaciones y los cruceros turísticos o recreativos con personas, porque estos llegan de forma esporádica.

Para el cálculo de las emisiones para las embarcaciones mencionadas se realizó con información otorgada por el Puerto sobre los tipos de barcos más representativos que llegan al puerto y los datos obtenidos del sistema de "Marine Traffic", el cual recoge los datos de las diversas estaciones del Sistema de Identificación Automática (AIS). De la mencionada base de datos se obtuvo su año de construcción, arqueo bruto, velocidad media y máxima.

También se utilizó la metodología y factores de emisión expuestos en la guía "Ports Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions. EPA EPA-420-B-20-046. September 2020".

Para estimar la potencia instalada (kW) de los motores principales se estimó en función del arqueo bruto y tipo de embarcación, a través de una regresión no lineal desarrollada por el físico italiano Trozzi, 2010. Esta corresponde a las ecuaciones (1) y (2):

$$ME = a \times GT^b \quad \text{Eq. (1)}$$

$$AE = r \times ME \quad \text{Eq. (2)}$$

Donde:

ME= motor principal usado para propulsión del barco.

AE= motor auxiliar

GT=arqueo bruto (por sus siglas en inglés: Gross tonnage)

r= es la relación de la potencia instalada del motor auxiliar y motor principal (AE/ME);

a y b= corresponden a los coeficientes de regresión.

En la siguiente tabla se presentan las mencionadas variables en función del tipo de embarcación.

Tabla 14 Coeficiente de regresión lineal para estimación de potencias instaladas.

Tipo	a	b	r
General	6	0,7425	0,191
Granel	35,9120	0,5276	0,222
Container	2,9165	0,8719	0,22

Fuente: Nunes et al., 2017a; Port et al., 2017; Sanabria et al., 2014; Trozzi, 2010; citado por Prieto Montañez, 2019.

No se obtuvo información referente a los sistemas de calderas de las embarcaciones que arribaron al Puerto Bolivar. Por lo tanto, para el cálculo se asumieron dichos valores en función del tipo de embarcación con base en fuentes secundarias. En la Tabla 15 se presentan las potencias instaladas de las calderas auxiliares. Al igual que Nunes et al., 2017a, la operación de estas solo fue considerada durante las operaciones de maniobra y atraque.

Asimismo, los factores de carga de los motores auxiliares fueron tomados de fuentes secundarias en función de la fase de operación (tabla 16).

Tabla 15. Potencia instalada en calderas auxiliares.

Tipo	Maniobra (Kw)	Hotelling (Kw)
Granel	132	132
Container	506	506
General	137	137

Fuente: Nunes et al, 2017 a.

Tabla 16 Factores de carga por fase de operación.

Fase operación	ME LF (%)	AE LF (%)
Cruising	80	30
Maniobra	20	50
Hotelling	20	40

Fuente: Nunes et al, 2017 a.

Se considera que los barcos que viajan a Puerto Bolívar tienen tipo de motor SSD, Baja velocidad ("Slow Speed Diesel", SSD) y que el tipo de combustible que usan pertenece a la categoría BFO (por sus siglas en inglés: Bunker Fuel Oil).

Tabla 17. Especificaciones por tipo de buque.

Tipo de buque	Tipo de motor	Rpm	Tipo combustible	Motor	Tipo combustible
Carga general	Ssd	Rpm≤300	Bfo	Msd/hsd	Bfo
Porta contenedores	Ssd	Rpm≤300	Bfo	Msd/hsd	Bfo

Por otro lado, el YILPORTECU suministró los datos de la cantidad de buques que arribaron en el 2019 y en el 2020 (corte hasta noviembre). Por ello se trabajó con datos del 2019 por tener información completa de año.

Los factores de emisión de gases usados son los siguientes:

Tabla 18. Factores de emisión usados para el cálculo emisiones barcos.

	Tipo de Motor	Tipo de combustible	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
			g/kwh						
Motor principal	SSD	HFO	1,40	0,6	1,4	18,1	0,031	607,23	10,29
Motor auxiliar	MSD	HFO	1,54	0,4	1,1	14,7	0,031	706,878	11,98
Bolier	Boiler	HFO	1,87	0,1	0,2	2,1	0,08	949,77	16,10

Fuente: EPA 2020.

10.2. Resultados

A Puerto Bolívar arribaron durante el año 2019 un total de 558 barcos, de las cuales 314 corresponden a porta contenedores y 244 a buques de carga general.

Tabla 19 Detalle de arribo de barcos a Yilportecu

Mes	Buques con contenedor	Buques con carga general
ene-19	30	15
feb-19	27	19
mar-19	29	22
abr-19	26	21
may-19	27	26
jun-19	22	16

Mes	Buques con contenedor	Buques con carga general
jul-19	25	17
ago-19	24	23
sep-19	23	20
oct-19	24	20
nov-19	27	26
dic-19	30	19
Total	314	244

Los barcos duran aproximadamente 2,16 horas en maniobra. Que es el trayecto desde rompeolas al puerto. Durante este trayecto vienen a menor velocidad.

Para la fase de *Hotelling*, los barcos porta contenedores tienen una media de permanencia en puerto de 10 horas (0.42 días) y las de carga general duran de (5-7 días) mientras descargan y vuelven a cargar. La duración de las embarcaciones en puerto depende de varios factores, como la facilidad del cargue y descargue de mercancías, las tecnologías usadas en puerto entre otros. Por lo tanto, un tiempo mayor de permanencia pueden ocasionar las mayores emisiones. Además, los de carga, deben esperar más tiempo en Puerto hasta que completen la carga para volver a salir.

Para el caso de los barcos de carga la mayoría de emisiones se concentran en la fase de *Hotelling* (donde se asume que no opera el motor principal), porque es la etapa que más tiempo dura el barco en el Puerto. Esto porque el motor auxiliar es el encargado de suministrar la energía para llevar a cabo las diferentes operaciones dentro del puerto, siendo la principal fuente de emisión de contaminantes. En cambio, la etapa de maniobra dura menor tiempo por lo que las emisiones son menores (tabla 20).

En cambio, en el barco porta contenedores esta situación cambia porque las mayores emisiones se dan en fase maniobra esto se debe a que son barcos con mayor arqueado bruto (GT), esta puede ser otra de las razones de un mayor número de emisiones. Esto se da debido a que un mayor GT implica una mayor potencia instalada, lo cual resulta lógico teniendo en cuenta que se debe transportar un mayor volumen de mercancías, y la potencia instalada a su vez se traduce en mayores emisiones atmosféricas (tabla 21).

Tabla 20. Emisiones de gas en barcos de carga 2019

Emisiones maniobra barcos de carga	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Total emisiones por barcos 2019	3,09	1,14	2,76	34,88	0,06	1.364,44	23,71

Emisiones <i>hotelling</i> en barcos de carga	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Total emisiones por barcos 2019	49,36	11,27	30,69	407,86	1,16	23.017,68	390,18

Total emisiones en maniobra y <i>hotelling</i> para barcos de carga	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2

total emisiones por barcos 2019	52,45	12,41	33,45	442,75	1,23	24.382,12	413,89
---------------------------------	-------	-------	-------	--------	------	-----------	--------

Tabla 21 Emisiones de gas en barcos porta contenedores 2019.

Emisiones maniobra porta contenedores	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Total emisiones por barcos 2019	10,05	3,58	8,70	110,25	0,227	4.457,15	77,31

Emisiones hotelling	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Total emisiones por barcos 2019	7,72	1,69	4,59	60,94	0,19	3.616,84	61,31

Total emisiones en maniobra y hotelling para barcos porta contenedores	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Total emisiones por barcos 2019	17,77	5,27	13,30	171,19	0,42	8.073,99	138,62

En el 2019 se emitieron 32.456,11 Ton CO₂ por los barcos porta Contenedores y de carga. El siguiente gas que se generó en mayores cantidades fue el NO_x, con 613,93 Ton y en tercer lugar está el SO₂ con 552,52 Ton (tabla 22).

Tabla 22 Total emisiones en maniobra y hotelling para barcos porta contenedores y barcos carga.

Fuente de emisiones	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Emisiones de gas en maniobra y hotelling barcos porta contenedores 2019	17,77	5,27	13,30	171,19	0,42	8.073,99	138,62
Emisiones de gas en maniobra y hotelling barcos de carga 2019	52,45	12,41	33,45	442,75	1,23	24.382,12	413,89
Total emisiones	70,22	17,68	46,74	613,93	1,65	32.456,11	552,52

Acorde al crecimiento que espera tener YILPORTECU en los próximos años se estimaron las emisiones que podrán tener por año. Los resultados indican que se generaría 91.244,04 Ton CO₂, 1.694,59 Ton NO_x, 1.551,64 Ton SO₂, 196,93 Ton de PM, 128,68 Ton de CO, 48,35 Ton de HC y 4,64 Ton de N₂O (tabla 23).

Tabla 23 Proyecciones de emisiones en fase de maniobra y hotelling de barcos portacontenedores y carga.

Fuente de emisiones	Ton gas						
	PM	HC	CO	NOx	N2O	CO2	SO2
Emisiones de gas en maniobra y hotelling barcos porta contenedores 2019	44,98	12,29	31,56	409,54	1,07	20.626,49	352,75
Emisiones de gas en maniobra y hotelling barcos de carga 2019	151,95	36,06	97,12	1.285,05	3,57	70.617,56	1.198,89
Total emisiones	196,93	48,35	128,68	1.694,59	4,64	91.244,04	1.551,64

11. Alternativas de reducción de emisiones de GEI del proyecto durante la fase de operación

YILPORTECU está comprometido en todas sus acciones hacia lo sostenibilidad, por eso, luego de medir su huella de carbono, impulsará procesos para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Dentro de las alternativas que se proponen para reducir las emisiones de GEI se encuentran:

Tabla 24 Alternativas propuestas para la reducción de emisiones de GEI durante la operación.

Alternativas propuestas	
1-Acción de reducción de emisiones de GEI: Implementación de energía fotovoltaica	
Descripción de la acción de reducción a implementar	La implementación de paneles solares que permitan el uso de energía fotovoltaica aporta energía durante el día al sistema, con lo cual disminuye el consumo de la red convencional e incide directamente en la reducción del monto de la factura y en la reducción de las emisiones de GEI. También reduce costos operativos, contribuye al desarrollo de los ODS planteados por ONU y reduce la huella de carbono.
2-Mantenimiento de sistemas de frío y uso de gases refrigerantes de bajo impacto ambiental	
Descripción de la acción de reducción a implementar	Los gases refrigerantes poseen un alto potencial de calentamiento global que implica que toda fuga que tengan los equipos emitirá cantidades considerables de esos tipos de gases. Cuando se hagan cambio de equipos deben priorizar la compra de equipos eficientes y con gases refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global. Por ejemplo, los siguientes gases que poseen bajo potencial de calentamiento global:

Alternativas propuestas

Refrigerante	PCG
R-449a	1.400
R-449b	1.412
R-448a	1.387
HFC-32	675
R-513a	630
R-450a	601
R-447a	583
R-446a	461
R-451b	164
R-451a	149
HFO-1234ze(E)	6
R-441a	<5
HFO-1234yf	4
R-600a (isobutano)	3
R-290 (propano)	3
R-744 (CO2)	1
R-717 (amonio)	0

Fuente: Adaptado de (Environmental Protection Agency [EPA], 2016)²⁸

La Terminal cuenta con equipos de refrigeración a gas R22, por lo que tiene la posibilidad de migrar hacia equipos con mayor eficiencia y sostenibilidad. También estar al pendiente del mantenimiento de los mismos para evitar cualquier posible fuga y así reducir las emisiones de GEI y sus consecuencias sobre la capa de ozono y el cambio climático.

3-Sistemas de purificación y filtrado del diésel

Descripción de la acción de reducción a implementar

El objetivo de esta acción es mejorar la calidad del diésel para reducir el consumo del mismo y así reducir las emisiones de GEI.

El diésel que se vende en Ecuador es de mala cantidad ya que contiene gran cantidad de impurezas, lo que hace que el proceso de combustión sea ineficiente, y para ello existen diversos sistemas de purificación y filtrado de diésel que lo convierten en combustible ultra limpio con los más altos estándares internacionales. Esto se traducirá en importantes ahorros a la empresa por la disminución del consumo del combustible.

Entre las tecnologías disponibles se encuentran:

- FMS:

Es Ultra Eficiente, capaz de retener partículas tan pequeñas como 0.1 de micra y su Factor Beta certificado 4 >4000 (ISO 16889:99 prueba de multipase) demuestra que el filtro de partículas es más eficiente que otros del mercado.

- Fueltron:

Mejora la eficiencia de la quema de combustible mediante la reducción de su viscosidad dando lugar a una mejor atomización. El combustible que pasa a través del Fueltron recibe una carga eléctrica que aglomera las moléculas más grandes y esparce las más pequeñas. Este tratamiento mejora la combustión y reduce las emisiones del combustible, ahorrando desde el 2,5% hasta 14%. Al purificar el diésel se hace una combustión más

Alternativas propuestas	
	eficiente que contribuye a reducir el consumo de combustible y por lo tanto ayuda a bajar las emisiones de GEI. Al mismo tiempo trae beneficios económicos para la empresa porque baja los costos de producción al consumir menos combustible.
4-Mantenimiento preventivo de equipos	
Descripción de la acción de reducción a implementar	El mantenimiento preventivo de equipos y maquinaria permite el óptimo funcionamiento de los mismos, colabora a que el proceso de combustión se dé de forma completa, lo que evita la combustión incompleta y con ello el desperdicio de combustible, lo que produce menores emisiones de GEI. Entre sus ventajas se pueden mencionar que hace a los equipos más eficientes, prolonga su vida útil y se ahorra tiempo en reparaciones que retrasen los procesos.
5-Electrificación de grúas	
Descripción de la acción de reducción a implementar	La instalación de sistema de rieles conductores E-RTG para la electrificación de grúas pórtico sobre neumáticos diésel permiten reducir una considerable parte del consumo de combustible además de reducir la utilización de lubricantes ya que las grúas pórtico sobre rieles diésel representan un consumo de energía importante y, por lo tanto, son la causa de una cantidad significativa de emanaciones de CO2. De esta manera, las grúas pueden pasar rápidamente a ahorrar costos y a un funcionamiento eléctrico y a bajar impacto ambiental.
6-Sistema para conectar los barcos a la red eléctrica de los puertos	
Descripción de la acción de reducción a implementar	La conexión de los barcos a la red de los puertos permite a los barcos atracados apagar sus motores diésel y conectarse a la red eléctrica para así reducir la contaminación acústica y ambiental. Este es uno de los problemas de las ciudades con puertos de gran tráfico, ya que, por ejemplo, un crucero a día de hoy emite en ocho horas la misma cantidad de óxidos de nitrógeno que 10.000 coches diésel mientras está atracado en un puerto. El suministro del OPS ("Onshore Power Supply"), dotado de un centro de transformación de media a baja tensión permite reducir los ruidos, vibraciones y contaminantes de los barcos mientras atracan en los puertos.
7-Separación de residuos y reducción de plásticos	
Descripción de la acción de reducción a implementar	La clasificación de los residuos en origen permite comenzar procesos de reciclaje e insertar esos residuos dentro de una cadena de economía circular, lo que genera no solo beneficios ambientales sino también económicos y sociales al activar cadenas productivas desde la base del reciclaje. En YILPORTECU se producen grandes cantidades de plásticos en el comedor que son posibles de ser gestionados para que no terminen en el relleno sanitario y puedan ser aprovechados.

12. Emisiones de GEI en la etapa de construcción del Proyecto

El proyecto es un contrato EPC, es decir de diseño, construcción y equipamiento para la construcción del Muelle 6 de la Terminal Portuaria de Puerto Bolívar. La empresa que efectuará este contrato es el Consorcio PBO y actualmente se encuentra en la fase de diseño, es por ello que no se cuenta con el detalle definitivo de la cantidad de materiales y equipamiento que se emplearán, por lo que no es posible estimar las emisiones de GEI en esta etapa. Sin embargo, sí fue posible realizar una identificación preliminar de las fuentes de emisión en las diversas etapas de la obra, incluyendo estrategias para minimizar los impactos en cada una de ellas, además de generar formatos para la recopilación periódica de la información para la medición y cálculo de su huella de carbono.

El proyecto de construcción del muelle 6 se divide en fases donde se estima que la primera de diseño implicará alrededor de 6 meses de un total de tiempo de obra de 25 meses. Se prevé el inicio de las labores de construcción entre octubre y noviembre del 2021.

A continuación, se presenta un cuadro estimativo con las etapas previstas, las posibles fuentes de emisión y las acciones que disminuyan los impactos sobre el ambiente.

Tabla 25. Estimación de las fuentes de emisión durante la construcción

Etapas del proyecto	Posibles fuentes de emisión	Acciones para disminuir el impacto ambiental
Construcción y operación del campamento	Combustible de tractores y elevador de contenedores, combustible de vehículos, desechos, soldadura, aguas residuales y energía.	
Investigación y geotecnia submarina	Combustible y lubricantes de barcazas, perforadoras y camiones de perforación.	
Mejoramiento de plataforma	Combustible de retroexcavadora, motoniveladora, cargadoras frontales.	
Apilamiento de tubería para pilotes	Transporte marítimo de tubería, soldadura, consumo de energía	
Construcción de la nueva subestación	Combustible de la maquinaria.	Se evalúa equipos que no contengan hexafluoruro de azufre.
Demolición de la estructura preexistente	Combustible barcazas, elevador de grúas, trituradoras y equipo de corte con hilo diamante.	Se reciclará el hormigón en la misma obra.
Demolición en tierra	Consumo de combustible y lubricante de grúas y maquinaria pesada.	
Implantación	Consumo de combustible de maquinaria pesada y soldadura.	

Etapa del proyecto	Posibles fuentes de emisión	Acciones para disminuir el impacto ambiental
Construcción de muelle 6	Consumo combustible de maquinaria, transporte terrestre de insumos, viajes marítimos del acero y consumo de combustible de barcazas.	
Acondicionamiento de áreas estratégicas	Consumo de combustible y lubricantes en maquinaria y consumo de energía.	
Construcción del área de refrigeración	Consumo de combustible de maquinaria y consumo de gases refrigerantes.	Utilización de gases refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global y equipos de alta eficiencia.

12.1. Alternativas para la reducción de emisiones de GEI durante la fase de diseño y construcción

El Consorcio PBO lleva inserta en su cultura organizacional una fuerte consciencia ambiental aplicando diversas directrices para la reducción de su huella de carbono. Entre éstas se puede mencionar:

- la constante capacitación interna en materia de sostenibilidad.
- la aplicación de criterios y buenas prácticas medioambientales en los diseños.
- la reducción del uso de combustible en los equipos motorizados de la organización y de terceros.
- el uso de recursos de bajo consumo energético.
- la optimización del uso del agua en el sitio del proyecto.
- el reciclaje de materiales y la reducción de residuos en obra.
- la conservación de los entornos naturales.

13. Calidad del aire y el ambiente

Se establece según las recomendaciones de la Guía MASS, que los parámetros y límites permitidos para las mediciones de las condiciones ambientales serán aquellos establecidos en la legislación vigente y en las Guías Sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para Puertos y Terminales Portuarias del IFC y que, en caso de discrepancia, se utilizarán las más estrictas.

Según la norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión, de acuerdo a lo indicado en el Acuerdo 097 – A, del 30 de Julio de 2015, *Anexo No.4 Norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión*, punto No.4 Requisitos; 4.1.1.1, se establecen

como contaminantes criterio de aire ambiente los siguientes: partículas sedimentables, material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones (PM10), material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco decimos) micrones (PM 2,5), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y Ozono (O₃).

13.1. Puntos de medición

Los monitoreos de calidad de aire se realizaron en varios puntos del muelle 6 de la Terminal Puerto Bolívar entre los años 2017 (línea base) y 2020. El muelle se encuentra a orillas del océano Pacífico a una altura de 4 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Tabla 26. Característica del punto de medición de calidad de aire

Tipo de zona	Infraestructura del sector	Posibles receptores
Portuaria	Puerto Marítimo	Océano Pacífico

Tabla 27. Puntos designados para la medición de calidad de aire

Fecha de medición	No. de monitoreo	Ubicación	Coordenadas	
*Abril 2017	1	Muelle 5 esquina SE		
Mayo 2018	2	Muelle 5 esquina SE		
Junio 2018	3	Muelle 5 esquina SE		
Sept 2018	4	Muelle 5 esquina SE		
21/12/2018	5	Muelle 5 esquina SE	611146	9639828
25/03/2019	6	Muelle 5 esquina SE	610994	9639822
17/06/2019	7	Muelle 5 esquina SE	610981	9639822
02/09/2019	8	Muelle 5 esquina SE	610981	9639822
Dic. 2019	9	Muelle 5 esquina SE		
16/03/2020	10	Muelle 5 esquina SE	610981	9639822
08/06/2020	11	Muelle 5 esquina SE	610951	9639819
22/09/2020	12	Muelle 5 esquina SE	610988	9639818
20/12/2020	13	Muelle 5 esquina SE	610985	9639824

*Línea base; antes del inicio de actividades de construcción del muelle 6.

Figura 4. Puntos de monitoreo de calidad de aire



13.2. Metodología

La metodología para la realización de monitoreo de calidad de aire ambiente corresponde a la indicada por el laboratorio. En este monitoreo participaron los laboratorios GRUENTEC y AFH SERVICES CIA. LTDA.

13.3. Resultados

Los resultados son evaluados con base al numeral 4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente. Para efectos de este análisis, los resultados también serán evaluados considerando los límites que establece la Tabla 1.1.1: Guías de calidad del aire ambiente de la OMS de la Guía general sobre medio ambiente, salud y seguridad del Grupo del Banco Mundial (tabla 29).

Cabe indicar que las normas de calidad del aire ambiente son los niveles de calidad del aire fijados y publicados a partir de procesos legislativos nacionales y procesos regulatorios, mientras que las guías sobre calidad del aire ambiente hacen referencia a niveles de calidad del aire obtenidos principalmente a través de datos clínicos, toxicológicos y epidemiológicos (como los publicados por la OMS) [1].

Tabla 28. Evaluación de los resultados del monitoreo con base al Anexo No.4 de A.M. 097-A.

Parámetros	Unidad de medida	Año 2017	Año 2018					Año 2019				Año 2020				Límite máximo permisible (µg/m ³)	Evaluación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Monóxido de carbono (CO) ^{b)}	µg/m ³	2086,62	1412,8	2505,62	3,50	524	<114	556	365	432	4291	541	751	432	10000	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Monóxido de carbono (CO) ^{c)}	µg/m ³	-	-	-	-	1497	<114	1247	802	-	4745	4793	1860	-	30000	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Óxidos de nitrógeno (NO) ^{c)}	µg/m ³	-	-	-	-	<94	133	<94	<94	-	<94	<94	<94	-	N/A	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂) ^{c)}	µg/m ³	11,29	12,30	11,93	5,47	<94	<94	<94	<94	19	<94	<94	<94	19	200	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Dióxido de azufre (SO ₂) ^{a)}	µg/m ³	8,9	11,75	10,76	10,78	<125	<125	<125	<125	26	<125	<125	<125	26	125	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Dióxido de azufre (SO ₂) ^{d)}	µg/m ³	-	-	-	-	<125	<125	<125	<125	-	<125	<125	<125	-	500	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Ozono (O ₃) ^{b)}	µg/m ³	23,56	25,69	24,94	4,18	<98	<98	<98	<98	37	<98	<98	<98	37	100	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Material particulado PM 10	µg/m ³	-	-	-	-	29	22	29	17	54	45	<42	33	54	100	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Material Particulado PM2,5	µg/m ³	-	-	-	-	19	8	15	10	20	9	<42	18	20	50	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	

a) Valor promedio de mediciones realizadas cada hora durante un periodo de 24 horas.

b) Valor promedio de mediciones realizadas cada hora durante un periodo de 8 horas.

c) Máxima concentración de mediciones realizadas cada diez minutos durante un periodo de 1 hora.

d) Valor promedio de mediciones realizadas cada minuto durante un periodo de 10 minutos.

Tabla 29. Evaluación de los resultados del monitoreo con base a la Tabla 1.1.1 Guías de calidad del aire ambiente de la OMS

Parámetros	Unidad de medida	Año 2017	Año 2018					Año 2019				Año 2020				Límite máximo permisible (µg/m ³)	Evaluación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Monóxido de carbono (CO) ^{b)}	µg/m ³	2086,62	1412,8	2505,62	3,50	524	<114	556	365	432	4291	541	751	432			
Monóxido de carbono (CO) ^{c)}	µg/m ³	-	-	-	-	1497	<114	1247	802	-	4745	4793	1860	-			
Óxidos de nitrógeno (NO) ^{c)}	µg/m ³	-	-	-	-	<94	133	<94	<94	-	<94	<94	<94	-			
Dióxido de nitrógeno (NO ₂) ^{c)}	µg/m ³	11,29	12,30	11,93	5,47	<94	<94	<94	<94	19	<94	<94	<94	19	200	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Dióxido de azufre (SO ₂) ^{a)}	µg/m ³	8,9	11,75	10,76	10,78	<125	<125	<125	<125	26	<125	<125	<125	26	125	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Dióxido de azufre (SO ₂) ^{d)}	µg/m ³	-	-	-	-	<125	<125	<125	<125	-	<125	<125	<125	-			
Ozono (O ₃) ^{b)}	µg/m ³	23,56	25,69	24,94	4,18	<98	<98	<98	<98	37	<98	<98	<98	37	160	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Material particulado PM 10	µg/m ³	-	-	-	-	29	22	29	17	54	45	<42	33	54	150	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	
Material Particulado PM2,5	µg/m ³	-	-	-	-	19	8	15	10	20	9	<42	18	20	50	Todas las mediciones CUMPLEN con el LMP.	

a) Valor promedio de mediciones realizadas cada hora durante un periodo de 24 horas.

b) Valor promedio de mediciones realizadas cada hora durante un periodo de 8 horas.

c) Máxima concentración de mediciones realizadas cada diez minutos durante un periodo de 1 hora.

d) Valor promedio de mediciones realizadas cada minuto durante un periodo de 10 minutos.

13.4. Conclusiones

Con relación a los niveles de NO₂, SO₂, CO y O₃ los resultados **se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles** establecidos en la Norma de Calidad del Aire Ambiente, Anexo 4, Libro VI del TULSMA; al igual que en la Tabla 1.1.1 de la Guía general sobre medio ambiente, salud y seguridad del Grupo del Banco Mundial.

De igual manera, los niveles de Material Particulado (PM10 y PM2.5) **se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles** establecidos en la Norma de Calidad del Aire Ambiente, Anexo 4, Libro VI del TULSMA; al igual que en la Tabla 1.1.1 de la Guía general sobre medio ambiente, salud y seguridad del Grupo del Banco Mundial.

Las emisiones no producen concentraciones contaminantes que igualen o superen las permitidas por la normativa ambiental nacional vigente y la guía sobre calidad del ambiente del Banco Mundial.

14. Bibliografía

Cambio climático. Resumen del Informe de Evaluación 2007 del IPCC.
<https://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico-ie4/climate-change-ar4-foldout-es.pdf>

Corporación Nacional de Control de Energía (CENACE). 2011. Informe anual. Ecuador. 116 p.

[Corporación Financiera Internacional. 1 de enero de 2012. Normas de desempeño sobre sostenibilidad ambiental y social.](#)

[Corporación Financiera Internacional. Notas de orientación de la Corporación Financiera Internacional: Normas de desempeño sobre sostenibilidad ambiental y social. Grupo Banco Mundial. 1° de enero de 2012.](#)

Directrices del IPCC de 2006 (actualización 2019) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Combustión móvil.

Environmental, Health and Safety Guidelines for Ports, Harbors and Terminals. World Bank Group. February 2, 2017.

Francés, T; Bhatia, P; Hsu, A. 2010. Measuring to manage: a guide to designing GHG accounting and reporting program. World resources Institute. Washington D.C. USA. 56 p.

Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Corporación Financiera Internacional. Grupo del Banco Mundial. 30 de abril del 2007.

Instituto de Estrategias Ambientales Globales. Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, Japón. 78 p.

INTE/ISO 14064-1:2006. Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI. 34 p.

INTE/ISO 9001: 2008- sistema de gestión de la calidad-requisitos. 40 p.

Márquez, L., Roy, A., & Castellanos, E. (2000). Elementos Técnicos para Inventarios de carbono. Guatemala: Fundación Solar.

Miller, B. & Croft, J. (08 de Octubre de 2018). *CNN*. Obtenido de Planet has only until 2030 to stem catastrophic climate change, experts warn:
<https://edition.cnn.com/2018/10/07/world/climate-change-new-ipcc-report-wxc/index.html>

Nunes, R. A. O., Martins, F. G., & Sousa, S. I. V. (2017a). Assessment of shipping emissions on four ports of Portugal *. *Environmental Pollution*, 231, 1370–1379.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.112>

Nunes, R. A. O., Martins, F. G., & Sousa, S. I. V. (2017b). The activity-based methodology to assess ship emissions - A review *. *Environmental Pollution*, 231(x), 87–103. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.099>

[Los Principios del Ecuador. Junio de 2013.](#)

[United States Environmental Protection Agency \(2020\). Ports Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port- Related and Goods Movement Mobile Source Emissions.](#)

Pandey, D., Agrawal, M. & Shan, J. (2011) Carbon foot print: current methods of estimation. *Environ Monit Assess.*

Prieto Montañez, D. (2019). Estación de las emisiones atmosféricas de buques en el Puerto de Barranquilla (Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental). Universidad del Norte, Colombia.

Wiedmann, T. (2009) Carbon footprint and Input- Output Analysis- An introduction, *Economic System.*