ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO

“PARQUE HÍBRIDO EÓLICO, SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA LAS QUINTAS (PHLQ)”

CAPÍTULO 3.1.1.6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CLIMÁTICOS

2026

Sustentable.cl S.A.
Asesoría y Gestión Ambiental.
www.sustentable.cl

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVO 1
3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO 2
3.1 Descripción y Ubicación 2
4 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO 3
4.1 Ecuación General para el Cálculo de Emisiones 3
4.2 Potencial de Calentamiento Atmosférico 4
4.3 Niveles de Actividad 4
4.4 Factores de Emisión GEI 5
4.4.1 Combustión Estacionaria 5
4.4.2 Combustión Móvil 6
4.5 Factores de Emisión Forzantes Climáticos de Vida Corta 8
4.5.1 Combustión Estacionaria 8
4.5.2 Combustión Móvil 9
5 RESULTADOS ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO 12
5.1 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Construcción 12
5.1.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Construcción 12
5.1.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Construcción 17
5.1.3 Resumen de Emisiones Fase de Construcción 25
5.2 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Operación 27
5.2.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Operación 27
5.2.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Operación 28
5.2.3 Resumen de Emisiones Fase de Operación 30
5.3 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Cierre 31
5.3.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Cierre 31
5.3.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Cierre 33
5.3.3 Resumen de Emisiones Fase de Cierre 36
5.4 Resumen de Emisiones de Contaminantes Climáticos del Proyecto por Fases 37
6 CONCLUSIONES 40
7 REFERENCIAS 41

ANEXOS

Anexo 1. Planilla Excel Emisiones GEI y FCVC

Anexo 2. Cálculos Emisiones GEI y FCVC

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potenciales de calentamiento global (GWP) 4
Tabla 2. Actividades que generarán contaminantes climáticos según obras solicitadas 4
Tabla 3. Parámetros para la conversión de unidades según los combustibles que comúnmente se 6
Tabla 4. Factores de emisión para los diferentes combustibles utilizados en aplicaciones estacionarias 6
Tabla 5. Rendimientos para diferentes tipos de vehículos según algunas categorías del parque vehicular 6
Tabla 6. Factor de combustible petróleo diésel en función de la potencia para maquinarias fuera de ruta 8
Tabla 7. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes del uso de 9
Tabla 8. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes la combustión interna de vehículos 9
Tabla 9. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes de la maquinaria 10
Tabla 10. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de construcción 12
Tabla 11. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de construcción .. 13
Tabla 12. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de construcción 13
Tabla 13. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción 14
Tabla 14. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de construcción 17
Tabla 15. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de construcción 18
Tabla 16. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de construcción 18
Tabla 17. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción Año 1 19
Tabla 18. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción Año 2 22
Tabla 19. Emisiones de FCVC producidas por emisiones fugitivas – fase de construcción 25
Tabla 20. Resumen emisiones GEI – fase de construcción Año 1 25
Tabla 21. Resumen emisiones GEI – fase de construcción Año 2 26
Tabla 22. Resumen emisiones FCVC – fase de construcción Año 1 26
Tabla 23. Resumen emisiones FCVC – fase de construcción Año 2 26
Tabla 24. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de operación 27
Tabla 25. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de operación 28
Tabla 26. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de operación 28
Tabla 27. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de operación 28
Tabla 28. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de operación 28

Tabla 29. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de operación ... 29
Tabla 30. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de operación 29
Tabla 31. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de operación 29
Tabla 32. Emisiones de FCVC producidas por Emisiones Fugitivas – fase de operación 30
Tabla 33. Resumen emisiones GEI – fase de operación 30
Tabla 34. Resumen emisiones FCVC – fase de operación 30
Tabla 35. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de cierre 31
Tabla 36. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de cierre 31
Tabla 37. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de cierre 31
Tabla 38. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de cierre 32
Tabla 39. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de cierre 33
Tabla 40. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de cierre 33
Tabla 41. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de cierre 34
Tabla 42. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de cierre 34
Tabla 43. Emisiones de FCVC producidas por emisiones fugitivas – fase de cierre 35
Tabla 44. Resumen emisiones GEI – fase de cierre 36
Tabla 45. Resumen emisiones FCVC – fase de operación 36
Tabla 46. Resumen de emisiones de GEI del Proyecto por fases 37
Tabla 47. Resumen de emisiones FCVC del Proyecto por fases 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto 2

1 INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta la cuantificación de gases de efecto invernadero tales como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como de forzantes climáticos de vida corta (SLFC), entre los cuales se considera el Carbono Negro (Black Carbon, BC) y sus precursores, tales como el SO_2 y NO_X, además de otros contaminantes como el CO, COVDM, NH_3, MP10 y MP2.5.

Esta cuantificación se enmarca en el desarrollo del Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)" (en adelante, el Proyecto) perteneciente a "PLAN 8 Energía Infinita Ltda " (en adelante, el Titular), y se presenta en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N°19.300, y en su modificación (Ley N°20.417) y conforme a lo establecido en los artículos 18 y 19 del D.S. N°40/2012 que Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El presente documento, incorpora el cálculo de las emisiones de las diferentes actividades que forman parte del Proyecto en cada una de sus fases. Para ello se utilizaron los niveles de actividad del Estudio de Emisiones Atmosféricas del Proyecto, correspondiente al Capítulo 3.1.1.5 del presente EIA.

Cabe destacar que todo el detalle de los cálculos se encuentra en el Anexo 1. "Planilla Emisiones GEI y FCVC" del presente EIA y, por otra parte, dada la extensión, las tablas asociadas a las actividades de los tránsitos, se encuentran en el Anexo 2. "Cálculos Emisiones GEI y FCVC" del presente EIA.

Por otra parte, para realizar la cuantificación de emisiones de los contaminantes antes detallados se utilizaron los factores y fórmulas de emisión presentadas en la "Guía metodológica para la estimación y reporte de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta" (SEA, 2025).

Si bien el presente informe no constituye una cuantificación formal de la huella de carbono del Proyecto, los resultados del inventario de emisiones se expresarán en dióxido de carbono equivalente (CO_2e). Esta unidad permite representar de manera comparable los distintos gases de efecto invernadero, facilitando la evaluación del impacto climático total de las emisiones asociadas a las distintas etapas del proyecto, tal como lo recomienda el enfoque metodológico del SEA. Asimismo, los resultados obtenidos serán comparados con indicadores regionales de emisiones, con el propósito de estimar el aporte relativo del proyecto a las emisiones de gases de efecto invernadero.

2 OBJETIVO

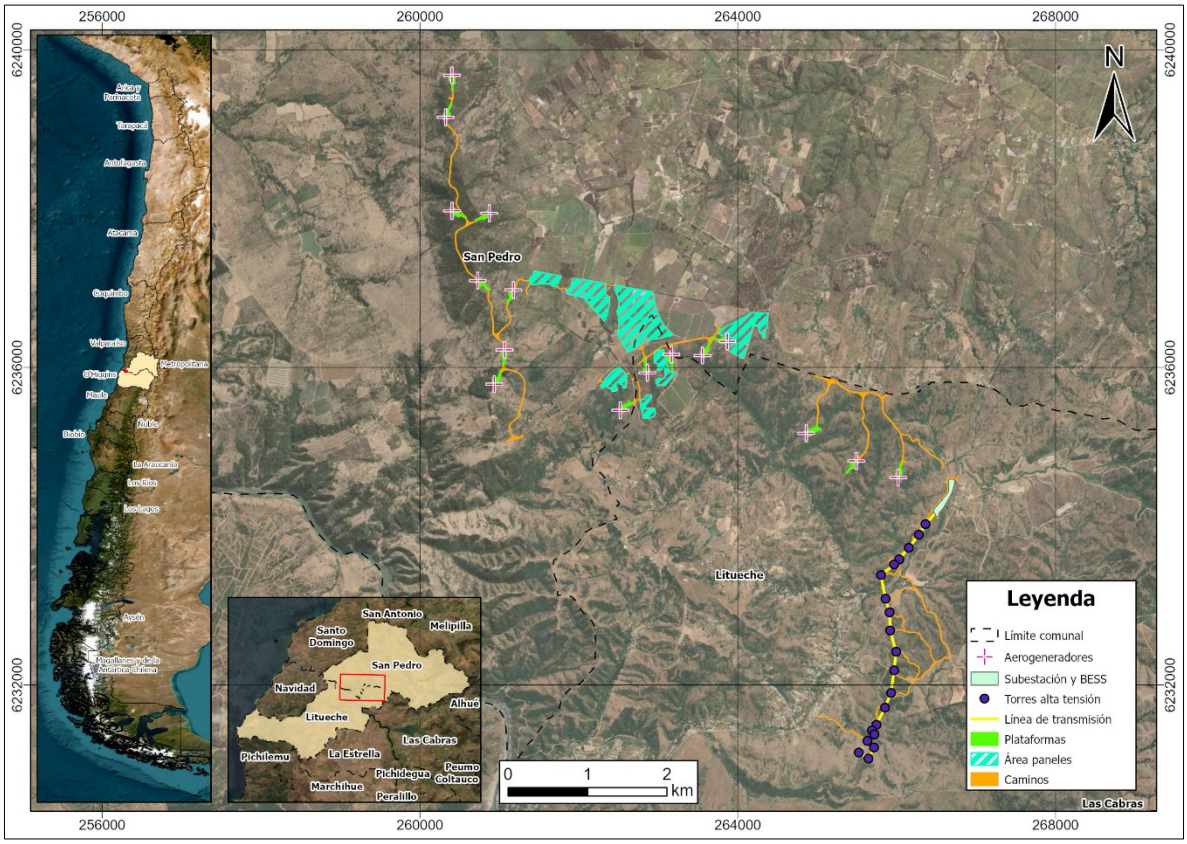
Estimar las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) y forzantes climáticos de vida corta (FCVC), incluyendo este último al Carbono Negro (BC por su sigla en inglés), generados, durante las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto.

3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

3.1 Descripción y Ubicación

El Proyecto que se somete a evaluación ambiental, se ubica en las comunas de San Pedro, provincia de Melipilla, región Metropolitana de Santiago y en la comuna de Litueche, provincia Cardenal Caro, región Libertador General Bernardo O'Higgins.

Figura 1. Ubicación del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

4 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO

4.1 Ecuación General para el Cálculo de Emisiones

Este informe corresponde a una cuantificación de contaminantes climáticos asociados al desarrollo del proyecto, elaborada de acuerdo con las orientaciones metodológicas establecidas por la guía metodológica para la estimación y reporte de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta de 2025[1] y complementada con la guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA actualizada a noviembre de 2024[2].

La "Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC)", se enmarca en la actualización del Reglamento del SEIA publicada bajo el Decreto Supremo 30, del año 2023, del Ministerio del Medio Ambiente, que incorpora la obligación de estimar las emisiones de GEI y FCVC como contenido mínimo en Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental, así como de indicar las formas de abatimiento y control contempladas. Esta exigencia responde a la Ley Marco de Cambio Climático (Ley 21.455) y a compromisos internacionales como el Acuerdo de París.

La Guía uniforma criterios y metodologías para estimar emisiones de estos gases y forzantes, además de otros contaminantes, de los proyectos o actividades que sean sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), principalmente en aquellas provenientes de fuentes de combustión (estacionaria y móvil) y de procesos industriales, utilizando factores de emisión validados por órganos internacionales competentes (IPCC, EMEP/EEA, EPA).

- IPCC, 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.
- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. 2023.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021).

El reporte de emisiones debe expresarse en toneladas por año por cada fase del proyecto y para el caso de los GEI se recomienda presentar también en CO_2 equivalente (CO_2e.), utilizando los Potenciales de Calentamiento Global del IPCC.

De acuerdo con lo anterior, para el cálculo de la estimación de emisiones atmosféricas, se ha empleado un método indirecto, basado en la utilización de factores de emisión que relacionan la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera, con la actividad asociada a la generación de ese contaminante. Estos factores se entienden representativos de los promedios a largo plazo de las emisiones asociadas a la respectiva actividad. La ecuación general que describe el uso de estos factores para la estimación de emisiones es la siguiente:

$$E = Fe \cdot Na \cdot \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

[1] Guía metodológica para la estimación y reporte de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta en el SEIA – 1era Edición. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2025/12/22/Guia-Met-Gases-2025.pdf
[2] Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA – 3era Edición. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/11/11/2024_CC_3_v1.pdf#page=5

Donde:

E : Emisión.

Fe : Factor de emisión.

Na : Nivel de actividad.

Ea : Eficiencia de abatimiento.

Bajo una condición conservadora de máximo riesgo ambiental, no se considera eficiencia de abatimiento, por lo que la fórmula anterior se reduce a:

$$E = FE \cdot NA$$

4.2 Potencial de Calentamiento Atmosférico

El Potencial de Calentamiento atmosférico (PCA) es un indicador que permite comparar el efecto climático de un gas de efecto invernadero respecto al dióxido de carbono (CO_2), considerando un horizonte temporal de 100 años. Representa el impacto acumulado de emitir 1 kg de un gas en comparación con el CO_2.

En el caso particular de nuestro país, los PCA utilizados para el reporte de los compromisos son los referentes al quinto reporte del IPCC, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla. Estos valores deben ser utilizados al momento de calcular y presentar las emisiones de CO2e.

Tabla 1. Potenciales de calentamiento global (GWP)

Contaminante Climático	Símbolo	GWP
Dióxido de Carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	28
Óxido Nitroso	N_2O	265

Fuente: Quinto reporte del IPCC, 2013, capítulo 8 Anthropogenic and Natural Radiative Forcing, tabla 8.A.1, con base en su potencial en 100 años

4.3 Niveles de Actividad

Todos los niveles de actividad fueron extraídos de la Estimación de Emisiones Atmosféricas del proyecto (Capítulo 3.1.1.5 del presente EIA), y se incluyen directamente junto a las emisiones de contaminantes climáticos estimadas.

A continuación, se presentan las actividades generadoras de contaminantes provenientes de actividades de combustión de combustibles fósiles en fuentes móviles y fijas, tales como:

Tabla 2. Actividades que generarán contaminantes climáticos según obras solicitadas

Fase de Generación	Actividad	Tipo de emisión
Construcción y Cierre	Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados (Re suspensión y Combustión)	Indirecta
	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados (Re suspensión y Combustión)	Indirecta
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	Directa

Fase de Generación	Actividad	Tipo de emisión
	Combustión de grupos electrógenos	Directa
Operación	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados (Re suspensión y Combustión)	Indirecta
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	Directa
	Combustión de grupos electrógenos	Directa

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Factores de Emisión GEI

4.4.1 Combustión Estacionaria

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por combustión estacionaria se originan al quemar combustibles para generar energía térmica destinada a producir vapor, electricidad o accionar equipos fijos. Un combustible es toda sustancia, natural o sintética, capaz de oxidarse y liberar energía en forma de calor. Entre ellos se incluyen derivados del petróleo (diésel, fuel oil), biocombustibles (bioetanol, biodiésel), gases combustibles (gas natural, GLP, biogás, biometano), carbón y otros combustibles alternativos.

Las fuentes que emplean combustibles se clasifican en:

- Fuentes puntuales o estacionarias: emiten desde ubicaciones fijas e identificables, como calderas, hornos, turbinas o grupos electrógenos.
- Fuentes móviles: generan emisiones asociadas al desplazamiento de vehículos y maquinaria.

La estimación de emisiones por combustión estacionaria se realiza, generalmente, multiplicando el consumo de combustible por su poder calorífico y el factor de emisión correspondiente a cada GEI, según metodologías estandarizadas (por ejemplo, IPCC).

La estimación de emisiones correspondiente a la combustión estacionaria se puede determinar utilizando la siguiente ecuación.

$$E_{GEI,Combustible} = FE_{GEI,Combustible} \; x \; NA_{Combustible}$$

Donde:

E : Emisiones por GEI según combustible

Fe : Factor de emisión por GEI según combustible

Na : Nivel o datos de actividad por combustible.

Mientras que las emisiones de CO2 equivalente se darán por la siguiente ecuación:

$$E_{CO2e} = \sum_{GEI} FE_{GEI,Combustible} \; x \; NA_{Combustible} \; x \; PCA_{GEI}$$

Donde: PCA: Potencial de calentamiento atmosférico según GEI.

Para los fines de este informe, los factores de emisión han sido desagregados por tipo específico de gas, permitiendo visualizar cada compuesto químico por separado. Posteriormente, estos se convierten a CO_2e aplicando los valores de PCA correspondientes. Este procedimiento permite reflejar con mayor precisión el efecto radiativo particular de cada gas, así como sus distintas vidas útiles en la atmósfera.

A continuación, se presentan los parámetros y factores de emisión utilizados para el desarrollo del inventario de emisiones GEI para combustión estacionaria.

Tabla 3. Parámetros para la conversión de unidades según los combustibles que comúnmente se utilizan en Chile

Combustible	Densidad (ton/ m3)	Poder Calorífico	
		Inferior	Unidad
Petróleo Diésel	0,840	10.355	Kcal/kg

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025)

Tabla 4. Factores de emisión para los diferentes combustibles utilizados en aplicaciones estacionarias

Combustibles		Estado	Factor de Emisión (kg GEI / TJ)		
Nombre BNE	Nombre IPCC 2006 en español		CO_2	CH_4	N_2O
Petróleo Diésel	Gas/Diesel Oil	Liquido	74.100	10	0,6

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025)

4.4.2 Combustión Móvil

Las emisiones de gases provenientes de la combustión móvil son aquellas emitidas a través del sistema de escape de gases del vehículo o maquinaria. Al igual que la estimación de emisiones correspondiente a la combustión estacionaria, las emisiones de GEI por combustión móvil se pueden estimar utilizando las mismas ecuaciones presentadas anteriormente en el acápite 4.4.1.

4.4.2.1 Combustión Interna de Vehículos

Para el caso de los vehículos de transporte de pasajeros o carga se debe utilizar la metodología de cálculo de los niveles de actividad (Na) referentes a los factores de emisión propuestos para la combustión estacionaria.

Usualmente la información más confiable que se tiene para calcular estos Na es la cantidad de kilómetros recorridos por algún tipo de vehículo, siendo necesario convertir los kilómetros recorridos en combustible consumido, utilizando para este objetivo los rendimientos típicos por tipo de vehículo, expresados en kilómetros por litro (km/l), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Rendimientos para diferentes tipos de vehículos según algunas categorías del parque vehicular

Categoría	Combustible	Rendimiento (km/l)
Vehículo liviano	Diésel	16,4
Vehículo mediano	Diésel	11,6

Categoría	Combustible	Rendimiento (km/l)
Buses urbanos	Diésel	2,9
Buses interurbanos	Diésel	4,8
Camiones	Diésel	4,0

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025)

Para el calulo de emisiones provenientes de la Combustión interna de vehículos se debe seguir los siguientes pasos:

- En primera instancia se debe calcular la masa de combustible quemada a partir de la cantidad de litros de combustible consumidos. Para ello, se utilizará como dato de referencia la densidad del combustible
- Para la estimación de la energía consumida se utilizará el poder calorífico inferior del combustible y su respectiva conversión a Joules.

4.4.2.2 Maquinaria Fuera de Ruta

Por maquinaria fuera de ruta (MFR) se entenderá aquella "maquinaria no destinada al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, apta para desplazarse sobre el suelo, con o sin carrocería, y que funciona en base a motores de combustión interna, de encendido por compresión, con una potencia neta instalada, igual o superior a 19 kW e inferior o igual a 560 kW. Por otra parte, también se entiende como MFR a aquellos equipos industriales portátil con base en motores de combustión interna, de encendido por compresión, con una potencia neta instalada, igual o superior a 19 kW e inferior o igual a 560 kW como, por ejemplo, bombas hormigoneras.

Para la estimación de emisiones de GEI de las MFR, se estimará en primer lugar el nivel de actividad (Na) con base en las características de la maquinaria y, luego, las emisiones de manera convencional (nivel de actividad por FE).

Para calcular el nivel de actividad de las MFR se tiene la siguiente ecuación.

$$NA_{i,j} = n_i \; x \; h_i \; x \; P_i \; x \; FC_i \; x \; TAF_i \; x \; CC_{i,j}$$

Donde:

NAij : Nivel de actividad o consumo de combustible j de la maquinaria i, en (gr/año).

ni : Cantidad de maquinaría i.

hi : Horas al año de utilización de la maquinaria i por año cronológico.

Pi : Potencia del tipo de maquinaria i, en (kW).

FCi : Factor de carga de la maquinaria i, adimensional.

TAFi : Factor de ajuste transiente de la maquinaria i, adimensional.

CCi,j : Factor de combustible j en función de la potencia para la maquinaria i, en g/kWh.

De esta manera, el consumo de combustible estará dado en primer orden por la potencia y luego por la tecnología de la maquinaria. A continuación, en la siguiente tabla se presentan los factores de consumo de combustible utilizados en este informe.

Tabla 6. Factor de combustible petróleo diésel en función de la potencia para maquinarias fuera de ruta

Potencia (kW)	Tecnología	CC i,j
P < 8	Stage V	270
8 ≤ P < 19	Stage V	270
19 ≤ P < 37	Stage IIIA / Stage V	262
37 ≤ P < 56	Stage IIIA / Stage V	260
56 ≤ P < 75	Stage IIIA / Stage V	260
75 ≤ P < 130	Stage IIIA / Stage V	255
130 ≤ P < 560	Stage IIIA / Stage V	250
560 < P	Stage V	250

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025)

4.5 Factores de Emisión Forzantes Climáticos de Vida Corta

4.5.1 Combustión Estacionaria

Las emisiones de FCVC provenientes de la combustión estacionaria tienen, en su gran mayoría, origen en grupos electrógenos o equipos de combustión como calderas, hornos, entre otros. Existen otros usos que pueden ser categorizados como combustión estacionaria como, por ejemplo, el uso de combustibles con fines de calefacción. Si bien las fuentes de combustión estacionaria son distintas, la estimación se puede agrupar acorde una metodología generalizada, tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$E_{FCVC,Combustible} = FE_{FCVC,Combustible}\ x\ NA_{Combustible}\ x\ (FRAC)$$

Donde:

E : Emisiones por FCVC según combustible.

Fe : Factor de emisión por FCVC según combustible

Na : Nivel o datos de actividad por combustible.

FRAC : Porcentaje másico de carbono negro (BC) aplicable a la estimación de MP2,5.

4.5.1.1 Grupos Electrógenos

Para los grupos electrógenos se debe considerar como nivel de actividad el consumo de combustible por año cronológico.

La siguiente tabla muestra los FE disponibles para el cálculo de emisiones atmosféricas de este tipo de fuentes de combustión según la potencia del motor. La emisión del BC se expresa como porcentaje másico del MP2,5.

Tabla 7. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes del uso de grupos electrógenos

Combustible (Unidad FE*)	Descripción Motor	MP10	MP2,5	BC (% de MP2,5)	NO_X	SO_2	CO	COVDM
Diésel (g/kg combustible)	Potencia menor a 600 HP o 447 kW	6,08	6,08	56	86,47	5,69	18,63	7,06
Diésel (g/kg combustible)	Potencia Mayor a 600 HP o 447 kW	1,12	0,94	56	62,74	0,0297	16,67	1,61

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025)

4.5.2 Combustión Móvil

Al igual que las emisiones de GEI, las emisiones de FCVC provenientes de la combustión móvil son aquellas emitidas a través del sistema de escape de gases y partículas de aquellos vehículos motorizados que utilizan distintos tipos de combustibles.

4.5.2.1 Combustión Interna de Vehículos

Las emisiones de FCVC producto de la combustión interna de los motores de los vehículos dependen del tipo o categoría (pasajeros o carga) y del estándar de emisión o tecnología. De esta forma, la estimación de emisiones deberá considerar como base esta información, la cual se utilizará para seleccionar los FE adecuados.

Para la estimación de emisiones se utlizará la ecuación de la combustión estacionaria presentada en el acápite 4.5.1 del presente informe y los FE presentados en la siguiente tabla, además, el nivel de actividad corresponderá a los kilómetros anuales recorridos por cada tipo de vehículo del proyecto.

Tabla 8. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes la combustión interna de vehículos

Tipo	Vehículo	Tecnología	MP10 (g/km)	MP2,5 (g/km)	BC (% de MP2,5)	NO_X (g/km)	SO_2 (g/km)	NH_3 (g/km)	CO (g/km)	COVDM (g/km)
Pasajero	Diésel > 2,0 L	Euro 5	0,000201	0,000201	10%	0,562	0,0022	0,002	0,035	0,001
Pesados	Diésel ≤ 7,5 t	Euro 5	0,0137	0,000137	75%	1,19	0,03	0,011	0,548	0,016
	Diésel 7,5 - 16 t	Euro 5	0,0201	0,0201	75%	2,041	0,0047	0,011	0,874	0,026
	Diésel 16 - 32 t	Euro 5	0,0319	0,0319	75%	3,397	0,0063	0,011	1,367	1,043
	Diésel > 32 t	Euro 5	0,0363	0,0363	75%	3,615	0,0075	0,011	1,617	0,048
Buses	Bus urbano	Euro 5	0,0792	0,0792	75%	6,17	0,009	0,011	2,055	0,054
	Bus interurbano	Euro 5	0,0466	0,0466	75%	4,378	0,0074	0,011	1,572	0,054

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025).

4.5.2.2 Maquinaria Fuera de Ruta

Al igual que la combustión interna de los motores de los vehículos, la estimación de emisiones de FCVC provenientes de las maquinarias fuera de ruta (MFR) debe considerar una serie de factores que, en primera instancia, responden a los ciclos de operación de estas mismas, y en segundo orden, a la antigüedad o tipo de maquinaria. Para la estimación de emisiones atmosféricas provenientes de la MFR se debe considerar la siguiente ecuación.

$$E_{i,j} = n_i \; x \; h_i \; x \; P_i \; x \; (1 + \; FD_i) x \; FC_i \; x \; TAF_i \; x \; FE_{i,j}$$

Donde:

Eij : Emisiones del contaminante j respecto a la maquinaria i, en (gr/año)

ni : Cantidad de maquinaría i.

hi : Horas al año de utilización de la maquinaria i por año cronológico.

Pi : Potencia del tipo de maquinaria i, en (kW).

FDi : Factor de deterioro de la maquinaria i, adimensional

FCi : Factor de carga de la maquinaria i, adimensional.

TAFi : Factor de ajuste transiente de la maquinaria i, adimensional.

FEi,j : Factor de emisión del contaminante j para la maquinaria i, en g/kWh.

Los valores de FE para diferentes maquinarias son presentados en la siguiente tabla en dependencia a su potencia y tipo de tecnología.

Cabe indicar que estos factores son válidos para maquinarias que utilicen Petróleo Diésel (Diésel) como combustible.

Tabla 9. Factores de emisión para la estimación de emisiones de FCVC provenientes de la maquinaria fuera de ruta que utilizan diésel como combustible

Potencia	Tecnología	MP10 (g/kWh)	MP2,5 (g/kWh)	BC (% de MP2,5)	NO_X (g/kWh)	SO_2 (g/kWh)	NH_3 (g/kWh)	CO (g/kWh)	COVDM (g/kWh)
P < 8	Stage V	0,4	0,4	48	6,08	0,0081	0,002	4,8	0,68
8 ≤ P < 19	Stage V	0,4	0,4	48	6,08	0,0081	0,002	3,96	0,68
19 ≤ P < 37	Stage IIIA	0,4	0,4	80	6,08	0,0079	0,002	2,2	0,6
37 ≤ P < 56	Stage IIIA	0,2	0,2	80	3,81	0,0078	0,002	2,2	0,4
56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,2	0,2	80	3,81	0,0078	0,002	2,2	0,4
75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,2	0,2	80	3,24	0,0077	0,002	1,5	0,3
130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,1	0,1	80	3,24	0,0075	0,002	1,5	0,3
560 < P	Stage V	0,045	0,045	48	3,5	0,0075	0,002	1,5	0,13

Fuente: Guía metodológica para la estimación y reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC). (SEA, 2025).

4.5.2.3 Emisiones Fugitivas

Las emisiones fugitivas corresponden a aquellas que no están canalizadas a través de ductos, chimeneas u otros sistemas hacia la atmosfera y que, además, se conoce el proceso que las genera, por ejemplo, procesos asociados a la construcción y movimiento de tierra, demoliciones, tránsito por vías, tanto pavimentados como sin pavimentar, entre otras.

Para la estimación de estas emisiones atmosféricas se utilizaron las metodologías validadas a nivel internacional, tales como: “EMEP/EEA air pollutant emisión inventory guidebook”, “AP-42: Compilation of Air Emissions Factors”, además se tuvo de referencia la “Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana”, del año 2020, elaborada por la Subsecretaría Regional Ministerial (Seremi) del Medio Ambiente de la Región Metropolitana

Para las emisiones fugitivas asociadas a las actividades de excavación, escarpe, nivelación, compactación, carga, descarga, y resuspensión de material particulado por tránsito en caminos no pavimentados y pavimentados, se presentan únicamente los resultados finales de la estimación.

Lo anterior, debido a que se aplicó la misma metodología descrita en el Capítulo 3.1.1.5 del presente EIA, “Estimación de emisiones atmosféricas”, donde se detallan los procedimientos de cálculo y factores de emisión utilizados para la cuantificación de material particulado MP10 y MP2.5 En consecuencia, no se reiteran en esta sección las fórmulas y supuestos metodológicos, a fin de evitar duplicidades.

5 RESULTADOS ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO

5.1 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Construcción

A continuación, se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero y Forzantes Climáticos de vida corta generados por la construcción del Proyecto.

Se presenta los resultados de la estimación de emisiones anual para una duración de 24 meses de esta fase.

5.1.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Construcción

Tabla 10. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de construcción

Fuente fija	NA	Calor generado	Calor generado	FE [kg GEI / TJ]			EMISIONES GEI [t / año]		
	Diesel [kg/año]	Kcal/año	TJ/año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
GE en IF1	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
GE en IF2	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
GE En Planta de hormigón (IF2)	113.137,92	1.171.543.162	4,905	74.100	10	0,6	363,46	0,04905	0,00294
GE en IF3	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	83.462,40	864.253.152	3,618	74.100	10	0,6	268,13	0,03618	0,00217
Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	41.731,20	432.126.576	1,809	74.100	10	0,6	134,06	0,01809	0,00109
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año] AÑO 1							**1.435,97**	**0,19379**	**0,01163**
GE en IF1	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
GE en IF2	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
GE En Planta de hormigón (IF2)	37.712,64	390.514.387	1,635	74.100	10	0,6	121,15	0,01635	0,00098
GE en IF3	69.552,00	720.210.960	3,015	74.100	10	0,6	223,44	0,03015	0,00181
Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	41.731,20	432.126.576	1,809	74.100	10	0,6	134,06	0,01809	0,00109
Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	20.865,60	216.063.288	0,905	74.100	10	0,6	67,03	0,00905	0,00054
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año] AÑO 2							**992,57**	**0,13395**	**0,00804**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de emisiones GEI asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado “Cálculos emisiones GEI y FCVC”, el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 11. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de construcción

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino no pavimentado	43,57	0,00588	0,00035
Total año 1	**43,57**	**0,00588**	**0,00035**
Combustión tránsito camino no pavimentado	43,49	0,00587	0,00035
Total Año 2	**43,49**	**0,00587**	**0,00035**
Total Fase de Construcción	**87,06**	**0,01175**	**0,00070**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de construcción

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino pavimentado	1919,96	0,25910	0,01555
Total año 1	**1919,96**	**0,25910**	**0,01555**
Combustión tránsito camino pavimentado	1919,44	0,25903	0,01554
Total Año 2	**1919,44**	**0,25903**	**0,01554**
Total Fase de Construcción	**3839,41**	**0,51814**	**0,03109**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción

Maquinaria	FE [kg GEI / TJ]			NA Año 1 [km/año]	NA Año 1 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 1			NA Año 2 [km/año]	NA Año 2 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 2		
	CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O
Motoniveladora	74100	10	0,6	5872,14	0,25458	18,86	0,00255	0,00015	5872,14	0,25458	18,86457	0,00255	0,00015
Retroexcavadora	74100	10	0,6	8949,41	0,38800	28,75	0,00388	0,00023	8949,41	0,38800	28,75046	0,00388	0,00023
Bulldozer	74100	10	0,6	9756,60	0,42299	31,34	0,00423	0,00025	9756,60	0,42299	31,34361	0,00423	0,00025
Rodillo compactador	74100	10	0,6	6181,20	0,26798	19,86	0,00268	0,00016	6181,20	0,26798	19,85744	0,00268	0,00016
Cargador frontal	74100	10	0,6	18810,24	0,81551	60,43	0,00816	0,00049	18810,24	0,81551	60,42892	0,00816	0,00049
Camión grúa	74100	10	0,6	15028,80	0,65156	48,28	0,00652	0,00039	15028,80	0,65156	48,28084	0,00652	0,00039
Motoniveladora	74100	10	0,6	5872,14	0,25458	18,86	0,00255	0,00015	5872,14	0,25458	18,86457	0,00255	0,00015
Cargador frontal	74100	10	0,6	11756,40	0,50969	37,77	0,00510	0,00031	11756,40	0,50969	37,76808	0,00510	0,00031
Retroexcavadora	74100	10	0,6	4474,70	0,19400	14,38	0,00194	0,00012	4474,70	0,19400	14,37523	0,00194	0,00012
Bulldozer	74100	10	0,6	9756,60	0,42299	31,34	0,00423	0,00025	9756,60	0,42299	31,34361	0,00423	0,00025
Retroexcavadora	74100	10	0,6	5966,27	0,25866	19,17	0,00259	0,00016	5966,27	0,25866	19,16697	0,00259	0,00016
Bulldozer	74100	10	0,6	13008,80	0,56399	41,79	0,00564	0,00034	13008,80	0,56399	41,79148	0,00564	0,00034
Rodillo compactador	74100	10	0,6	3090,60	0,13399	9,93	0,00134	0,00008	3090,60	0,13399	9,92872	0,00134	0,00008
Motoniveladora	74100	10	0,6	2936,07	0,12729	9,43	0,00127	0,00008	2936,07	0,12729	9,43229	0,00127	0,00008
Motoniveladora	74100	10	0,6	45802,69	1,98574	147,14	0,01986	0,00119	45802,69	1,98574	147,14365	0,01986	0,00119
Bulldozer	74100	10	0,6	96265,12	4,17351	309,26	0,04174	0,00250	96265,12	4,17351	309,25696	0,04174	0,00250
Retroexcavadora	74100	10	0,6	30427,99	1,31918	97,75	0,01319	0,00079	30427,99	1,31918	97,75157	0,01319	0,00079
Rodillo compactador	74100	10	0,6	24889,63	1,07907	79,96	0,01079	0,00065	24889,63	1,07907	79,95930	0,01079	0,00065
Retroexcavadora	74100	10	0,6	9993,51	0,43326	32,10	0,00433	0,00026	9993,51	0,43326	32,10468	0,00433	0,00026
Excavadora hidráulica	74100	10	0,6	15047,10	0,65236	48,34	0,00652	0,00039	15047,10	0,65236	48,33964	0,00652	0,00039
Bulldozer	74100	10	0,6	14634,90	0,63449	47,02	0,00634	0,00038	14634,90	0,63449	47,01542	0,00634	0,00038

Maquinaria	FE [kg GEI / TJ]			NA Año 1 [km/año]	NA Año 1 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 1			NA Año 2 [km/año]	NA Año 2 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 2		
	CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O
Motoniveladora	74100	10	0,6	8808,21	0,38187	28,30	0,00382	0,00023	8808,21	0,38187	28,29686	0,00382	0,00023
Camión mixer	74100	10	0,6	15150,00	0,65682	48,67	0,00657	0,00039	15150,00	0,65682	48,67020	0,00657	0,00039
Retroexcavadora	74100	10	0,6	8949,41	0,38800	28,75	0,00388	0,00023	8949,41	0,38800	28,75046	0,00388	0,00023
Excavadora hidráulica	74100	10	0,6	13475,02	0,58420	43,29	0,00584	0,00035	13475,02	0,58420	43,28923	0,00584	0,00035
Camión grúa	74100	10	0,6	6262,00	0,27148	20,12	0,00271	0,00016	6262,00	0,27148	20,11702	0,00271	0,00016
Grúa montaje (750 ton)	74100	10	0,6	153015,00	6,63386	491,57	0,06634	0,00398	153015,00	6,63386	491,56905	0,06634	0,00398
Grúa montaje (400 ton)	74100	10	0,6	127260,00	5,51727	408,83	0,05517	0,00331	127260,00	5,51727	408,82971	0,05517	0,00331
Grúa montaje (150 ton)	74100	10	0,6	78780,00	3,41545	253,09	0,03415	0,00205	78780,00	3,41545	253,08506	0,03415	0,00205
Motoniveladora	74100	10	0,6	3914,76	0,16972	12,58	0,00170	0,00010	3914,76	0,16972	12,57638	0,00170	0,00010
Retroexcavadora	74100	10	0,6	2237,35	0,09700	7,19	0,00097	0,00006	2237,35	0,09700	7,18762	0,00097	0,00006
Rodillo compactador	74100	10	0,6	4120,80	0,17865	13,24	0,00179	0,00011	4120,80	0,17865	13,23830	0,00179	0,00011
Bobcat	74100	10	0,6	903,34	0,03916	2,90	0,00039	0,00002	903,34	0,03916	2,90204	0,00039	0,00002
Retroexcavadora	74100	10	0,6	1491,57	0,06467	4,79	0,00065	0,00004	1491,57	0,06467	4,79174	0,00065	0,00004
camión grúa	74100	10	0,6	3131,00	0,13574	10,06	0,00136	0,00008	3131,00	0,13574	10,05851	0,00136	0,00008
Hincadora	74100	10	0,6	4741,99	0,20559	15,23	0,00206	0,00012	4741,99	0,20559	15,23390	0,00206	0,00012
Camión grúa	74100	10	0,6	11271,60	0,48867	36,21	0,00489	0,00029	11271,60	0,48867	36,21063	0,00489	0,00029
Manipulador (manitou)	74100	10	0,6	6230,65	0,27013	20,02	0,00270	0,00016	6230,65	0,27013	20,01630	0,00270	0,00016
Retroexcavadora	74100	10	0,6	6712,06	0,29100	21,56	0,00291	0,00017	6712,06	0,29100	21,56285	0,00291	0,00017
Excavadora hidráulica	74100	10	0,6	6737,51	0,29210	21,64	0,00292	0,00018	6737,51	0,29210	21,64461	0,00292	0,00018
Camión grúa	74100	10	0,6	4696,50	0,20361	15,09	0,00204	0,00012	4696,50	0,20361	15,08776	0,00204	0,00012
Grúa horquilla	74100	10	0,6	3399,66	0,14739	10,92	0,00147	0,00009	3399,66	0,14739	10,92159	0,00147	0,00009
Camión grúa	74100	10	0,6	13463,30	0,58369	43,25	0,00584	0,00035	13463,30	0,58369	43,25159	0,00584	0,00035

Maquinaria	FE [kg GEI / TJ]			NA Año 1 [km/año]	NA Año 1 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 1			NA Año 2 [km/año]	NA Año 2 [TJ diesel/año]	EMISIONES GEI [t / año] Año 2		
	CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O			CO_2	CH_4	N_2O
Manipulador (manitou)	74100	10	0,6	7384,47	0,32015	23,72	0,00320	0,00019	7384,47	0,32015	23,72303	0,00320	0,00019
Retroexcavadora	74100	10	0,6	8651,09	0,37506	27,79	0,00375	0,00023	8651,09	0,37506	27,79211	0,00375	0,00023
Camión mixer	74100	10	0,6	8403,20	0,36431	27,00	0,00364	0,00022	8403,20	0,36431	26,99574	0,00364	0,00022
Rodillo compactador	74100	10	0,6	1030,20	0,04466	3,31	0,00045	0,00003	1030,20	0,04466	3,30957	0,00045	0,00003
Camión grúa telescópica	74100	10	0,6	6827,60	0,29601	21,93	0,00296	0,00018	6827,60	0,29601	21,93404	0,00296	0,00018
Retroexcavadora	74100	10	0,6	8651,09	0,37506	27,79	0,00375	0,00023	8651,09	0,37506	27,79211	0,00375	0,00023
Camión mixer	74100	10	0,6	8403,20	0,36431	27,00	0,00364	0,00022	8403,20	0,36431	26,99574	0,00364	0,00022
Rodillo compactador	74100	10	0,6	4944,96	0,21439	15,89	0,00214	0,00013	4944,96	0,21439	15,88595	0,00214	0,00013
Camión grúa telescópica	74100	10	0,6	13130,00	0,56924	42,18	0,00569	0,00034	13130,00	0,56924	42,18084	0,00569	0,00034
Retroexcavadora	74100	10	0,6	12230,86	0,53026	39,29	0,00530	0,00032	12230,86	0,53026	39,29230	0,00530	0,00032
Camión mixer	74100	10	0,6	17331,60	0,75140	55,68	0,00751	0,00045	17331,60	0,75140	55,67871	0,00751	0,00045
Camión grúa	74100	10	0,6	51348,40	2,22617	164,96	0,02226	0,00134	51348,40	2,22617	164,95954	0,02226	0,00134
Grúa 70 ton	74100	10	0,6	17731,56	0,76874	56,96	0,00769	0,00046	17731,56	0,76874	56,96361	0,00769	0,00046
Winche-Freno hidráulico	74100	10	0,6	17010,66	0,73749	54,65	0,00737	0,00044	17010,66	0,73749	54,64768	0,00737	0,00044
Retroexcavadora	74100	10	0,6	11932,54	0,51733	38,33	0,00517	0,00031	11932,54	0,51733	38,33395	0,00517	0,00031
Bulldozer	74100	10	0,6	26017,60	1,12798	83,58	0,01128	0,00068	26017,60	1,12798	83,58296	0,01128	0,00068
Cargador frontal	74100	10	0,6	31350,40	1,35918	100,71	0,01359	0,00082	31350,40	1,35918	100,71487	0,01359	0,00082
Camión grúa	74100	10	0,6	25048,00	1,08594	80,47	0,01086	0,00065	25048,00	1,08594	80,46807	0,01086	0,00065
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año] AÑO 1						**3600,31**	**0,48587**	**0,02915**	**EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año] AÑO 2**		**3600,31**	**0,48587**	**0,02915**

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Construcción

Tabla 14. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de construcción

Año	Combustible (Unidad FE*)	NA [kg / año]	Factor de emisión [g GEI/ kg]							Emisiones [ton GEI / año]						
			MP10	MP2,5	BC (% de MP2,5)	NO_X	SO_2	CO	COV DM	MP10	MP2,5	BC	NO_X	SO_2	CO	COVDM
Año 1	GE en IF1	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	GE en IF2	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	GE En Planta de hormigón (IF2)	113137,92	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,688	0,688	0,385	9,783	0,644	2,108	0,799
	GE en IF3	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	83462,4	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,507	0,507	0,284	7,217	0,475	1,555	0,589
	Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	41731,2	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,254	0,254	0,142	3,608	0,237	0,777	0,295
EMISIONES TOTALES FCVC [t /año] AÑO 1										**2,718**	**2,718**	**1,522**	**38,651**	**2,543**	**8,327**	**3,156**
Año 2	GE en IF1	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	GE en IF2	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	GE En Planta de hormigón (IF2)	37712,64	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,229	0,229	0,128	3,261	0,215	0,703	0,266
	GE en IF3	69552	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,423	0,423	0,237	6,014	0,396	1,296	0,491
	Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	41731,2	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,254	0,254	0,142	3,608	0,237	0,777	0,295
	Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	20865,6	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,127	0,127	0,071	1,804	0,119	0,389	0,147
EMISIONES TOTALES FCVC [t /año] AÑO 1										**1,879**	**1,879**	**1,052**	**26,716**	**1,758**	**5,756**	**2,181**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de FCVC asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado "Cálculos Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta", el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 15. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de construcción

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04839	0,23248	0,00048	0,00071	0,10365	0,00448	0,002328	0,002328
Total Año 1	**0,04839**	**0,23248**	**0,00048**	**0,00071**	**0,10365**	**0,00448**	**0,002328**	**0,002328**
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04830	0,23202	0,00048	0,00071	0,10343	0,00457	0,002323	0,002324
Total Año 2	**0,04830**	**0,23202**	**0,00048**	**0,00071**	**0,10343**	**0,00457**	**0,002323**	**0,002324**
EMISIONES TOTALES FCVC [t / fase]	**0,09669**	**0,46450**	**0,00096**	**0,00142**	**0,20709**	**0,00906**	**0,00465**	**0,00465**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de construcción

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino pavimentado	2,42169	6,61545	0,06982	0,03563	2,70273	0,43767	0,041239	0,069232
Total Año 1	2,42169	6,61545	0,06982	0,03563	2,70273	0,43767	0,041239	0,069232
Combustión tránsito camino pavimentado	2,42100	6,64106	0,06958	0,03562	2,71488	0,43258	0,041636	0,069482
Total Año 2	2,42100	6,64106	0,06958	0,03562	2,71488	0,43258	0,041636	0,069482
EMISIONES TOTALES FCVC [t / fase]	**4,84269**	**13,25651**	**0,13941**	**0,07126**	**5,41762**	**0,87025**	**0,08287**	**0,13871**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción Año 1

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 1	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 1					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Motoniveladora	1	300	95	0,0083	0,0771	0,0002	0,0000	0,0563	0,0073
Retroexcavadora	2	300	71	0,0124	0,1356	0,0003	0,0001	0,1234	0,0145
Bulldozer	1	300	161	0,0070	0,1307	0,0003	0,0001	0,0954	0,0123
Rodillo compactador	1	300	100	0,0087	0,0811	0,0002	0,0000	0,0581	0,0076
Cargador frontal	2	240	194	0,0135	0,2520	0,0006	0,0001	0,1839	0,0238
Camión grúa	2	240	155	0,0108	0,2011	0,0004	0,0001	0,1440	0,0189
Motoniveladora	2	150	95	0,0083	0,0771	0,0002	0,0000	0,0563	0,0073
Cargador frontal	2	150	194	0,0085	0,1575	0,0003	0,0001	0,1149	0,0149
Retroexcavadora	2	150	71	0,0062	0,0678	0,0001	0,0000	0,0617	0,0073
Bulldozer	2	150	161	0,0070	0,1307	0,0003	0,0001	0,0954	0,0123
Retroexcavadora	2	200	71	0,0083	0,0904	0,0002	0,0000	0,0822	0,0097
Bulldozer	2	200	161	0,0094	0,1743	0,0004	0,0001	0,1272	0,0164
Rodillo compactador	1	150	100	0,0044	0,0406	0,0001	0,0000	0,0290	0,0038
Motoniveladora	1	150	95	0,0041	0,0386	0,0001	0,0000	0,0281	0,0036
Motoniveladora	3	780	95	0,0647	0,6016	0,0014	0,0004	0,4390	0,0568
Bulldozer	4	740	161	0,0693	1,2898	0,0029	0,0008	0,9410	0,1217
Retroexcavadora	3	680	71	0,0421	0,4610	0,0009	0,0002	0,4195	0,0493
Rodillo compactador	2	604	100	0,0351	0,3266	0,0007	0,0002	0,2337	0,0307
Retroexcavadora	2	335	71	0,0138	0,1514	0,0003	0,0001	0,1378	0,0162
Excavadora hidráulica	2	335	109	0,0212	0,1977	0,0004	0,0001	0,1442	0,0187
Bulldozer	1	450	161	0,0105	0,1961	0,0004	0,0001	0,1431	0,0185

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 1	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 1					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Motoniveladora	1	450	95	0,0124	0,1157	0,0003	0,0001	0,0844	0,0109
Camión mixer	2	150	250	0,0109	0,2030	0,0005	0,0001	0,1481	0,0192
Retroexcavadora	3	200	71	0,0124	0,1356	0,0003	0,0001	0,1234	0,0145
Excavadora hidráulica	3	200	109	0,0190	0,1770	0,0004	0,0001	0,1291	0,0167
Camión grúa	2	100	155	0,0045	0,0839	0,0002	0,0000	0,0612	0,0079
Grúa montaje (750 ton)	2	750	505	0,1101	2,0501	0,0045	0,0012	1,4958	0,1935
Grúa montaje (400 ton)	2	750	420	0,0916	1,7051	0,0038	0,0010	1,2440	0,1609
Grúa montaje (150 ton)	2	750	260	0,0567	1,0555	0,0023	0,0006	0,7701	0,0996
Motoniveladora	1	200	95	0,0055	0,0514	0,0001	0,0000	0,0375	0,0049
Retroexcavadora	1	150	71	0,0031	0,0339	0,0001	0,0000	0,0308	0,0036
Rodillo compactador	1	200	100	0,0058	0,0541	0,0001	0,0000	0,0387	0,0051
Bobcat	2	50	43	0,0013	0,0137	0,0000	0,0000	0,0125	0,0015
Retroexcavadora	2	50	71	0,0021	0,0226	0,0000	0,0000	0,0206	0,0024
camión grúa	2	50	155	0,0023	0,0420	0,0001	0,0000	0,0306	0,0040
Hincadora	4	160	35	0,0130	0,1138	0,0001	0,0000	0,0649	0,0076
Camión grúa	2	180	155	0,0081	0,1510	0,0003	0,0001	0,1102	0,0143
Manipulador (manitou)	2	135	112	0,0088	0,0818	0,0002	0,0000	0,0597	0,0077
Retroexcavadora	3	150	71	0,0093	0,1017	0,0002	0,0001	0,0925	0,0109
Excavadora hidráulica	3	100	109	0,0095	0,0885	0,0002	0,0001	0,0646	0,0084
Camión grúa	2	75	155	0,0034	0,0629	0,0001	0,0000	0,0459	0,0059
Grúa horquilla	2	110	75	0,0048	0,0447	0,0001	0,0000	0,0326	0,0042
Camión grúa	2	215	155	0,0097	0,1804	0,0004	0,0001	0,1316	0,0170
Manipulador (manitou)	2	160	112	0,0104	0,0970	0,0002	0,0001	0,0708	0,0092

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 1	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 1					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Retroexcavadora	2	290	71	0,0120	0,1311	0,0003	0,0001	0,1193	0,0140
Camión mixer	1	160	260	0,0060	0,1126	0,0002	0,0001	0,0821	0,0106
Rodillo compactador	1	50	100	0,0015	0,0135	0,0000	0,0000	0,0097	0,0013
Camión grúa telescópica	1	130	260	0,0049	0,0915	0,0002	0,0001	0,0667	0,0086
Retroexcavadora	2	290	71	0,0120	0,1311	0,0003	0,0001	0,1193	0,0140
Camión mixer	1	160	260	0,0060	0,1126	0,0002	0,0001	0,0821	0,0106
Rodillo compactador	1	240	100	0,0070	0,0649	0,0001	0,0000	0,0464	0,0061
Camión grúa telescópica	1	250	260	0,0095	0,1759	0,0004	0,0001	0,1284	0,0166
Retroexcavadora	2	410	71	0,0169	0,1853	0,0004	0,0001	0,1686	0,0198
Camión mixer	2	165	260	0,0125	0,2322	0,0005	0,0001	0,1694	0,0219
Camión grúa	2	820	155	0,0370	0,6880	0,0015	0,0004	0,5019	0,0649
Grúa 70 ton	2	165	266	0,0128	0,2376	0,0005	0,0001	0,1733	0,0224
Winche-Freno hidráulico	2	320	129	0,0240	0,2234	0,0005	0,0001	0,1630	0,0211
Retroexcavadora	4	200	71	0,0165	0,1808	0,0004	0,0001	0,1645	0,0193
Bulldozer	4	200	161	0,0187	0,3486	0,0008	0,0002	0,2543	0,0329
Cargador frontal	4	200	194	0,0226	0,4200	0,0009	0,0002	0,3065	0,0396
Camión grúa	4	200	155	0,0180	0,3356	0,0007	0,0002	0,2449	0,0317
EMISIONES TOTALES FCVC [t /año] AÑO 1				**1,0263**	**15,2287**	**0,0333**	**0,0088**	**11,4140**	**1,4571**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de construcción Año 2

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 2	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 2					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Motoniveladora	1	300	95	0,0083	0,0771	0,0002	0,0000	0,0563	0,0073
Retroexcavadora	2	300	71	0,0124	0,1356	0,0003	0,0001	0,1234	0,0145
Bulldozer	1	300	161	0,0070	0,1307	0,0003	0,0001	0,0954	0,0123
Rodillo compactador	1	300	100	0,0087	0,0811	0,0002	0,0000	0,0581	0,0076
Cargador frontal	2	240	194	0,0135	0,2520	0,0006	0,0001	0,1839	0,0238
Camión grúa	2	240	155	0,0108	0,2011	0,0004	0,0001	0,1440	0,0189
Motoniveladora	2	150	95	0,0083	0,0771	0,0002	0,0000	0,0563	0,0073
Cargador frontal	2	150	194	0,0085	0,1575	0,0003	0,0001	0,1149	0,0149
Retroexcavadora	2	150	71	0,0062	0,0678	0,0001	0,0000	0,0617	0,0073
Bulldozer	2	150	161	0,0070	0,1307	0,0003	0,0001	0,0954	0,0123
Retroexcavadora	2	200	71	0,0083	0,0904	0,0002	0,0000	0,0822	0,0097
Bulldozer	2	200	161	0,0094	0,1743	0,0004	0,0001	0,1272	0,0164
Rodillo compactador	1	150	100	0,0044	0,0406	0,0001	0,0000	0,0290	0,0038
Motoniveladora	1	150	95	0,0041	0,0386	0,0001	0,0000	0,0281	0,0036
Motoniveladora	3	780	95	0,0647	0,6016	0,0014	0,0004	0,4390	0,0568
Bulldozer	4	740	161	0,0693	1,2898	0,0029	0,0008	0,9410	0,1217
Retroexcavadora	3	680	71	0,0421	0,4610	0,0009	0,0002	0,4195	0,0493
Rodillo compactador	2	604	100	0,0351	0,3266	0,0007	0,0002	0,2337	0,0307
Retroexcavadora	2	335	71	0,0138	0,1514	0,0003	0,0001	0,1378	0,0162
Excavadora hidráulica	2	335	109	0,0212	0,1977	0,0004	0,0001	0,1442	0,0187
Bulldozer	1	450	161	0,0105	0,1961	0,0004	0,0001	0,1431	0,0185

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 2	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 2					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Motoniveladora	1	450	95	0,0124	0,1157	0,0003	0,0001	0,0844	0,0109
Camión mixer	2	150	250	0,0109	0,2030	0,0005	0,0001	0,1481	0,0192
Retroexcavadora	3	200	71	0,0124	0,1356	0,0003	0,0001	0,1234	0,0145
Excavadora hidráulica	3	200	109	0,0190	0,1770	0,0004	0,0001	0,1291	0,0167
Camión grúa	2	100	155	0,0045	0,0839	0,0002	0,0000	0,0612	0,0079
Grúa montaje (750 ton)	2	750	505	0,1101	2,0501	0,0045	0,0012	1,4958	0,1935
Grúa montaje (400 ton)	2	750	420	0,0916	1,7051	0,0038	0,0010	1,2440	0,1609
Grúa montaje (150 ton)	2	750	260	0,0567	1,0555	0,0023	0,0006	0,7701	0,0996
Motoniveladora	1	200	95	0,0055	0,0514	0,0001	0,0000	0,0375	0,0049
Retroexcavadora	1	150	71	0,0031	0,0339	0,0001	0,0000	0,0308	0,0036
Rodillo compactador	1	200	100	0,0058	0,0541	0,0001	0,0000	0,0387	0,0051
Bobcat	2	50	43	0,0013	0,0137	0,0000	0,0000	0,0125	0,0015
Retroexcavadora	2	50	71	0,0021	0,0226	0,0000	0,0000	0,0206	0,0024
camión grúa	2	50	155	0,0023	0,0420	0,0001	0,0000	0,0306	0,0040
Hincadora	4	160	35	0,0130	0,1138	0,0001	0,0000	0,0649	0,0076
Camión grúa	2	180	155	0,0081	0,1510	0,0003	0,0001	0,1102	0,0143
Manipulador (manitou)	2	135	112	0,0088	0,0818	0,0002	0,0000	0,0597	0,0077
Retroexcavadora	3	150	71	0,0093	0,1017	0,0002	0,0001	0,0925	0,0109
Excavadora hidráulica	3	100	109	0,0095	0,0885	0,0002	0,0001	0,0646	0,0084
Camión grúa	2	75	155	0,0034	0,0629	0,0001	0,0000	0,0459	0,0059
Grúa horquilla	2	110	75	0,0048	0,0447	0,0001	0,0000	0,0326	0,0042
Camión grúa	2	215	155	0,0097	0,1804	0,0004	0,0001	0,1316	0,0170
Manipulador (manitou)	2	160	112	0,0104	0,0970	0,0002	0,0001	0,0708	0,0092

Maquinaria	Cantidad	Horas al año Año 2	Potencia [kW]	Emisiones [ton/año] Año 2					
				MP2,5	NOX	SO2	NH3	CO	COVDM
Retroexcavadora	2	290	71	0,0120	0,1311	0,0003	0,0001	0,1193	0,0140
Camión mixer	1	160	260	0,0060	0,1126	0,0002	0,0001	0,0821	0,0106
Rodillo compactador	1	50	100	0,0015	0,0135	0,0000	0,0000	0,0097	0,0013
Camión grúa telescópica	1	130	260	0,0049	0,0915	0,0002	0,0001	0,0667	0,0086
Retroexcavadora	2	290	71	0,0120	0,1311	0,0003	0,0001	0,1193	0,0140
Camión mixer	1	160	260	0,0060	0,1126	0,0002	0,0001	0,0821	0,0106
Rodillo compactador	1	240	100	0,0070	0,0649	0,0001	0,0000	0,0464	0,0061
Camión grúa telescópica	1	250	260	0,0095	0,1759	0,0004	0,0001	0,1284	0,0166
Retroexcavadora	2	410	71	0,0169	0,1853	0,0004	0,0001	0,1686	0,0198
Camión mixer	2	165	260	0,0125	0,2322	0,0005	0,0001	0,1694	0,0219
Camión grúa	2	820	155	0,0370	0,6880	0,0015	0,0004	0,5019	0,0649
Grúa 70 ton	2	165	266	0,0128	0,2376	0,0005	0,0001	0,1733	0,0224
Winche-Freno hidráulico	2	320	129	0,0240	0,2234	0,0005	0,0001	0,1630	0,0211
Retroexcavadora	4	200	71	0,0165	0,1808	0,0004	0,0001	0,1645	0,0193
Bulldozer	4	200	161	0,0187	0,3486	0,0008	0,0002	0,2543	0,0329
Cargador frontal	4	200	194	0,0226	0,4200	0,0009	0,0002	0,3065	0,0396
Camión grúa	4	200	155	0,0180	0,3356	0,0007	0,0002	0,2449	0,0317
EMISIONES TOTALES FCVC [t /año] AÑO 1				**1,0263**	**15,2287**	**0,0333**	**0,0088**	**11,4140**	**1,4571**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo señalado en la Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta en el SEIA (SEA, 2025), las actividades asociadas a movimientos de tierra y tránsito de vehículos pueden generar emisiones fugitivas producto de la resuspensión de material particulado.

Bajo este contexto, dichas emisiones ya fueron calculadas en el Capítulo 3.1.1.5 "Estimación de Emisiones Atmosféricas" del presente EIA, por lo tanto, a continuación, se presenta únicamente un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 19. Emisiones de FCVC producidas por emisiones fugitivas – fase de construcción

Fuente Emisión - Contrucción	Año 1		Año 2	
	MP2.5	MP10	MP2.5	MP10
Excavación	1,28154	1,81871	0,00000	0,00000
Escarpe	0,23606	1,57375	0,00000	0,00000
Nivelación	0,01949	0,18398	0,00000	0,00000
Compactación	0,01042	0,01479	0,00000	0,00000
Carga	0,01262	0,08331	0,00000	0,00000
Descarga	0,00307	0,02025	0,00000	0,00000
Erosión	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640
Tránsito camino no pavimentado	0,64811	6,48114	0,64630	6,46289
Tránsito camino pavimentado	3,47291	14,35473	3,42258	14,14670
EMISIONES TOTALES FCVC [t /año]	**5,68422**	**24,53066**	**4,15872**	**21,19599**

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Resumen de Emisiones Fase de Construcción

Tabla 20. Resumen emisiones GEI – fase de construcción Año 1

ACTIVIDAD	EMISIONES GEI [t /año] Año 1			CO2e [t /año]
	CO_2	CH_4	N_2O	
Grupos Electrógenos	1436,0	0,2	0,0	1444,5
Combustión tránsito camino no pavimentado	43,6	0,0	0,0	43,8
Combustión tránsito camino pavimentado	1920,0	0,3	0,0	1931,3
Motor maquinaria	3600,3	0,5	0,0	3621,6
EMISIONES TOTALES GEI AÑO 1	**6999,8**	**0,9**	**0,1**	**7041,3**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21. Resumen emisiones GEI – fase de construcción Año 2

ACTIVIDAD	EMISIONES GEI [t /año] Año 2			CO2e [t /año]
	CO_2	CH_4	N_2O	
Grupos Electrógenos	992,6	0,1	0,0	998,4
Combustión tránsito camino no pavimentado	43,5	0,0	0,0	43,7
Combustión tránsito camino pavimentado	1919,4	0,3	0,0	1930,8
Motor maquinaria	3600,3	0,5	0,0	3621,6
EMISIONES TOTALES GEI AÑO 2	**6555,8**	**0,9**	**0,1**	**6594,7**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 22. Resumen emisiones FCVC – fase de construcción Año 1

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año] Año 1							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Grupos Electrógenos	1,52190	38,65101	2,54336	-	8,3274	3,1557	2,718	2,718
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04839	0,23248	0,00048	0,00071	0,10365	0,00448	0,002328	0,002328
Combustión tránsito camino pavimentado	2,42169	6,61545	0,06982	0,03563	2,70273	0,43767	0,041239	0,069232
Motor maquinaria	-	15,2287	0,0333	0,0088	11,4140	1,4571	1,0263	-
Excavación	-	-	-	-	-	-	1,2815	1,8187
Escarpe	-	-	-	-	-	-	0,2361	1,5738
Nivelación	-	-	-	-	-	-	0,0195	0,1840
Compactación	-	-	-	-	-	-	0,0104	0,0148
Carga	-	-	-	-	-	-	0,0126	0,0833
Descarga	-	-	-	-	-	-	0,0031	0,0203
Erosión eólica							0,0000	0,0000
Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,6481	6,4811
Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	3,4729	14,3547
EMISIONES TOTALES FCVC AÑO 1	**3,99199**	**60,7276**	**2,6470**	**0,0452**	**22,5478**	**5,0549**	**9,4718**	**27,3199**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23. Resumen emisiones FCVC – fase de construcción Año 2

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año] Año 2							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Grupos Electrógenos	1,05197	26,71624	1,75801	-	5,7560	2,1813	1,879	1,879
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04830	0,23202	0,00048	0,00071	0,10343	0,00457	0,002323	0,002324
Combustión tránsito camino pavimentado	2,42100	6,64106	0,06958	0,03562	2,71488	0,43258	0,041636	0,069482
Motor maquinaria	-	15,2287	0,0333	0,0088	11,4140	1,4571	1,0263	-

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año] Año 2							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Excavación	-	-	-	-	-	-	-	-
Escarpe	-	-	-	-	-	-	-	-
Nivelación	-	-	-	-	-	-	-	-
Compactación	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga	-	-	-	-	-	-	-	-
Descarga	-	-	-	-	-	-	-	-
Erosión eólica	-	-	-	-	-	-	0,0898	0,5864
Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,6463	6,4629
Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	3,4226	14,1467
EMISIONES TOTALES FCVC AÑO 2	**3,5212**	**48,8180**	**1,8614**	**0,0451**	**19,9884**	**4,0755**	**7,1075**	**23,1463**

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Operación

A continuación, se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero y Forzantes Climáticos de vida corta generados por la operación del Proyecto.

Se presenta los resultados de la estimación de emisiones anual.

5.2.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Operación

Tabla 24. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de operación

Fuente fija	NA	Calor generado	Calor generado	FE [kg GEI / TJ]			EMISIONES GEI [t / año]		
	Diesel [kg/año]	Kcal/año	TJ/año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
Generador	17.606,40	182.314.272	0,763	74.100	10	0,6	56,56	0,00763	0,00046
EMISIONES TOTALES DE GEI [t / año]							**56,56**	**0,00763**	**0,00046**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de emisiones GEI asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el Proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado “Cálculos Emisiones GEI y FCVC”, el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 25. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de operación

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,22	0,00003	0,00000
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]	**0,22**	**0,00003**	**0,00000**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de operación

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino pavimentado	12,14	0,00164	0,00010
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]	**12,14**	**0,00164**	**0,00010**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de operación

Maquinaria	NA (kg diesel / año)	NA (TJ diesel/año)	FE [kg GEI / TJ]			Emisiones [ton GEI / año]		
			CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
Tractor corta césped	379,5984	0,0165	74.100	10	0,6	1,22	0,0002	0,0000
Cargador frontal	783,76	0,0340	74.100	10	0,6	2,52	0,0003	0,0000
Tractor 5090EN	13045,968	0,5656	74.100	10	0,6	41,91	0,0057	0,0003
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]						**45,65**	**0,01**	**0,00**

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Operación

Tabla 28. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de operación

Combustible (Unidad FE*)	NA [kg / año]	Factor de emisión [g GEI/ kg]							Emisiones [ton GEI / año]						
		MP10	MP2,5	BC (% de MP2,5)	NO_X	SO_2	CO	COV DM	MP10	MP2,5	BC	NO_X	SO_2	CO	COV DM
GE en IF1	17606,4	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,107	0,107	0,060	1,522	0,100	0,328	0,124
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]									**0,107**	**0,107**	**0,060**	**1,522**	**0,100**	**0,328**	**0,124**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de FCVC asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado “Cálculos emisiones GEI y FCVC”, el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 29. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de operación

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00023	0,00094	0,00000	0,00000	0,00038	0,00023	0,000009	0,000009
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**0,00023**	**0,00094**	**0,00000**	**0,00000**	**0,00038**	**0,00023**	**0,000009**	**0,000009**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de operación

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino pavimentado	0,39885	1,46380	0,00314	0,00593	0,57315	0,26326	0,013200	0,013200
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**0,39885**	**1,46380**	**0,00314**	**0,00593**	**0,57315**	**0,26326**	**0,013200**	**0,013200**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de operación

Maquinaria	Cantidad	Horas	Potencia kW	Emisiones [ton GEI / año]					
				MP2,5	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM
Tractor corta césped	2	100	8,7	0,0010	0,0088	0,0000	0,0000	0,0091	0,0010
Cargador frontal	1	20	194	0,0006	0,0105	0,0000	0,0000	0,0077	0,0010
Tractor 5090EN	3	300	69	0,0181	0,1976	0,0004	0,0001	0,1798	0,0211
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]				**0,0196**	**0,2170**	**0,0004**	**0,0001**	**0,1966**	**0,0231**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo señalado en la Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta en el SEIA (SEA, 2025), las actividades asociadas a movimientos de tierra y tránsito de vehículos pueden generar emisiones fugitivas producto de la resuspensión de material particulado.

Bajo este contexto, dichas emisiones ya fueron calculadas en el Capítulo 3.1.1.5 “Estimación de Emisiones Atmosféricas” del presente EIA, por lo tanto, a continuación se presenta únicamente un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 32. Emisiones de FCVC producidas por Emisiones Fugitivas – fase de operación

Fuente Emisión - Contrucción	MP2.5	MP10
Erosión	0,08984	0,58640
Tránsito camino no pavimentado	0,00969	0,09693
Tránsito camino pavimentado	0,02156	0,08912
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**0,12109**	**0,77245**

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Resumen de Emisiones Fase de Operación

Tabla 33. Resumen emisiones GEI – fase de operación

ACTIVIDAD	EMISIONES GEI [t /año] Año 1			CO2e
	CO_2	CH_4	N_2O	[t /año]
Grupos Electrógenos	56,56	0,00763	0,00046	56,9
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,22	0,00003	0,00000	0,2
Combustión tránsito camino pavimentado	12,14	0,00164	0,00010	0,0
Motor maquinaria	45,65	0,00616	0,00037	0,0
Emisiones totales GEI	**114,57**	**0,01546**	**0,00093**	**57,1**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Resumen emisiones FCVC – fase de operación

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Grupos Electrógenos	0,05995	1,52243	0,10018	-	0,3280	0,1243	0,107	0,107
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00023	0,00094	0,00000	0,00000	0,00038	0,00023	0,000009	0,000009
Combustión tránsito camino pavimentado	0,39885	1,46380	0,00314	0,00593	0,57315	0,26326	0,013200	0,013200
Motor maquinaria	-	0,2170	0,0004	0,0001	0,1966	0,0231	0,0196	-
Erosión	-	-	-	-	-	-	0,0898	0,5864
Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,0097	0,0969
Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,0216	0,0891
Emisiones totales FCVC	**0,45903**	**3,2041**	**0,1037**	**0,0060**	**1,0981**	**0,4109**	**0,2610**	**0,8927**

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Cálculo de Emisiones de Contaminantes Climáticos para la Fase de Cierre

A continuación, se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero y Forzantes Climáticos de vida corta generados por el cierre del Proyecto.

Se presenta los resultados de la estimación de emisiones anual para una duración de 12 meses de esta fase.

5.3.1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) - Fase de Cierre

Tabla 35. Emisiones de GEI por operación de grupos electrógenos – fase de cierre

Fuente fija	NA	Calor generado	Calor generado	FE [kg GEI / TJ]			EMISIONES GEI [t / año]		
	Diesel [kg/año]	Kcal/año	TJ/año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
GE en IF1	12.287,52	127.237.270	0,533	74.100	10	0,6	39,47	0,00533	0,00032
GE en IF2	76.970,88	797.033.462	3,337	74.100	10	0,6	247,27	0,03337	0,00200
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]							**286,75**	**0,03870**	**0,00232**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de emisiones GEI asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado “Cálculos emisiones GEI y FCVC”, el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 36. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de cierre

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino no pavimentado	2,84	0,00038	0,00002
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]	**2,84**	**0,00038**	**0,00002**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Emisiones de GEI por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de cierre

Actividad	EMISIONES GEI [t /año]		
	CO_2	CH_4	N_2O
Combustión tránsito camino pavimentado	725,76	0,09794	0,00588
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]	**725,76**	**0,09794**	**0,00588**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Emisiones de GEI por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de cierre

Maquinaria	NA [kg diesel / año]	NA [TJ diesel/año]	FE [kg GEI / TJ]			Emisiones [ton GEI / año]		
			CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
Motoniveladora	11744,28	0,5092	74.100	10	0,6	37,73	0,0051	0,0003
Retroexcavadora	35797,632	1,5520	74.100	10	0,6	115,00	0,0155	0,0009
Bulldozer	19513,2	0,8460	74.100	10	0,6	62,69	0,0085	0,0005
Rodillo Compactador	12362,4	0,5360	74.100	10	0,6	39,71	0,0054	0,0003
Cargador frontal	75240,96	3,2620	74.100	10	0,6	241,72	0,0326	0,0020
Camión grúa	61317,504	2,6584	74.100	10	0,6	196,99	0,0266	0,0016
Grúa montaje (750 ton)	612060	26,5354	74.100	10	0,6	1966,28	0,2654	0,0159
Grúa montaje (400 ton)	509040	22,0691	74.100	10	0,6	1635,32	0,2207	0,0132
Grúa montaje (150 ton)	315120	13,6618	74.100	10	0,6	1012,34	0,1366	0,0082
Retroexcavadora	40272,336	1,7460	74.100	10	0,6	129,38	0,0175	0,0010
Excavadora hidráulica	80850,096	3,5052	74.100	10	0,6	259,74	0,0351	0,0021
Cargador frontal	47025,6	2,0388	74.100	10	0,6	151,07	0,0204	0,0012
Motoniveladora	31318,08	1,3578	74.100	10	0,6	100,61	0,0136	0,0008
Rodillo Compactador	55630,8	2,4118	74.100	10	0,6	178,72	0,0241	0,0014
Manipulador (manitou)	115382,4	5,0023	74.100	10	0,6	370,67	0,0500	0,0030
Grúa Horquilla	69229,44	3,0014	74.100	10	0,6	222,40	0,0300	0,0018
Camión grúa	75144	3,2578	74.100	10	0,6	241,40	0,0326	0,0020
Manipulador (manitou)	115382,4	5,0023	74.100	10	0,6	370,67	0,0500	0,0030
Grúa Horquilla	11932,544	0,5173	74.100	10	0,6	38,33	0,0052	0,0003
Camión grúa	75144	3,2578	74.100	10	0,6	241,40	0,0326	0,0020
Camión grúa	100192	4,3438	74.100	10	0,6	321,87	0,0434	0,0026
Grúa Horquilla	49449,6	2,1439	74.100	10	0,6	158,86	0,0214	0,0013
Retroexcavadora	11932,544	0,5173	74.100	10	0,6	38,33	0,0052	0,0003
Camión grúa telescópica	26260	1,1385	74.100	10	0,6	84,36	0,0114	0,0007
Camión grúa	37572	1,6289	74.100	10	0,6	120,70	0,0163	0,0010
Retroexcavadora	11932,544	0,5173	74.100	10	0,6	38,33	0,0052	0,0003
Camión grúa	50096	2,1719	74.100	10	0,6	160,94	0,0217	0,0013
Grúa horquilla	18543,6	0,8039	74.100	10	0,6	59,57	0,0080	0,0005

Maquinaria	NA [kg diesel / año]	NA [TJ diesel/año]	FE [kg GEI / TJ]			Emisiones [ton GEI / año]		
			CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
Retroexcavadora	17898,816	0,7760	74.100	10	0,6	57,50	0,0078	0,0005
Retroexcavadora	71595,264	3,1040	74.100	10	0,6	230,00	0,0310	0,0019
Rodillo Compactador	55630,8	2,4118	74.100	10	0,6	178,72	0,0241	0,0014
Cargador frontal	140349,6	6,0848	74.100	10	0,6	450,88	0,0608	0,0037
EMISIONES TOTALES DE GEI [t /año]						**9512,25**	**1,28370**	**0,07702**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) - Fase de Cierre

Tabla 39. Emisiones de FCVC por operación de grupos electrógenos – fase de cierre

Combustible (Unidad FE*)	NA [kg / año]	Factor de emisión [g GEI/ kg]							Emisiones [ton GEI / año]						
		MP10	MP2,5	BC (% de MP2,5)	NO_X	SO_2	CO	COV DM	MP10	MP2,5	BC	NO_X	SO_2	CO	COV DM
GE en IF1	12287,52	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,075	0,075	0,042	1,063	0,070	0,229	0,087
GE en IF2	76970,88	6,08	6,08	56%	86,47	5,69	18,63	7,06	0,468	0,468	0,262	6,656	0,438	1,434	0,543
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]									**0,543**	**0,543**	**0,304**	**7,718**	**0,508**	**1,663**	**0,630**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados finales de la estimación de FCVC asociadas a la combustión de los tránsitos considerados para el proyecto.

Dada la extensión en la cantidad de tránsitos analizados, se decidió presentar el detalle de los cálculos realizados para cada tránsito en el Anexo 2, denominado "Cálculos Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta", el cual contiene las tablas con el resultado de los cálculos. Adicionalmente, el Anexo 1 corresponde a la planilla de cálculo en formato Excel utilizada para la estimación de dichas emisiones.

Tabla 40. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos no pavimentados – fase de cierre

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00265	0,01153	0,00002	0,00004	0,00455	0,00293	0,000105	0,000105
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**0,00265**	**0,01153**	**0,00002**	**0,00004**	**0,00455**	**0,00293**	**0,000105**	**0,000105**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Emisiones de FCVC por combustión de vehículos en caminos pavimentados – fase de cierre

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Combustión tránsito camino pavimentado	0,54926	2,52275	0,00650	0,00840	0,85804	0,19667	0,021605	0,022142
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**0,54926**	**2,52275**	**0,00650**	**0,00840**	**0,85804**	**0,19667**	**0,021605**	**0,022142**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Emisiones de FCVC por operación de maquinaria fuera de ruta – fase de cierre

Maquinaria	Cantidad	Horas	Potencia kW	Emisiones [ton GEI / año]					
				MP2,5	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM
Motoniveladora	1	600	95	0,0166	0,1543	0,0004	0,0001	0,1126	0,0146
Retroexcavadora	2	1200	71	0,0496	0,5423	0,0011	0,0003	0,4935	0,0580
Bulldozer	1	600	161	0,0140	0,2614	0,0006	0,0002	0,1907	0,0247
Rodillo Compactador	1	600	100	0,0174	0,1622	0,0004	0,0001	0,1161	0,0153
Cargador frontal	2	960	194	0,0542	1,0081	0,0022	0,0006	0,7355	0,0951
Camión grúa	2	960	155	0,0865	0,8045	0,0018	0,0005	0,5759	0,0757
Grúa montaje (750 ton)	2	3000	505	0,4406	8,2006	0,0182	0,0048	5,9831	0,7739
Grúa montaje (400 ton)	2	3000	420	0,3664	6,8203	0,0151	0,0040	4,9760	0,6436
Grúa montaje (150 ton)	2	3000	260	0,2268	4,2221	0,0094	0,0025	3,0804	0,3984
Retroexcavadora	3	900	71	0,0558	0,6101	0,0012	0,0003	0,5552	0,0653
Excavadora hidráulica	3	1200	109	0,1141	1,0620	0,0024	0,0006	0,7748	0,1002
Cargador frontal	2	600	194	0,0339	0,6301	0,0014	0,0004	0,4597	0,0595
Motoniveladora	2	800	95	0,0442	0,4109	0,0009	0,0002	0,2941	0,0387
Rodillo Compactador	3	900	100	0,0785	0,7307	0,0017	0,0004	0,5331	0,0690
Manipulador (manitou)	5	1000	112	0,1629	1,5156	0,0034	0,0009	1,1058	0,1430
Grúa Horquilla	4	1120	75	0,0977	0,9094	0,0021	0,0005	0,6635	0,0858
Camión grúa	4	600	155	0,0541	1,0068	0,0022	0,0006	0,7346	0,0950
Manipulador (manitou)	5	1000	112	0,1629	1,5139	0,0034	0,0009	1,0836	0,1425
Grúa Horquilla	2	400	71	0,0165	0,1808	0,0004	0,0001	0,1645	0,0193
Camión grúa	4	600	155	0,0541	1,0068	0,0022	0,0006	0,7346	0,0950
Camión grúa	4	800	155	0,0721	1,3424	0,0030	0,0008	0,9794	0,1267
Grúa Horquilla	4	800	75	0,0698	0,6496	0,0015	0,0004	0,4739	0,0613
Retroexcavadora	2	400	71	0,0165	0,1808	0,0004	0,0001	0,1645	0,0193
Camión grúa telescópica	1	500	260	0,0189	0,3518	0,0008	0,0002	0,2567	0,0332
Camión grúa	2	600	155	0,0270	0,5034	0,0011	0,0003	0,3673	0,0475
Retroexcavadora	2	400	71	0,0165	0,1808	0,0004	0,0001	0,1645	0,0193

Maquinaria	Cantidad	Horas	Potencia kW	Emisiones [ton GEI / año]					
				MP2,5	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM
Camión grúa	2	800	155	0,0361	0,6712	0,0015	0,0004	0,4897	0,0633
Grúa horquilla	2	600	75	0,0262	0,2436	0,0006	0,0001	0,1777	0,0230
Retroexcavadora	2	600	71	0,0248	0,2712	0,0005	0,0001	0,2467	0,0290
Retroexcavadora	4	1200	71	0,0991	1,0846	0,0021	0,0005	0,9870	0,1161
Rodillo Compactador	3	900	100	0,0785	0,7307	0,0017	0,0004	0,5331	0,0690
Cargador frontal	3	1200	193	0,1010	1,8783	0,0042	0,0011	1,3444	0,1768
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]				**2,7334**	**39,8413**	**0,0881**	**0,0233**	**29,5523**	**3,7971**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo señalado en la Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta en el SEIA (SEA, 2025), las actividades asociadas a movimientos de tierra y tránsito de vehículos pueden generar emisiones fugitivas producto de la resuspensión de material particulado.

Bajo este contexto, dichas emisiones ya fueron calculadas en el Capítulo 3.1.1.5 “Estimación de Emisiones Atmosféricas” del presente EIA, por lo tanto, a continuación, se presenta únicamente un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 43. Emisiones de FCVC producidas por emisiones fugitivas – fase de cierre

Fuente Emisión - Contrucción	MP2.5	MP10
Nivelación	0,00943	0,08907
Compactación	0,00505	0,00717
Erosión	0,08984	0,58640
Tránsito camino no pavimentado	0,03204	0,32061
Tránsito camino pavimentado	1,28926	5,32893
EMISIONES TOTALES DE FCVC [t /año]	**1,42561**	**6,33217**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Resumen de Emisiones Fase de Cierre

Tabla 44. Resumen emisiones GEI – fase de cierre

ACTIVIDAD	EMISIONES GEI [t /año]			CO2e
	CO_2	CH_4	N_2O	[t /año]
Grupos Electrógenos	286,75	0,03870	0,00232	288,4
Combustión tránsito camino no pavimentado	2,84	0,00038	0,00002	2,9
Combustión tránsito camino pavimentado	725,76	0,09794	0,00588	730,1
Motor maquinaria	9512,25	1,28370	0,07702	9568,6
Emisiones totales GEI	**10527,60**	**1,42073**	**0,08524**	**10590,0**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Resumen emisiones FCVC – fase de operación

ACTIVIDAD	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
	BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Grupos Electrógenos	0,30391	7,71817	0,50788	-	1,6629	0,6302	0,543	0,543
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00265	0,01153	0,00002	0,00004	0,00455	0,00293	0,000105	0,000105
Combustión tránsito camino pavimentado	0,54926	2,52275	0,00650	0,00840	0,85804	0,19667	0,021605	0,022142
Motor maquinaria	-	39,8413	0,0881	0,0233	29,5523	3,7971	2,7334	-
Nivelación	-	-	-	-	-	-	0,0094	0,0891
Compactación	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0072
Erosión	-	-	-	-	-	-	0,0320	0,3206
Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,0320	0,3206
Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	1,2893	5,3289
Emisiones totales FCVC	**0,85582**	**50,0937**	**0,6025**	**0,0317**	**32,0778**	**4,6268**	**4,6656**	**6,6313**

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Resumen de Emisiones de Contaminantes Climáticos del Proyecto por Fases

A continuación, se presenta un resumen de las emisiones de contaminantes climáticos generadas por el Proyecto, expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e). El análisis contempla las emisiones anuales totales proyectadas y su desglose por etapa del Proyecto: construcción, operación y cierre. Esta información permite identificar los periodos y actividades con mayor impacto climático, facilitando así la evaluación de medidas de mitigación y la comparación con los niveles regionales de referencia.

Tabla 46. Resumen de emisiones de GEI del Proyecto por fases

Fase	Actividad	EMISIONES GEI [t /año]			
		CO2	CH4	N2O	CO2e [t /año]
Construcción Año 1	Grupos Electrógenos	1435,97	0,1938	0,0116	1444,48
	Combustión tránsito camino no pavimentado	43,57	0,0059	0,0004	43,83
	Combustión tránsito camino pavimentado	1919,96	0,2591	0,0155	1931,34
	Motor maquinaria	3600,31	0,4859	0,0292	3621,64
Total		**6999,82**	**0,9446**	**0,0567**	**7041,29**
Construcción Año 2	Grupos Electrógenos	992,57	0,1339	0,0080	998,45
	Combustión tránsito camino no pavimentado	43,49	0,0059	0,0004	43,75
	Combustión tránsito camino pavimentado	1919,44	0,2590	0,0155	1930,82
	Motor maquinaria	3600,31	0,4859	0,0292	3621,64
Total		**6555,81**	**0,8847**	**0,0531**	**6594,65**
Operación	Grupos Electrógenos	56,6	0,0076	0,0005	56,9
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,2	0,0000	0,0000	0,2
	Combustión tránsito camino pavimentado	12,1	0,0016	0,0001	0,0
	Motor maquinaria	45,6	0,0062	0,0004	0,0
Total		**6670,38**	**0,9002**	**0,0540**	**6651,77**
Cierre	Grupos Electrógenos	286,75	0,0387	0,0023	288,45
	Combustión tránsito camino no pavimentado	2,84	0,0004	0,0000	2,85
	Combustión tránsito camino pavimentado	725,76	0,0979	0,0059	730,06
	Motor maquinaria	9512,25	1,2837	0,0770	9568,60
Total		**17197,98**	**2,3209**	**0,1393**	**17241,74**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Resumen de emisiones FCVC del Proyecto por fases

Fase	Actividad	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
		BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
Construcción Año 1	Grupos Electrógenos	1,52190	38,65101	2,54336	-	8,32738	3,15573	2,71768	2,71768
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04839	0,23248	0,00048	0,00071	0,10365	0,00448	0,00233	0,00233
	Combustión tránsito camino pavimentado	2,42169	6,61545	0,06982	0,03563	2,70273	0,43767	0,04124	0,06923
	Motor maquinaria	-	15,22868	0,03332	0,00881	11,41404	1,45705	1,02631	-
	Excavación	-	-	-	-	-	-	1,28154	1,81871
	Escarpe	-	-	-	-	-	-	0,23606	1,57375
	Nivelación	-	-	-	-	-	-	0,01949	0,18398
	Compactación	-	-	-	-	-	-	0,01042	0,01479
	Carga	-	-	-	-	-	-	0,01262	0,08331
	Descarga	-	-	-	-	-	-	0,00307	0,02025
	Erosión	-	-	-	-	-	-	0,00000	0,00000
	Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,64811	6,48114
	Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	3,47291	14,35473
Total		**3,99199**	**60,72762**	**2,64699**	**0,04515**	**22,54780**	**5,05494**	**9,47178**	**27,31990**
Construcción Año 2	Grupos Electrógenos	1,05197	26,71624	1,75801	-	5,75603	2,18130	1,87851	1,87851
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,04830	0,23202	0,00048	0,00071	0,10343	0,00457	0,00232	0,00232
	Combustión tránsito camino pavimentado	2,42100	6,64106	0,06958	0,03562	2,71488	0,43258	0,04164	0,06948
	Motor maquinaria	-	15,22868	0,03332	0,00881	11,41404	1,45705	1,02631	-
	Excavación	-	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpe	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nivelación	-	-	-	-	-	-	-	-
	Compactación	-	-	-	-	-	-	-	-
	Carga	-	-	-	-	-	-	-	-
	Descarga	-	-	-	-	-	-	-	-
	Erosión	-	-	-	-	-	-	0,08984	0,58640
	Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,64630	6,46289
	Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	3,42258	14,14670
Total		**3,52126**	**48,81799**	**1,86140**	**0,04514**	**19,98838**	**4,07550**	**7,10750**	**23,14630**
Operación	Grupos Electrógenos	0,05995	1,52243	0,10018	-	0,32801	0,12430	0,10705	0,10705
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00023	0,00094	0,00000	0,00000	0,00038	0,00023	0,00001	0,00001
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,39885	1,46380	0,00314	0,00593	0,57315	0,26326	0,01320	0,01320

Fase	Actividad	EMISIONES FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA [t / año]							
		BC	NO_X	SO_2	NH_3	CO	COVDM	MP2,5	MP10
	Motor maquinaria	-	0,21698	0,00042	0,00011	0,19658	0,02315	0,01964	-
	Erosión	-	-	-	-	-	-	0,08984	0,58640
	Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,00969	0,09693
	Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,02156	0,08912
Total		**0,45903**	**3,20415**	**0,10374**	**0,00604**	**1,09812**	**0,41094**	**0,26098**	**0,89270**
Cierre	Grupos Electrógenos	0,30391	7,71817	0,50788	-	1,66288	0,63016	0,54269	0,54269
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00265	0,01153	0,00002	0,00004	0,00455	0,00293	0,00010	0,00011
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,54926	2,52275	0,00650	0,00840	0,85804	0,19667	0,02161	0,02214
	Motor maquinaria	-	39,84129	0,08808	0,02329	29,55231	3,79705	2,73342	-
	Nivelación	-	-	-	-	-	-	0,00943	0,08907
	Compactación	-	-	-	-	-	-	0,00505	0,00717
	Erosión	-	-	-	-	-	-	0,03204	0,32061
	Tránsito camino no pavimentado	-	-	-	-	-	-	0,03204	0,32061
	Tránsito camino pavimentado	-	-	-	-	-	-	1,28926	5,32893
Total		**0,85582**	**50,09374**	**0,60248**	**0,03173**	**32,07779**	**4,62681**	**4,66563**	**6,63131**

Fuente: Elaboración propia.

6 CONCLUSIONES

El Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)" tendrá asociada la generación de contaminantes climáticos generados de las distintas actividades del proyecto, provenientes de la combustión de combustible fósil, específicamente CO_2, CH_4, N_2O y Carbono Negro (BC), cuyas tasas de emisión se estiman en el presente informe.

Considerando los resultados de estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Forzantes Climáticos de Vida Corta (FCVC) asociados a las distintas fases del proyecto, se concluye lo siguiente:

- Durante el primer año de construcción, las mayores emisiones de GEI provienen de la actividad Maquinaria fuera de ruta, alcanzando 3.600,31 t CO_2/año, 0,4859 t CH_4/año y 0,0292 t N_2O/año, lo que equivale a 3.621,64 t CO_2e/año, representando 51,43 % del total de emisiones para el primer año de construcción.

  En cuanto a los forzantes climáticos de vida corta (FCVC), las mayores emisiones corresponden a NOx, generadas principalmente por la actividad de los Grupos electrógenos, alcanzando 38,65101 t/año, dentro de un total de 60,72762 t/año estimado para este contaminante durante esta etapa.

- Para el segundo año de la fase de construcción, las mayores emisiones de GEI también provienen de la actividad Maquinaria fuera de ruta, alcanzando 56,6 t CO_2/año, 0,0076 t CH_4/año y 0,0005 t N_2O/año, equivalentes a 56,9 t CO_2e/año, representando 99,6% del total de emisiones de esta fase.

  Respecto a los FCVC, nuevamente las mayores emisiones corresponden a NOx, asociadas principalmente a la actividad Grupos electrógenos, alcanzando 3.600,31 t CO_2/año, 0,4859 t CH_4/año y 0,0292 t N_2O/año, lo que equivale a 3.621,64 t CO_2e/año, representando 51,43 % del total de emisiones para el primer año de construcción.

- Durante la fase de operación, las emisiones de GEI disminuyen considerablemente en comparación con la etapa de construcción. En esta fase, la mayor contribución corresponde a la actividad Grupos electrógenos, alcanzando 56,6 t CO_2/año, con emisiones totales equivalentes a 56,9 t CO_2e/año.

  En cuanto a los FCVC, las mayores emisiones corresponden a NOx, generadas principalmente por la actividad Grupos electrógenos, alcanzando 1,52243 t/año, dentro de un total estimado de 3,20415 t/año para este contaminante durante la fase de operación.

- Finalmente, para la fase de cierre del proyecto, las mayores emisiones de GEI provienen de la actividad Maquinaria fuera de ruta, alcanzando 9.512,25 t CO_2/año, 1,2837 t CH_4/año y 0,0770 t N_2O/año, lo que equivale a 9.568,60 t CO_2e/año, representando 89,87 % del total de emisiones del proyecto.

  En cuanto a los FCVC, las mayores emisiones corresponden nuevamente a NOx, asociadas principalmente a la actividad de la Maquinaria fuera de ruta, alcanzando 39,84129 t/año, dentro de un total de 50,09374 t/año estimado para este contaminante durante la fase de cierre.

Cabe señalar que no es posible efectuar análisis mayor, debido a que a la fecha no existe una norma que establezca la cantidad máxima de un gas de efecto invernadero y/o un forzante climático de vida corta. Esto dependerá del Ministerio del Medio Ambiente, según se establece en el Artículo 14° de la Ley N° 21.455, 2022, MMA "Ley Marco de Cambio Climático".

7 REFERENCIAS

- DEFRA, 2024. Conversion factors 2024: condensed set (for most users) .
- EMEP/EEA. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. 2023.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Greenhouse gas emissions from a typical passenger vehicle. https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle.
- Ley N° 21.455, 2022, MMA “Ley Marco de Cambio Climático”.
- Guía metodológica para la estimación y reporte de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta en el SEIA – 1era Edición. SEA 2025. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2025/12/22/Guia-Met-Gases-2025.pdf
- Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana SEA 2020. https://airerm.mma.gob.cl/guia-para-la-estimacion-de-emisiones-atmosfericas-en-la-rm/
- 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.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 2022. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC).