DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

INCORPORACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ALFA SOLAR-SE KIMAL 2X220 KV

INVENTARIO DE EMISIONES

Noviembre 2026

Sebastián Delgado **Diego Chifelle**	**Paulina Brugerolles**	**Fernando Valdés**
ELABORADO POR	**REVISADO POR**	**APROBADO POR**
Especialistas en Clima y Meteorología/Calidad del Aire	**Jefe de Proyectos**	**Gerente Área de Negocios Ambientales**
Applus		

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.2 INVENTARIO DE EMISIONES 11
1.2.1 INTRODUCCIÓN 11
1.2.2 OBJETIVOS 12
1.2.2.1 Objetivo General 12
1.2.2.2 Objetivos Específicos 12
1.2.3 METODOLOGIA 13
1.2.3.1 Inventario e Emisiones 13
1.2.3.2 Resultados 14
1.2.3.3 Estimación de Inventario de Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta Fase Construcción 23
1.2.3.3.1 Supuestos 23
1.2.3.3.2 Nivelación 24
1.2.3.3.3 Escarpe 26
1.2.3.3.4 Excavación 28
1.2.3.3.5 Carga y Descarga de Material 33
1.2.3.3.6 Tránsito en Caminos No Pavimentados 41
1.2.3.3.7 Tránsito en Caminos Pavimentados 46
1.2.3.3.8 Motor de Maquinaria 51
1.2.3.3.9 Motor de Vehículos 57
1.2.3.3.10 Grupo Electrógeno 73
1.2.3.3.11 Compactación 75
1.2.3.3.12 Erosión Eólica 76
1.2.3.3.13 Porcentajes de Abatimiento 78
1.2.3.3.14 Resumen de Emisiones 78
1.2.3.4 Estimación de Inventario de Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta Fase de Operación 80
1.2.3.4.1 Supuestos 80
1.2.3.4.2 Grupo Electrógeno 81
1.2.3.4.3 Motor de Maquinaria 82
1.2.3.4.4 Tránsito Vehicular en Caminos Pavimentados 83
1.2.3.4.5 Tránsito Vehicular en Caminos No Pavimentados 84
1.2.3.4.6 Motor de Vehículos 85
1.2.3.4.7 Resumen de Emisiones 86
1.2.3.5 Estimación de Inventario de Emisiones DE FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA Fase de Cierre 87
1.2.3.5.1 Estimación de Inventario de Emisiones 88
1.2.3.5.1.1 Escarpe 88
1.2.3.5.1.2 Excavación 90
1.2.3.5.1.3 Nivelación 93

1.2.3.5.1.4 Compactación 94
1.2.3.5.1.5 Carga y Descarga de Material 95
1.2.3.5.1.6 Motor de Maquinaria 99
1.2.3.5.1.7 Tránsito Vehicular en Caminos Pavimentados 102
1.2.3.5.1.8 Tránsito Vehicular en Caminos No Pavimentados 103
1.2.3.5.1.9 Motor de Vehículos 105
1.2.3.5.2 Resumen de Emisiones 110
1.2.4 RESUMEN DE EMISIONES DE LAS TRES FASES 111
1.2.5 RESUMEN DEL INVENTARIO DE EMISIONES 112
1.2.6 EMISION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 113
1.2.6.1 Fase de Construcción 113
1.2.6.1.1 Metodología 113
1.2.6.1.2 Grupo Electrógeno 114
1.2.6.1.3 Motor de Maquinaria 114
1.2.6.1.4 Motor de Vehículos 117
1.2.6.1.5 Resumen de Emisiones de GEI 122
1.2.6.2 Fase de Operación 122
1.2.6.2.1 Grupo Electrógeno 122
1.2.6.2.2 Motor de Maquinaria 123
1.2.6.2.3 Motor de Vehículos 123
1.2.6.2.4 Resumen de Emisiones de GEI 124
1.2.6.3 Fase de Cierre 125
1.2.6.3.1 Motor de Maquinaria 125
1.2.6.3.2 Motor de Vehículos 127
1.2.6.3.3 Resumen de Emisiones de GEI 130
1.2.7 RESUMEN DE EMISIONES DE GEI DE LAS TRES FASES 130
1.2.8 COMPARACIÓN INVENTARIO DE EMISIONES VS RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL 131
1.2.8.1 Fase de Construcción 131
1.2.8.2 Fase de Operación 132
1.2.8.3 Fase de Cierre 132
1.2.8.4 Conclusión 133
1.2.9 BIBLIOGRAFÍA 136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto 15
Figura 2. Zonas donde se realizan las actividades emisoras 16
Figura 3. Ruta pavimentada 1: Ruta 5 Norte – Ruta 24 (Antofagasta / María Elena – Obra) 17
Figura 4. Ruta pavimentada 2: Ruta 24 (Calama – Obra) 18
Figura 5. Camino Externo no pavimentado Empalme Obra-Ruta 24 19
Figura 6. Camino Interno no pavimentado en IIFF utilizados para el tránsito de vehículos 20
Figura 7. Camino Interno no pavimentado IIFF a Botadero Norte 21
Figura 8 Camino Interno no pavimentado IIFF a Línea Transmisión 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes de emisión por fase del Proyecto 14
Tabla 2 Fórmulas de factores de emisión para la actividad de nivelación 24
Tabla 3 Factores de emisión de nivelación por obra/actividad [kg/km] 25
Tabla 4 Nivel de actividad de nivelación por obra/actividad [km/año] 25
Tabla 5 Emisiones por nivelación, Año 1 [t/año] 25
Tabla 6 Emisiones por nivelación, Año 2 [t/año] 25
Tabla 7 Fórmula de factores de emisión de escarpe 26
Tabla 8 Factores de emisión de escarpe 26
Tabla 9 Nivel de actividad de escarpe por obra/actividad, Año 1 [km/año] 26
Tabla 10 Nivel de actividad de escarpe por obra/actividad, Año 2 [km/año] 27
Tabla 11 Emisiones por escarpe, Año 1 [t/año] 27
Tabla 12 Emisiones por escarpe, Año 2 [t/año] 28
Tabla 13 Fórmula de factores de emisión de excavación 28
Tabla 14 Factores de emisión de excavación [kg/h] 29
Tabla 15 Nivel de actividad de excavación, Año 1 [h/año] 30
Tabla 16 Nivel de actividad de excavación, Año 2 [h/año] 30
Tabla 17 Emisiones por excavación, Año 1 [t/año] 31

Tabla 18 Emisiones por excavación, Año 2 [t/año] 32

Tabla 19 Fórmula de factores de emisión de carga y descarga de material 33

Tabla 20 Factores de emisión de carga y descarga de material [kg/t] 34

Tabla 21 Nivel de actividad de carga y descarga de material, Año 1 [t/año] 36

Tabla 22 Nivel de actividad de carga y descarga de material, Año 2 [t/año] 37

Tabla 23 Emisiones por carga y descarga de material, Año 1 [t/año] 38

Tabla 24 Emisiones por carga y descarga de material, Año 2 [t/año] 39

Tabla 25 Fórmula de factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados ... 41

Tabla 26 Características de los caminos - tránsito en caminos no pavimentados 42

Tabla 27 Características de los vehículos - tránsito en caminos no pavimentados 42

Tabla 28 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/km] 43

Tabla 29 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [veh-km/año] 44

Tabla 30 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [veh-km/año] 44

Tabla 31 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [t/año] 45

Tabla 32 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [t/año] 45

Tabla 33 Fórmula de factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados 46

Tabla 34 Características de los caminos - tránsito en caminos pavimentados 47

Tabla 35 Características de los vehículos - tránsito en caminos pavimentados 47

Tabla 36 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/km] 48

Tabla 37 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [veh-km/año] 49

Tabla 38 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [veh-km/año] 49

Tabla 39 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [t/año] 49

Tabla 40 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [t/año] 50

Tabla 41 Fórmula de factores de emisión de motor de maquinaria 51

Tabla 42 Parámetros de maquinaria 51

Tabla 43 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h] 52

Tabla 44 Nivel de actividad de motor de maquinaria, Año 1 [h/año] 54

Tabla 45 Nivel de actividad de motor de maquinaria, Año 2 [h/año] 54
Tabla 46 Emisiones por motor de maquinaria, Año 1 [t/año] 55
Tabla 47 Emisiones por motor de maquinaria, Año 2 [t/año] 56
Tabla 48 Fórmula de factores de emisión de motor de vehículos 57
Tabla 49 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km] 58
Tabla 50 Nivel de actividad de motor de vehículos, Año 1 [veh-km/año] 62
Tabla 51 Nivel de actividad de motor de vehículos, Año 2 [veh-km/año] 64
Tabla 52 Emisiones por motor de vehículos, Año 1 [t/año] 65
Tabla 53 Emisiones por motor de vehículos, Año 2 [t/año] 69
Tabla 54 Fórmula de factores de emisión de grupo electrógeno 73
Tabla 55 Factores de emisión de grupo electrógeno [kg/kg comb.] 73
Tabla 56 Nivel de actividad de grupo electrógeno, Año 1 [kg comb./año] 74
Tabla 57 Nivel de actividad de grupo electrógeno, Año 2 [kg comb./año] 74
Tabla 58 Emisiones por grupo electrógeno, Año 1 [t/año] 74
Tabla 59 Emisiones por grupo electrógeno, Año 2 [t/año] 74
Tabla 60 Fórmula de factores de emisión de compactación 75
Tabla 61 Factores de emisión de compactación [kg/h] 75
Tabla 62 Nivel de actividad de compactación, Año 1 [h/año] 75
Tabla 63 Nivel de actividad de compactación, Año 2 [h/año] 76
Tabla 64 Emisiones por compactación, Año 1 [t/año] 76
Tabla 65 Emisiones por compactación, Año 2 [t/año] 76
Tabla 66 Fórmula de factores de emisión de erosión eólica 77
Tabla 67 Factores de emisión de erosión eólica [kg/ha-día] 77
Tabla 68 Nivel de actividad de erosión eólica, Año 1 [ha-día/año] 77
Tabla 69 Nivel de actividad de erosión eólica, Año 2 [ha-día/año] 77
Tabla 70 Emisiones por erosión eólica, Año 1 [t/año] 77
Tabla 71 Emisiones por erosión eólica, Año 2 [t/año] 78
Tabla 72 Porcentajes de abatimiento 78
Tabla 73 Emisiones totales por fuente, Año 1 [t/año] 78
Tabla 74 Emisiones totales por fuente, Año 2 [t/año] 79

Tabla 75 Emisiones totales por fuente, fase de construcción [t/fase] 80

Tabla 76 Factores de emisión de grupo electrógeno [kg/kg comb.] 82

Tabla 77 Nivel de actividad de grupo electrógeno, año tipo de operación [kg comb./año] 82

Tabla 78 Emisiones por grupo electrógeno, año tipo de operación [t/año] 82

Tabla 79 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h] 83

Tabla 80 Nivel de actividad de motor de maquinaria, año tipo de operación [h/año] . 83

Tabla 81 Emisiones por motor de maquinaria, año tipo de operación [t/año] 83

Tabla 82 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/km] 84

Tabla 83 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, año tipo de operación [veh-km/año] 84

Tabla 84 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, año tipo de operación [t/año] 84

Tabla 85 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/km] 84

Tabla 86 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, año tipo de operación [veh-km/año] 85

Tabla 87 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, año tipo de operación [t/año] 85

Tabla 88 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km] 85

Tabla 89 Nivel de actividad de motor de vehículos, año tipo de operación [veh-km/año] 85

Tabla 90 Emisiones por motor de vehículos, año tipo de operación [t/año] 86

Tabla 91 Emisiones totales por fuente, año tipo de operación [t/año] 86

Tabla 92 Emisiones totales por fuente, fase de operación [t/fase] 86

Tabla 93 Factores de emisión de escarpe [kg/km] 89

Tabla 94 Nivel de actividad de escarpe [km/año] 89

Tabla 95 Emisiones por escarpe, Año 1 [t/año] 90

Tabla 96 Emisiones por escarpe, Año 2 [t/año] 90

Tabla 97 Factores de emisión de excavación [kg/h] 91

Tabla 98 Nivel de actividad de excavación [h/año] 91

Tabla 99 Emisiones por excavación, Año 1 [t/año] 92

Tabla 100 Emisiones por excavación, Año 2 [t/año] 92

Tabla 101 Factores de emisión de nivelación [kg/km] 93
Tabla 102 Nivel de actividad de nivelación [km/año] 93
Tabla 103 Emisiones por nivelación, Año 1 [t/año] 94
Tabla 104 Emisiones por nivelación, Año 2 [t/año] 94
Tabla 105 Factores de emisión de compactación [kg/h] 94
Tabla 106 Nivel de actividad de compactación [h/año] 94
Tabla 107 : Emisiones por compactación, Año 1 [t/año] 95
Tabla 108 Emisiones por compactación, Año 2 [t/año] 95
Tabla 109 Factores de emisión de carga y descarga de material [kg/t] 95
Tabla 110 Nivel de actividad de carga y descarga de material [t/año] 96
Tabla 111 Emisiones por carga y descarga de material, Año 1 [t/año] 97
Tabla 112 Emisiones por carga y descarga de material, Año 2 [t/año] 98
Tabla 113 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h] 100
Tabla 114 Nivel de actividad de motor de maquinaria [h/año] 100
Tabla 115 Emisiones por motor de maquinaria, Año 1 [t/año] 101
Tabla 116 Emisiones por motor de maquinaria, Año 2 [t/año] 101
Tabla 117 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/veh-km] 102
Tabla 118 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados [veh-km/año] 103
Tabla 119 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [t/año] 103
Tabla 120 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [t/año] 103
Tabla 121 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/veh-km] 103
Tabla 122 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados [veh-km/año] 104
Tabla 123 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [t/año] 105
Tabla 124 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [t/año] 105
Tabla 125 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km] 105
Tabla 126 Nivel de actividad de motor de vehículos [veh-km/año] 107
Tabla 127 Emisiones por motor de vehículos, Año 1 [t/año] 108
Tabla 128 Emisiones por motor de vehículos, Año 2 [t/año] 109
Tabla 129 Emisiones totales por fuente, Año 1 [t/año] 110

Tabla 130 Emisiones totales por fuente, Año 2 [t/año] 110

Tabla 131 Emisiones totales por fuente, fase de cierre [t/fase] 111

Tabla 132 Resumen de emisiones de las fases de construcción, operación y cierre [t/fase] 111

Tabla 133 Resumen de emisiones anuales por fase del Proyecto [t/año] 112

Tabla 134 Resumen de emisiones totales por fase del Proyecto [t/fase] 112

Tabla 135 Parámetros de cálculo de emisiones de GEI 113

Tabla 136 Emisiones de GEI de grupos electrógenos, Año 1 114

Tabla 137 Consumo específico de combustible (CC) por rango de potencia 115

Tabla 138 Factor de ajuste transiente (TAF) por tecnología de motor 115

Tabla 139 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta 115

Tabla 140 Emisiones de GEI de motor de maquinaria fuera de ruta [t/año] 116

Tabla 141 Rendimiento de combustible por categoría vehicular 117

Tabla 142 Niveles de actividad y consumo de combustible de vehículos 117

Tabla 143 Emisiones de GEI de motor de vehículos [t/año] 120

Tabla 144 Resumen de emisiones de GEI, fase de construcción 122

Tabla 145 Emisiones de GEI de grupos electrógenos, fase de operación [t/año] 123

Tabla 146 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta, fase de operación 123

Tabla 147 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de operación [t/año] 123

Tabla 148 Niveles de actividad y consumo de combustible de vehículos, fase de operación 124

Tabla 149 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de operación [t/año] 124

Tabla 150 Resumen de emisiones de GEI, fase de operación 124

Tabla 151 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta, fase de cierre 125

Tabla 152 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de cierre, Año 1 [t/año] .. 126

Tabla 153 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de cierre, Año 2 [t/año] .. 126

Tabla 154 Niveles de actividad de vehículos, fase de cierre 127

Tabla 155 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de cierre, Año 1 [t/año] 128

Tabla 156 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de cierre, Año 2 [t/año] 129

Tabla 157 Resumen de emisiones de GEI, fase de cierre 130

Tabla 158 Resumen de emisiones de GEI de las fases de construcción, operación y cierre [t/fase] 130

Tabla 159 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, año de máxima emisión de la fase de construcción [t/año] 131

Tabla 160 Resultados del modelo para el aporte del proyecto en la fase de construcción, según el Anexo 5 [µg/m³] 131

Tabla 161 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, fase de operación [t/año] 132

Tabla 162 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, año de máxima emisión de la fase de cierre [t/año] 132

Tabla 163 Resumen de emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones por fase [t/año] 133

Tabla 164 Valores de significancia para el aumento de concentraciones de MP10 y MP2.5 sobre receptores humanos para impactos con una duración menor a 3 años (SEA, 2023) 134

1.2 INVENTARIO DE EMISIONES

1.2.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto "Incorporación Línea De Transmisión Se Alfa Solar-Se Kimal 2x220 Kv", bajo la administración de Pleiades S.A., se emplaza en la comuna de María Elena, provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta, al norte de la Ruta 24 y al oriente de la Ruta 5, a 103 [km] al oeste de Calama, a una altitud media de 1.155 [m.s.n.m.] Se accede a él a través de un camino sin rol que empalma con la Ruta 24. Entre sus principales obras se consideran un parque fotovoltaico, una subestación elevadora de 220 [kV], un sistema de almacenamiento de energía en baterías (BESS) y una línea de transmisión de 2x220 kV. El Proyecto contempla las fases de construcción, operación y cierre, con una vida útil estimada de 35 años.

Por otra parte, en la comuna de María Elena, las localidades de María Elena y Pedro de Valdivia fueron declaradas zona saturada por material particulado respirable (MP10) mediante el Decreto Supremo N° 1.162 de 1993 del Ministerio de Salud. Para esta zona se estableció el Plan de Descontaminación a través del Decreto Supremo N° 164 de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

El presente informe tiene por objetivo presentar el inventario de emisiones atmosféricas de la fase de construcción, operación y cierre de la Línea de Transmisión SE Alfa Solar-SE Kimal 2x220 kV. Las emisiones consideradas provienen de las actividades de nivelación, escarpe, excavación, carga y descarga de material, tránsito de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados, combustión en motores de vehículos y maquinaria, uso de grupos electrógenos, compactación y erosión eólica.

Los contaminantes incluidos en el inventario de emisiones son material particulado fino ($MP_{2.5}$), material particulado respirable (MP_{10}), material particulado sedimentable (MPS), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO_2) y monóxido de carbono (CO).

El proyecto corresponde a una modificación del Parque Fotovoltaico Alfa Solar, calificado ambientalmente favorable mediante la Resolución Exenta N° 0222/2021 por la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta. El Proyecto incorpora una línea de transmisión de 2x220 kV entre la subestación elevadora del Parque Fotovoltaico Alfa Solar (sur) y la Subestación Kimal. Esta conexión es adicional a la línea de transmisión hasta la Subestación Crucero aprobada en la RCA N° 0222/2021, la cual se mantiene sin modificaciones.

1.2.2 OBJETIVOS

1.2.2.1 Objetivo General

1. Elaborar el inventario de emisiones atmosféricas de material particulado y gases de la incorporación de las obras objeto de esta declaración en sus fases de Construcción, Operación y Cierre, cuantificando las emisiones generadas por las distintas actividades.

1.2.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar y caracterizar las fuentes generadoras de emisiones de material particulado y gases asociadas a las actividades operacionales de la Incorporación Línea De Transmisión Se Alfa Solar-Se Kimal 2x220 Kv, en sus fases de Construcción, Operación y Cierre.
2. Recopilar, consolidar y validar los niveles de actividad de cada fuente de emisión, utilizando la información correspondiente al período de evaluación.
3. Consolidar y actualizar los factores de emisión aplicables a cada fuente identificada, de acuerdo con metodologías y referencias técnicas vigentes.
4. Estimar las emisiones de $MP_{2.5}$, MP_{10}, MPS, NOx, SO_2 y CO generadas por las actividades del Proyecto en las fases de Construcción, Operación y Cierre.

1.2.3 METODOLOGIA

1.2.3.1 Inventario e Emisiones

Las emisiones son estimadas en base a la utilización de factores de emisión, el cual corresponde a una relación entre el contaminante emitido a la atmósfera y los niveles de actividad. Para el cálculo de las emisiones se utiliza la ecuación 1, definida por la EPA en el documento *AP-42 Compilation of Air Emissions Factors.*

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

Donde:

E: Emisión
Fe: Factor de emisión
Na: Nivel de actividad de la fuente
Ea: Eficiencia de abatimiento

Para la determinación de los factores de emisión, se consideraron las actualizaciones existentes en las guías nacionales e internacionales, entre las cuales se encuentran la "Guia Metodológica Para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta", el "Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas, Ministerio de Medio Ambiente 2017" y el "AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency".

1.2.3.2 Resultados

Las actividades del Proyecto que emitirán partículas y gases para la fase de operación, construcción y cierre se presentan en la siguiente tabla:

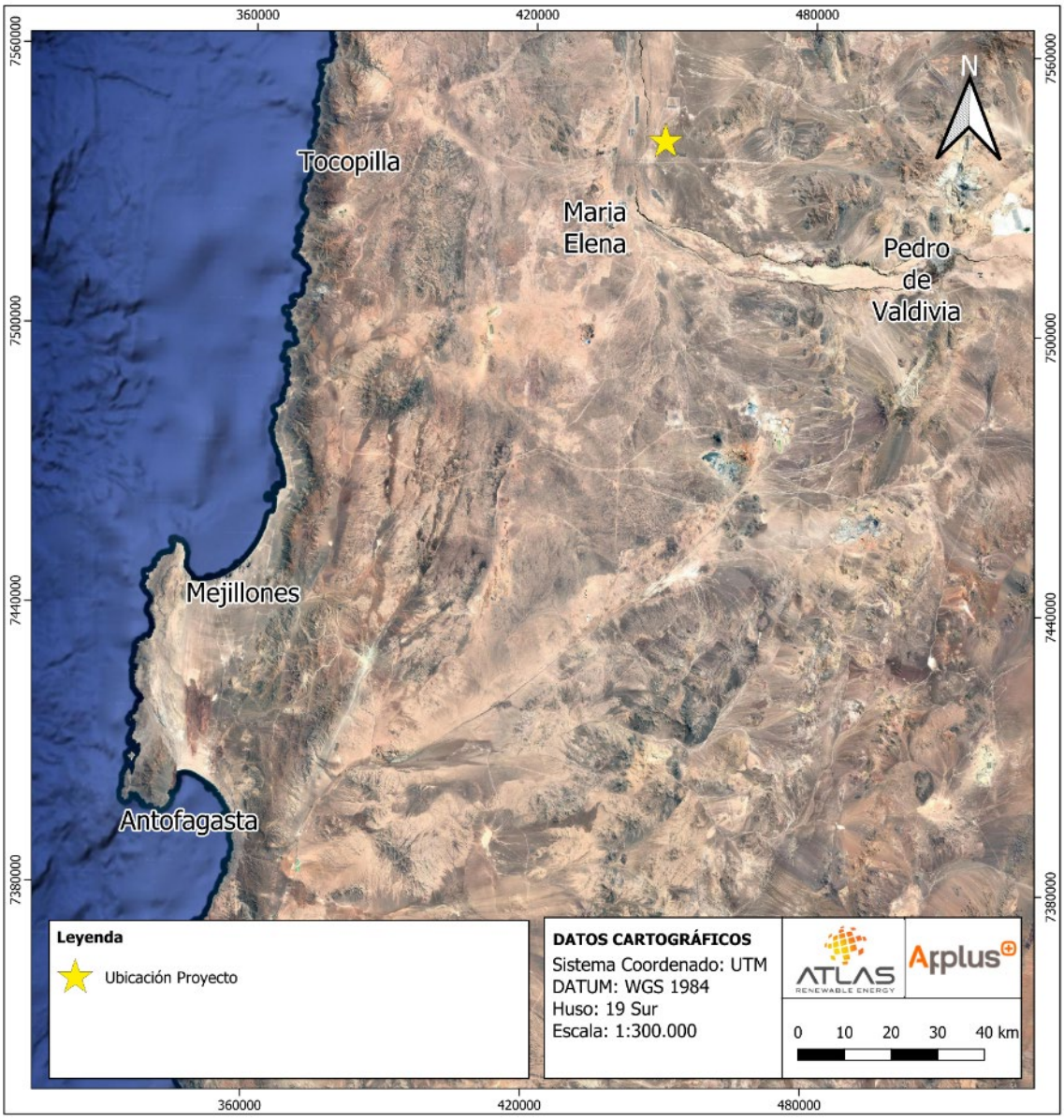
Tabla 1 Fuentes de emisión por fase del Proyecto

Fase	Fuente
Construcción	Nivelación Escarpe Excavación Carga y Descarga de Material Tránsito en caminos No Pavimentados Tránsito de Caminos Pavimentados Motor de Maquinaria Motor de Vehículo Grupo Electrógeno Compactación Erosión Eólica
Operación	Tránsito en caminos No Pavimentados Tránsito de Caminos Pavimentados Motor de Maquinaria Motor de Vehículo Grupo Electrógeno
Cierre	Nivelación Escarpe Excavación Carga y Descarga de Material Tránsito en caminos No Pavimentados Tránsito de Caminos Pavimentados Motor de Maquinaria Motor de Vehículo Compactación

Fuente: Elaboración propia.

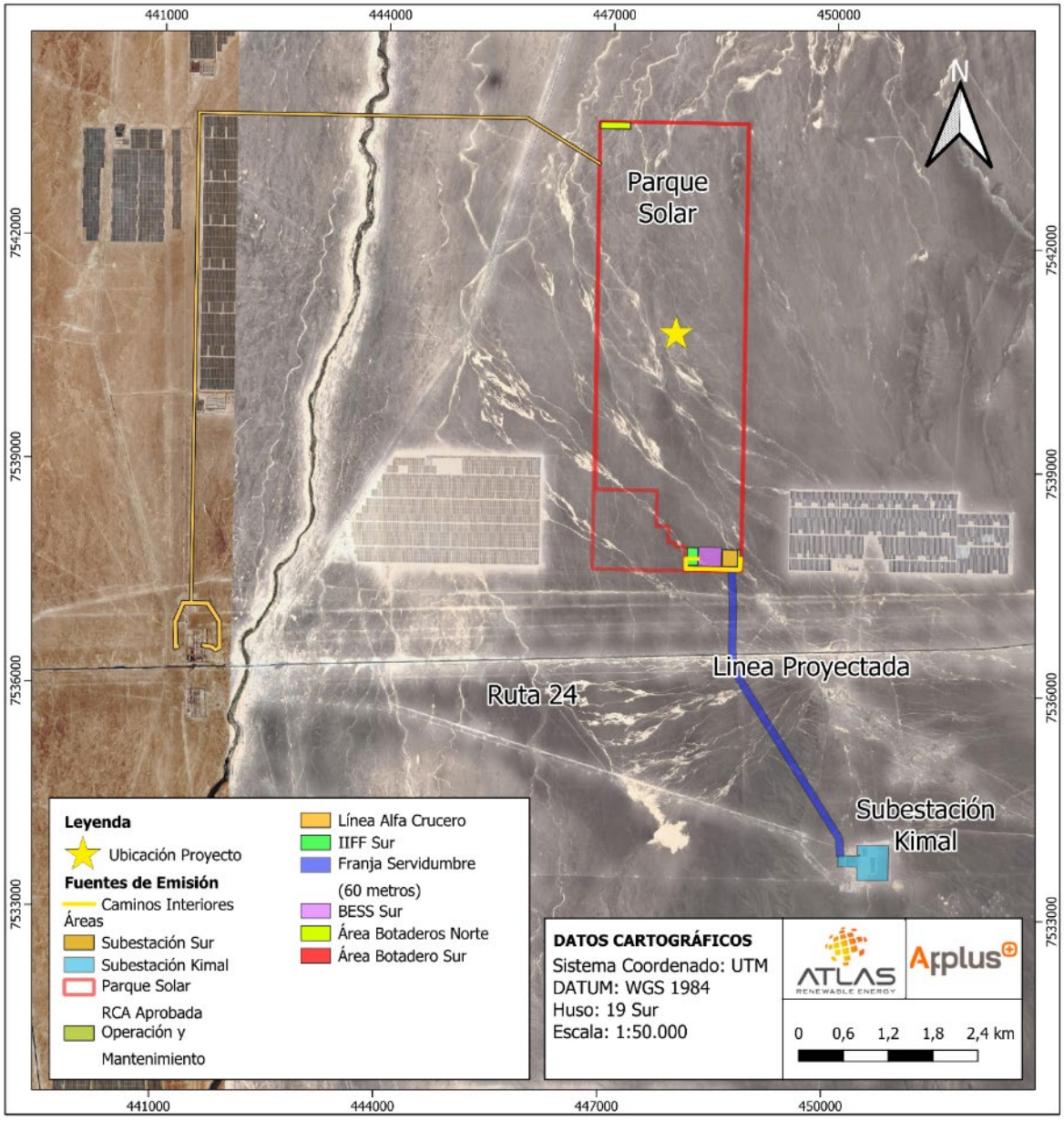
Las Figuras 1 y 2 presentan la ubicación del Proyecto y las zonas donde se realizarán las actividades emisoras. Las Figuras 3 y 4 presentan las rutas pavimentadas utilizadas para el tránsito de vehículos, junto con su descripción, y desde la Figura 5 a la Figura 8, se presentan los caminos no pavimentados.

Figura 1. Ubicación del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

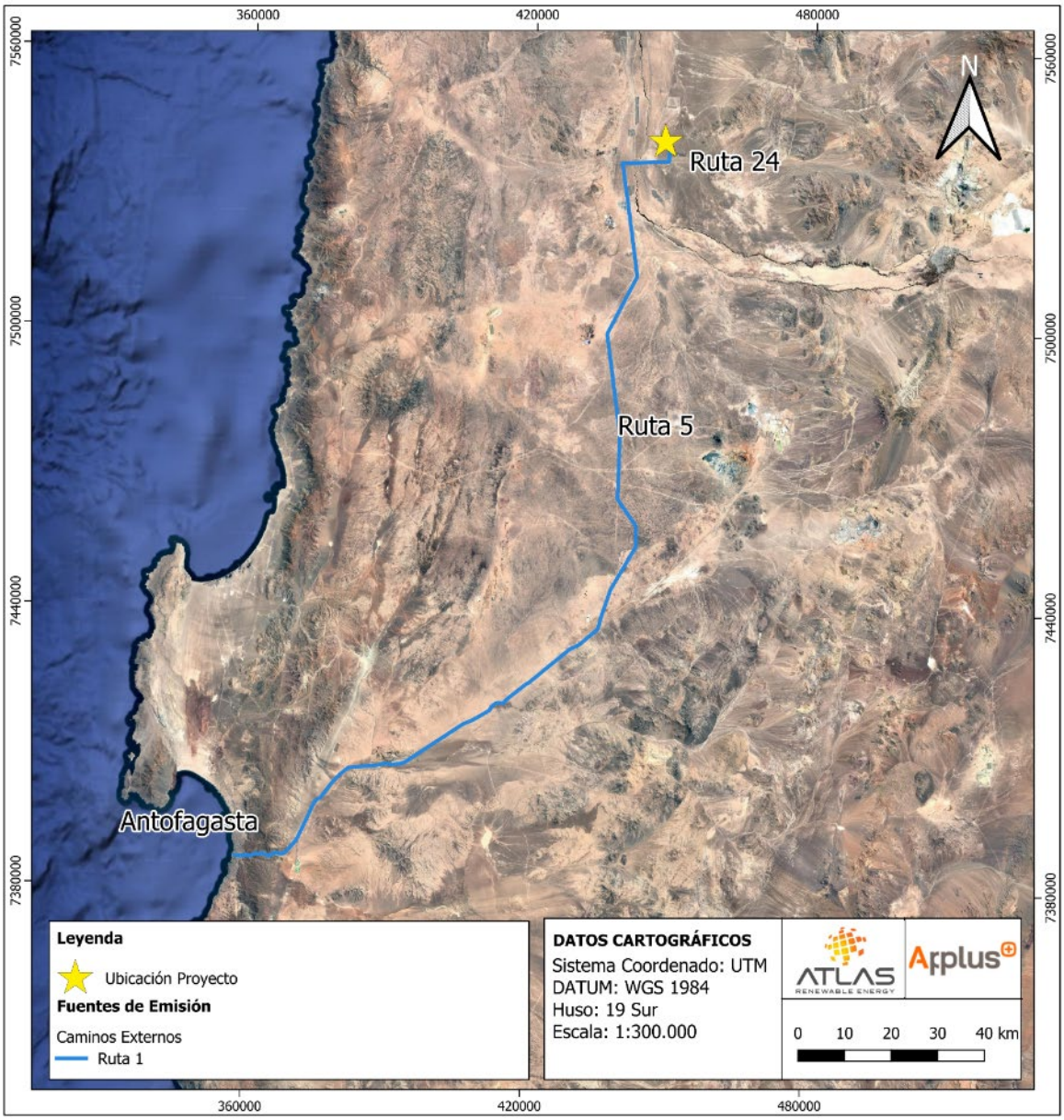
Figura 2. Zonas donde se realizan las actividades emisoras



Fuente: Elaboración propia.

La Ruta 1 corresponde al tramo Ruta 5 Norte – Ruta 24 (Antofagasta / María Elena – Obra), con origen-destino Antofagasta – empalme Ruta 24. Su recorrido es de 214,2 [km] por sentido (428,4 [km] ida y vuelta).

Figura 3. Ruta pavimentada 1: Ruta 5 Norte – Ruta 24 (Antofagasta / María Elena – Obra)



Fuente: Elaboración propia.

La Ruta 2 corresponde al tramo Ruta 24 (Calama – Obra), con origen-destino Calama – empalme Ruta 24. Su recorrido es de 76,8 [km] por sentido (153,6 [km] ida y vuelta).

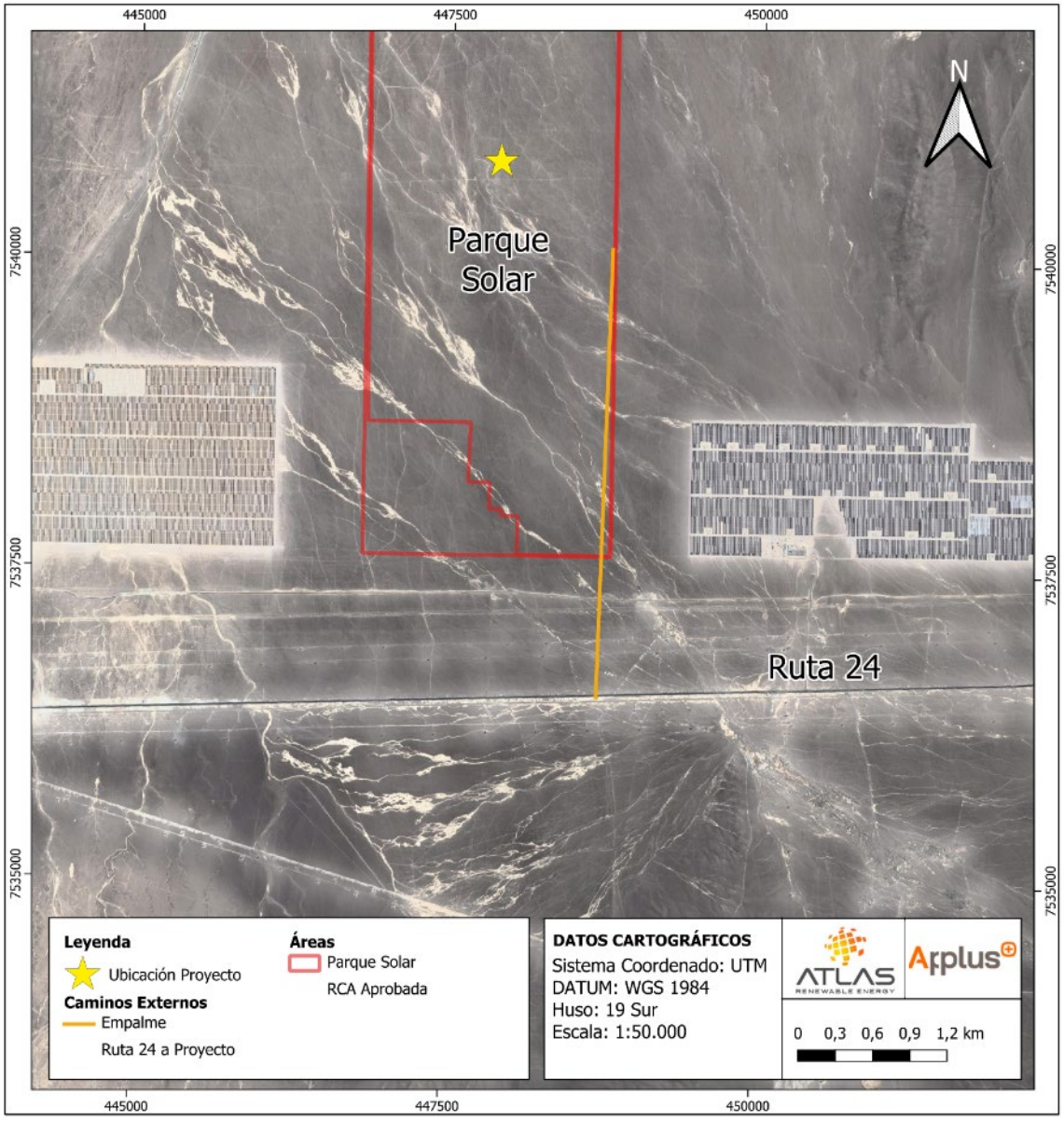
Figura 4. Ruta pavimentada 2: Ruta 24 (Calama – Obra)



Fuente: Elaboración propia.

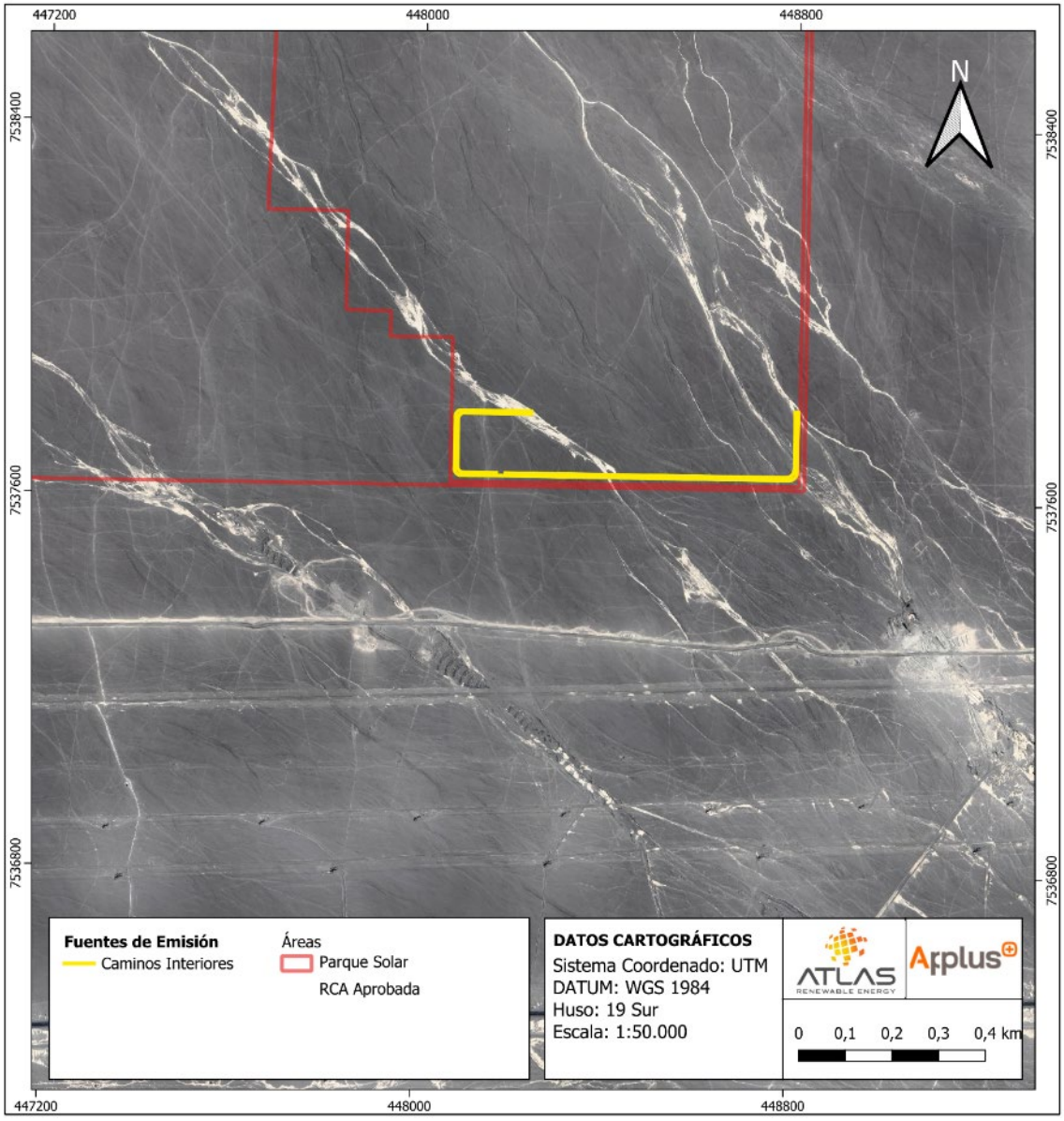
La Ruta 3 corresponde al camino no pavimentado de acceso a la obra, con origen-destino empalme Ruta 24 – Obra. Su recorrido es de 1,2 [km] por sentido (2,4 [km] ida y vuelta).

Figura 5. Camino Externo no pavimentado Empalme Obra-Ruta 24



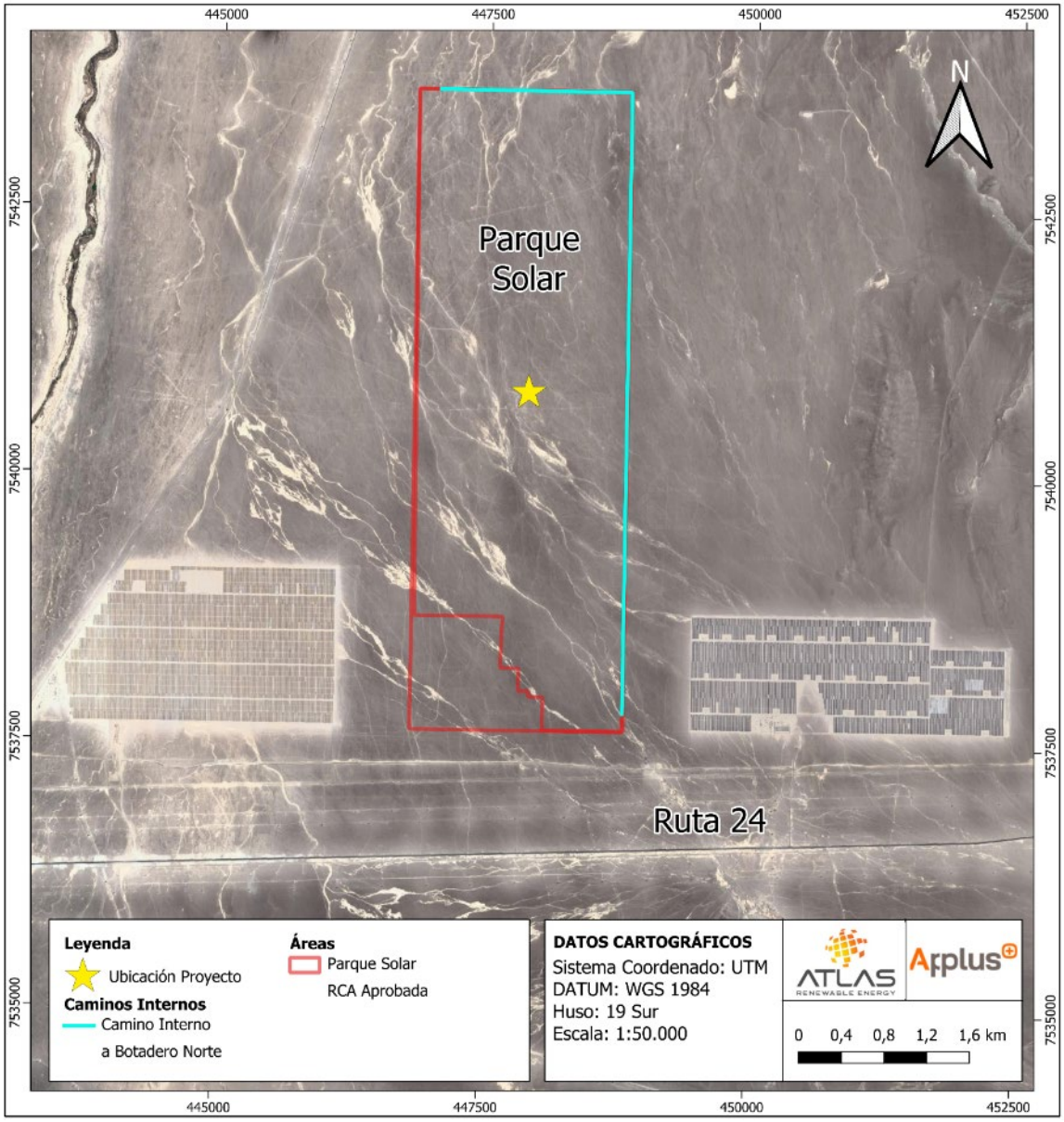
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Camino Interno no pavimentado en IIFF utilizados para el tránsito de vehículos



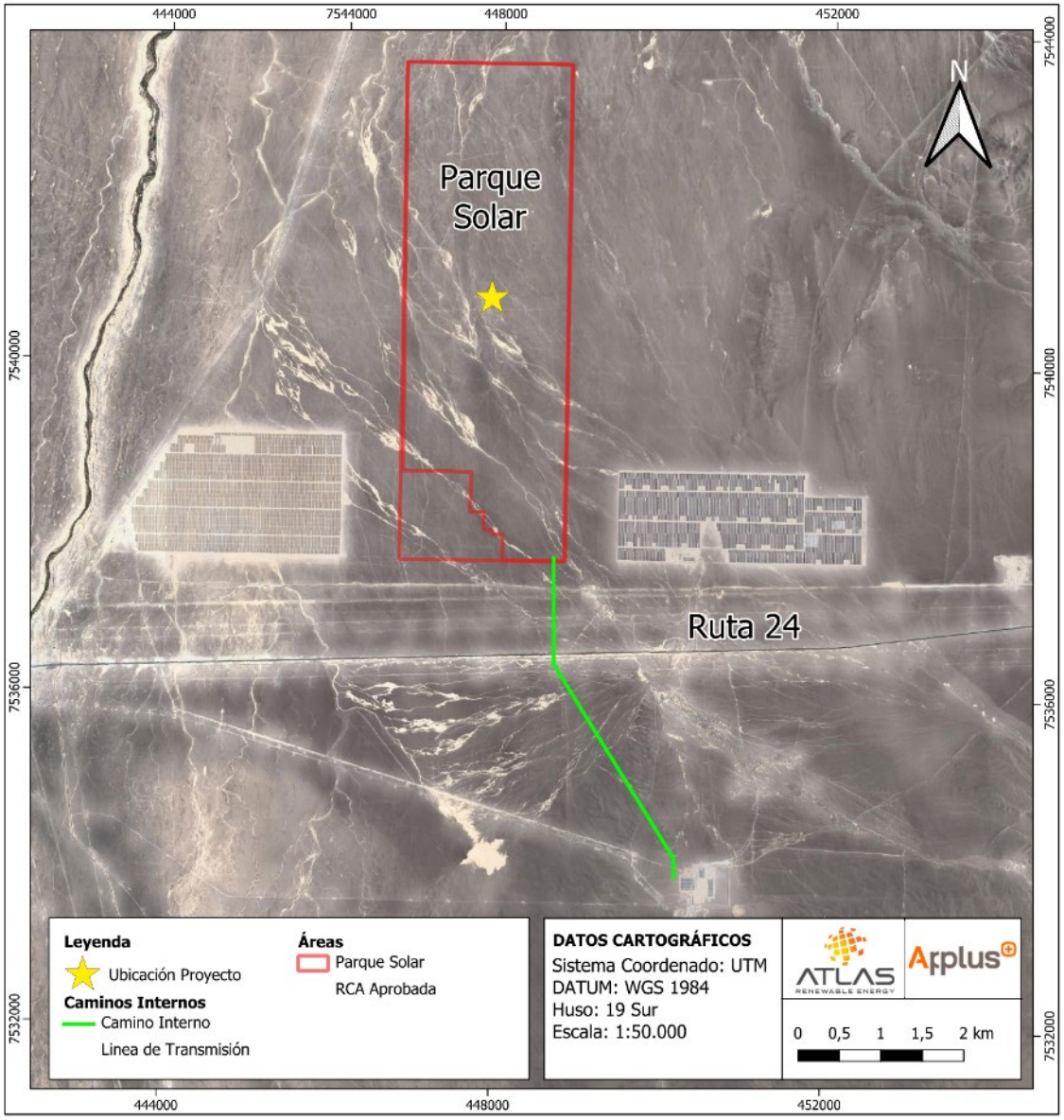
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Camino Interno no pavimentado IIFF a Botadero Norte



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 Camino Interno no pavimentado IIFF a Línea Transmisión



Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3 Estimación de Inventario de Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta Fase Construcción

1.2.3.3.1 Supuestos

Para la estimación del inventario de emisiones de la fase de construcción (Año 1 y Año 2) se consideraron los siguientes puntos:

1. **Duración de la fase:** 22 meses (12 meses en el Año 1 y 10 meses en el Año 2), con jornada de 8 [h/día] y 22 días laborales/mes. Los niveles de actividad que se reparten en ambos años se distribuyen en proporción a los meses (54,5% y 45,5%).

2. **Escarpe:** profundidad de escarpe de 0,4 [m] proporcionada por el cliente, factor de escarpe de 3,57 [km/ha] y contenido de sedimento fino (s) de 8,5% provenientes de la guía 2026.

3. **Excavación:** rendimiento de la excavadora de 54,27 [m^3/h], porcentaje de finos (s) de 6,9% y humedad del material (M) de 7,9 [%] provenientes de la guía 2026.

4. **Nivelación:** ancho de hoja de la motoniveladora de 3,7 [m] y velocidad media de la motoniveladora (S) de 11,4 [km/h] provenientes de la guía 2026.

5. **Compactación:** ancho del rodillo compactador de 2,134 [m], velocidad del rodillo de 10 [km/h], porcentaje de finos (s) de 6,9% y humedad (M) de 7,9 [%] provenientes de la guía 2026.

6. **Carga y descarga:** velocidad media del viento (U) de 1,67 [m/s] obtenida de la estación meteorológica Hospital en el año 2024, humedad del material (M) de 6,5 [%] y densidad de áridos de 2 [t/m^3]. Se considera una carga y una descarga por cada tonelada de material movido (factor 2).

7. **Erosión eólica:** contenido de sedimento fino (s) de 8,5%, porcentaje del tiempo con viento superior a 5,4 [m/s] (f) de 0,25% obtenida de la estación Hospital año 2024 y 0 días al año con precipitación ≥ 0,254 [mm]. Conforme a la guía 2026, se incorpora el factor (365 − p)/235, que con p = 0 equivale a 1,553.

8. **Grupo electrógeno:** equipo diésel de 80 [kW] de potencia, con una densidad del combustible de 0,84 [kg/L].

9. **Motores de maquinaria:** maquinaria fuera de ruta con tecnología Stage IIIA, salvo la máquina de tendido de conductores, el cargador telescópico y la torre de iluminación (Stage V); factor de deterioro igual a 0 y jornada laboral de 8 [h/día]. Los factores de emisión se calculan como FE [g/h] = FE base [g/kWh] × P [kW] × FC × (1 + FD) × TAF.
10. **Tránsito vehicular en caminos pavimentados:** carga de finos superficial (sL) de 0,2 [g/m^2], sin corrección por lluvia (factor 1). Se consideran dos rutas pavimentadas, según

las distancias de la RCA Alfa Solar: Ruta 5 Norte – Ruta 24 desde Antofagasta (214,2 [km] por sentido) y Ruta 24 desde Calama (76,8 [km] por sentido).

11. **Tránsito vehicular en caminos no pavimentados:** contenido de sedimento fino (s) de 8,5 %, velocidad media de 30 [km/h] y los tramos de acceso (empalme Ruta 24 – Proyecto, 1,2 [km]) y de caminos internos (Obras Sector Sur, 1,7 [km]; Obras Sector Sur – Botadero Norte, 8,0 [km]; Línea de Transmisión – S/E Kimal, 4,5 [km]), sin corrección por lluvia (factor 1).

12. **Flota de transporte:** los viajes declarados por el titular corresponden a viajes de ida y vuelta, por lo que la distancia por viaje se aplica una sola vez. Por instrucción del cliente se excluyen los buses de personal, el transporte de agua potable, de residuos sólidos domésticos y de aguas servidas.

13. **Motores de vehículos:** flota de vehículos pesados con norma de emisión Euro V.

14. **Medidas de abatimiento:** se aplica una eficiencia de abatimiento del 50% en el tránsito por caminos no pavimentados, mediante humectación o aplicación de supresor de polvo. Para las demás actividades no se consideran medidas de abatimiento.

1.2.3.3.2 Nivelación

Las nivelaciones se realizan con el objetivo de emparejar la superficie de un camino o plataforma a partir de la implementación de maquinaria. El nivel de actividad se determina mediante el área a nivelar, el ancho de la niveladora correspondiente a 3,7 [m] (ficha técnica) y un número de pasadas en promedio de 3,8.

$$km\ de\ nivelación = \frac{Área\ [m^2]}{Ancho\ [m]} \cdot \frac{1}{1000}\left[\frac{km}{m}\right] \cdot\ N°\ pasadas \qquad (2)$$

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de nivelación.

Tabla 2 Fórmulas de factores de emisión para la actividad de nivelación

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP_{10}	$k \cdot 0{,}0056 \cdot s^2$	[kg/km]	s: Velocidad media de la niveladora 11,4 [km/h] por defecto k: Factor tamaño de partícula k para MP10: 0,6 k para MP2.5: 0,031 k para MPS: 1
$MP_{2.5}$ MPS	$k \cdot 0{,}0034 \cdot s^{2,5}$		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Factores de emisión de nivelación por obra/actividad [kg/km]

Descripción	FE $MP_{2.5}$	FE MP_{10}	FE MPS
Plataforma subestación elevadora	0,046249	0,436666	1,491905
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,046249	0,436666	1,491905
Huellas de acceso	0,046249	0,436666	1,491905
Plazas de tendido	0,046249	0,436666	1,491905
Instalación de faenas	0,046249	0,436666	1,491905
Edificio O&M	0,046249	0,436666	1,491905

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 Nivel de actividad de nivelación por obra/actividad [km/año]

Obra/Actividad	Año 1 NA - Distancia Nivelar [km/Año]	Año 2 NA - Distancia Nivelar [km/Año]
Plataforma subestación elevadora	35,68	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS)	83,83	0,00
Huellas de acceso	5,97	0,00
Plazas de tendido	3,58	0,00
Instalación de faenas	45,87	0,00
Edificio O&M	7,04	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Emisiones por nivelación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,001650	0,015578	0,053225
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,003877	0,036607	0,125072
Huellas de acceso	0,000276	0,002609	0,008914
Plazas de tendido	0,000166	0,001565	0,005347
Instalación de faenas	0,002122	0,020031	0,068438
Edificio O&M	0,000326	0,003074	0,010502
TOTAL	**0,008416**	**0,079464**	**0,271497**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Emisiones por nivelación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,000000	0,000000	0,000000
Huellas de acceso	0,000000	0,000000	0,000000
Plazas de tendido	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Edificio O&M	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.3 Escarpe

El escarpe consiste en la remoción de la capa superficial del suelo. El nivel de actividad corresponde a los km escarpados al año, el cual se determinar a partir de la superficie escarpada [ha] y un factor de 3,57 [km/ha] extraído de la Guía de estimación de emisiones de la Región Metropolitana (2020).

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de escarpe.

Tabla 7 Fórmula de factores de emisión de escarpe

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	5,70	[kg/km]	Factor de emisión constante
MP2.5	0,86	[kg/km]	MP2,5 = 15% del MP10
MPS	5,70	[kg/km]	Se consideró igual al MP10

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 8 Factores de emisión de escarpe

Descripción	FE $MP_{2.5}$	FE MP_{10}	FE MPS
Escarpe	0,86	5,70	5,70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 Nivel de actividad de escarpe por obra/actividad, Año 1 [km/año]

Obra/Actividad	Año 1
Plataforma subestación elevadora	15,7080
Plataforma zona de baterías (BESS)	27,6840
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,5623
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,4820
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,1607
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,1607
Plazas de tendido	0,9468
Huellas de acceso	2,6307
Instalación de faenas	12,1187

Obra/Actividad	Año 1
Edificio O&M	3,0993

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Nivel de actividad de escarpe por obra/actividad, Año 2 [km/año]

Obra/Actividad	Año 2
Plataforma subestación elevadora	0,0000
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,0000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,0000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,0000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,0000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,0000
Plazas de tendido	0,0000
Huellas de acceso	0,0000
Instalación de faenas	0,0000
Edificio O&M	0,0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Emisiones por escarpe, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,013430	0,089536	0,089536
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,023670	0,157799	0,157799
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,000481	0,003205	0,003205
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,000412	0,002747	0,002747
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,000137	0,000916	0,000916
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,000137	0,000916	0,000916
Plazas de tendido	0,000809	0,005397	0,005397
Huellas de acceso	0,002249	0,014995	0,014995
Instalación de faenas	0,010361	0,069076	0,069076
Edificio O&M	0,002650	0,017666	0,017666
TOTAL	**0,054338**	**0,362252**	**0,362252**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Emisiones por escarpe, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,0000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,0000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,0000	0,000000	0,000000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,0000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,0000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,0000	0,000000	0,000000
Plazas de tendido	0,0000	0,000000	0,000000
Huellas de acceso	0,0000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas	0,0000	0,000000	0,000000
Edificio O&M	0,0000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.4 Excavación

El nivel de actividad de las excavaciones corresponde a las horas de operación de la excavadora, por lo que se requiere de las horas excavadas al año, para lo cual se consideró un rendimiento de la excavadora de 54,27 [m^3/h], utilizando como referencia la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana (2026). Para el factor de emisión se consideró un 7,9 [%] de humedad; 6,9% de contenido de finos y un esponjamiento de 20% y capacidad de la pala de 0,9 [m^3].

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de excavación.

Tabla 13 Fórmula de factores de emisión de excavación

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$0{,}75 \times 0{,}45 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	[kg/h]	s: porcentaje de finos del suelo: 6,9% M: porcentaje de humedad del suelo: 7,9 [%]
MP2.5	$0{,}105 \times 2{,}6 \times \frac{s^{1,2}}{M^{1,3}}$	[kg/h]	
MPS	$0{,}45 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	[kg/h]	

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 14 Factores de emisión de excavación [kg/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Caminos internos (BESS) — Base	0,188741	0,338742	1,797534
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Instalación de faenas — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Instalación de faenas — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534
Edificio O&M — Excavación	0,188741	0,338742	1,797534
Edificio O&M — Terraplén	0,188741	0,338742	1,797534

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15 Nivel de actividad de excavación, Año 1 [h/año]

Obra/Actividad	Año 1
Plataforma subestación elevadora — Excavación	152,38
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	150,70
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	1.036,14
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	985,99
Caminos internos (BESS) — Base	38,14
Caminos internos (BESS) — Subbase	50,86
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	3,28
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	2,41
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	2,81
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	2,07
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,94
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,69
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,47
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,34
Instalación de faenas — Excavación	453,57
Instalación de faenas — Terraplén	431,62
Edificio O&M — Excavación	30,07
Edificio O&M — Terraplén	29,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 Nivel de actividad de excavación, Año 2 [h/año]

Obra/Actividad	Año 2
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,00
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,00
Caminos internos (BESS) — Base	0,00
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,00

Obra/Actividad	Año 2
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,00
Instalación de faenas — Excavación	0,00
Instalación de faenas — Terraplén	0,00
Edificio O&M — Excavación	0,00
Edificio O&M — Terraplén	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Emisiones por excavación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,028760	0,051617	0,273905
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,028444	0,051050	0,270896
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,195563	0,350986	1,862502
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,186098	0,333998	1,772358
Caminos internos (BESS) — Base	0,007199	0,012921	0,068563
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,009599	0,017227	0,091417
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000619	0,001112	0,005898
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,000456	0,000818	0,004340
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000531	0,000953	0,005056
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,000391	0,000701	0,003720
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000177	0,000318	0,001685

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,000130	0,000234	0,001240
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000088	0,000159	0,000843
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,000065	0,000117	0,000620
Instalación de faenas — Excavación	0,085607	0,153643	0,815308
Instalación de faenas — Terraplén	0,081464	0,146207	0,775847
Edificio O&M — Excavación	0,005675	0,010184	0,054043
Edificio O&M — Terraplén	0,005612	0,010073	0,053450
TOTAL	**0,636478**	**1,142316**	**6,061692**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Emisiones por excavación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Caminos internos (BESS) — Base	0,000000	0,000000	0,000000
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.5 Carga y Descarga de Material

Las emisiones por carga y descarga se generan durante la manipulación del material removido en las actividades de escarpe y excavación, y de los áridos utilizados en las obras del Proyecto. El nivel de actividad corresponde a las toneladas de material manipulado al año, considerando una densidad de 2 [t/m^3] y un factor de 2, que representa una operación de carga y una de descarga. Para el factor de emisión se consideró una humedad del material de 6,5 [%] y una velocidad media del viento de 1,67 [m/s] extraídas de la estación Hospital en el año 2024, siendo el promedio de las horas trabajadas.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de carga y descarga de material.

Tabla 19 Fórmula de factores de emisión de carga y descarga de material

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$k \times 0{,}0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}}$	[kg/t]	k = 0,35 U: velocidad media del viento: 1,67 [m/s] M: humedad del material: 6,5 [%]

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP2.5	$k \times 0{,}0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}}$	[kg/t]	k = 0,053
MPS	$k \times 0{,}0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}}$	[kg/t]	k = 0,74

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 20 Factores de emisión de carga y descarga de material [kg/t]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Caminos internos (BESS) — Base	0,0000114	0,0000752	0,000159
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Plazas de tendido — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Huellas de acceso — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Instalación de faenas — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Instalación de faenas — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Instalación de faenas — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Edificio O&M — Escarpe	0,0000114	0,0000752	0,000159
Edificio O&M — Excavación	0,0000114	0,0000752	0,000159
Edificio O&M — Terraplén	0,0000114	0,0000752	0,000159
Material Excedente para Relleno	0,0000114	0,0000752	0,000159

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21 Nivel de actividad de carga y descarga de material, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	Año 1
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	70.400,00
Plataforma subestación elevadora — Excavación	27.565,20
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	27.262,40
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	124.074,16
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	187.438,32
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	178.366,36
Caminos internos (BESS) — Base	6.900,00
Caminos internos (BESS) — Subbase	9.200,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	2.520,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	593,60
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	436,80
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	2.160,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	508,80
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	374,40
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	720,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	169,60
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	124,80
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	720,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	84,80
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	62,40
Plazas de tendido — Escarpe	4.243,20
Huellas de acceso — Escarpe	11.790,40
Instalación de faenas — Escarpe	54.313,28
Instalación de faenas — Excavación	82.050,88
Instalación de faenas — Terraplén	78.079,64
Edificio O&M — Escarpe	13.890,44
Edificio O&M — Excavación	5.438,80
Edificio O&M — Terraplén	5.379,08
Material Excedente para Relleno	74.870,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Nivel de actividad de carga y descarga de material, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	Año 2
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,00
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,00
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,00
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,00
Caminos internos (BESS) — Base	0,00
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,00
Plazas de tendido — Escarpe	0,00
Huellas de acceso — Escarpe	0,00
Instalación de faenas — Escarpe	0,00
Instalación de faenas — Excavación	0,00
Instalación de faenas — Terraplén	0,00
Edificio O&M — Escarpe	0,00
Edificio O&M — Excavación	0,00
Edificio O&M — Terraplén	0,00
Material Excedente para Relleno	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23 Emisiones por carga y descarga de material, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,000801	0,005291	0,011186
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000314	0,002072	0,004380
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,000310	0,002049	0,004332
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,001412	0,009324	0,019714
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,002133	0,014086	0,029782
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,002030	0,013404	0,028341
Caminos internos (BESS) — Base	0,000079	0,000519	0,001096
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000105	0,000691	0,001462
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,000029	0,000189	0,000400
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000007	0,000045	0,000094
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,000005	0,000033	0,000069
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,000025	0,000162	0,000343
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000006	0,000038	0,000081
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,000004	0,000028	0,000059
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,000008	0,000054	0,000114
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000002	0,000013	0,000027
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,000001	0,000009	0,000020
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,000008	0,000054	0,000114
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000000965	0,000006	0,000013
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,000000710	0,000005	0,000010

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plazas de tendido — Escarpe	0,000048	0,000319	0,000674
Huellas de acceso — Escarpe	0,000134	0,000886	0,001873
Instalación de faenas — Escarpe	0,000618	0,004082	0,008630
Instalación de faenas — Excavación	0,000934	0,006166	0,013037
Instalación de faenas — Terraplén	0,000889	0,005868	0,012406
Edificio O&M — Escarpe	0,000158	0,001044	0,002207
Edificio O&M — Excavación	0,000062	0,000409	0,000864
Edificio O&M — Terraplén	0,000061	0,000404	0,000855
Material Excedente para Relleno	0,000843	0,005570	0,011777
TOTAL	**0,011027**	**0,072820**	**0,153963**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 Emisiones por carga y descarga de material, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma subestación elevadora — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma zona de baterías (BESS) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Caminos internos (BESS) — Base	0,000000	0,000000	0,000000
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Plazas de tendido — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Huellas de acceso — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M — Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M — Excavación	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M — Terraplén	0,000000	0,000000	0,000000
Material Excedente para Relleno	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.6 Tránsito en Caminos No Pavimentados

Las emisiones por tránsito de los vehículos son producidas por la resuspensión de material particulado en los caminos no pavimentados. Se consideraron los tramos no pavimentados indicados en la Tabla 26 (acceso desde el empalme con la Ruta 24 y caminos internos), con la distancia por viaje que corresponde al destino de cada actividad, y las características de los camiones de cada actividad (carga útil, tara, peso lleno y peso medio). Para el factor de emisión se consideró un contenido de sedimento fino de 8,5% y una velocidad media de 30 [km/h]. Además, se considera un abatimiento del 50% generado por la humectación con agua o la aplicación de supresor de polvo en los caminos no pavimentados.

Las emisiones asociadas al tránsito vehicular para el transporte de trabajadores, el abastecimiento de agua potable y el retiro de residuos sólidos domiciliarios durante la fase de construcción fueron estimadas en la evaluación ambiental del Parque Fotovoltaico Alfa Solar, aprobada mediante la RCA N° 0222/2021, para un período de construcción de 38 meses y considerando el escenario más desfavorable de 1.300 trabajadores. El presente Proyecto no aumenta dicha dotación máxima: los trabajadores requeridos para la construcción de la línea de transmisión forman parte de la dotación aprobada, que se redistribuye entre los distintos frentes de trabajo. Por lo tanto, las emisiones de estas actividades durante el período de construcción ya evaluado no se incluyen en la presente estimación.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de tránsito en caminos no pavimentados.

Tabla 25 Fórmula de factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$k \times 281{,}9 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a} \times \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45} \times FC_{LL}$	[g/km]	k = 1,5; a = 0,9 s: contenido de finos del camino: 8,5% W: peso promedio de la flota [t] FCLL: factor de corrección por lluvia: 1 (0 días con precipitación > 0,254 [mm])
MP2.5	$k \times 281{,}9 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a} \times \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45} \times FC_{LL}$	[g/km]	k = 0,15; a = 0,9
MPS	$k \times 281{,}9 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a} \times \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45} \times FC_{LL}$	[g/km]	k = 4,9; a = 0,7

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 26 Características de los caminos - tránsito en caminos no pavimentados

Ruta	Descripción	Origen-Destino	Distancia ida [km]	Distancia ida-vuelta [km]	Tipo camino
3	Camino no pavimentado de acceso a obra	Empalme Ruta 24 – Proyecto	1,2	2,4	NO PAVIMENTADO
4	Camino interno Obras Sector Sur	Empalme – Obras Sector Sur (IIFF, BESS, S/E)	1,7	3,4	NO PAVIMENTADO
5	Camino interno Obras Sector Sur – Botadero Norte	Obras Sector Sur – Botadero Norte	8,0	16,0	NO PAVIMENTADO
6	Camino interno Línea de Transmisión	Proyecto – S/E Kimal	4,5	9,0	NO PAVIMENTADO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 Características de los vehículos - tránsito en caminos no pavimentados

Actividad	Vehículo	Viajes fase (ida y vuelta)	Carga útil [t]	Tara/peso vacío [t]	Peso lleno [t]	Peso medio [t]	Distancia no pavimentada [km]	veh-km no pavimentado
Maquinarias y Herramientas	Camión Cama Baja - Camión Tracto	80,00	40,00	20,00	60,00	40,00	2,90	232,00
Acero y Anclajes	Camión Rampla	24,00	25,00	18,00	43,00	30,50	5,70	136,80
Áridos Base y Subbase	Camión Tolva 20 [m3]	164,00	40,00	18,00	58,00	38,00	2,90	475,60
Estructuras Metálicas LAT	Camión Rampla - Camión Cama Baja	12,00	25,00	18,00	43,00	30,50	5,70	68,40
Hormigón - LAT	Camión Mixer 7 [m3]	102,00	16,80	15,00	31,80	23,40	5,70	581,40
Hormigón - Área BESS	Camión Mixer 7 [m3]	305,00	16,80	15,00	31,80	23,40	2,90	884,50
Contenedores BESS	Portacontenedor	648,00	30,00	18,00	48,00	33,00	2,90	1.879,20
Equipos Eléctricos	Camión Cama Baja / Transp. Especial	108,00	40,00	20,00	60,00	40,00	2,90	313,20
Conductores y Cables - LAT	Camión Rampla	3,00	20,00	18,00	38,00	28,00	5,70	17,10
Conductores y Cables - Área BESS	Camión Rampla	7,00	20,00	18,00	38,00	28,00	2,90	20,30
Insumos	Camión Rampla - Camión 3/4	660,00	15,00	12,00	27,00	19,50	2,90	1.914,00
Combustibles	Estanque 15.000 [L]	110,00	12,60	12,00	24,60	18,30	2,90	319,00
SUSPEL	Camión / Camioneta ADR	44,00	5,00	8,00	13,00	10,50	2,90	127,60

Actividad	Vehículo	Viajes fase (ida y vuelta)	Carga útil [t]	Tara/peso vacío [t]	Peso lleno [t]	Peso medio [t]	Distancia no pavimentada [km]	veh-km no pavimentado
Agua Industrial - LAT	Aljibe 25.000 [L]	125,00	25,00	18,00	43,00	30,50	5,70	712,50
Agua Industrial - Área BESS	Aljibe 25.000 [L]	290,00	25,00	18,00	43,00	30,50	2,90	841,00
RESNOPEL	Camión Rampla - Camión Tolva	132,00	25,00	18,00	43,00	30,50	15,40	2.032,80
RESPEL	Camión Tolva Estanca	22,00	10,00	10,00	20,00	15,00	15,40	338,80
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	Camión tolva 20 [m3]	5.356,00	40,00	18,00	58,00	38,00	1,70	9.105,20
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	Camión tolva 20 [m3]	2.132,00	40,00	18,00	58,00	38,00	8,00	17.056,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Maquinarias y Herramientas	98,070520	980,705202	3.432,383171
Acero y Anclajes	98,070520	980,705202	3.432,383171
Aridos Base y Subbase	98,070520	980,705202	3.432,383171
Estructuras Metálicas LAT	98,070520	980,705202	3.432,383171
Hormigón - LAT	98,070520	980,705202	3.432,383171
Hormigón - Área BESS	98,070520	980,705202	3.432,383171
Contenedores BESS	98,070520	980,705202	3.432,383171
Equipos Eléctricos	98,070520	980,705202	3.432,383171
Conductores y Cables - LAT	98,070520	980,705202	3.432,383171
Conductores y Cables - Área BESS	98,070520	980,705202	3.432,383171
Insumos	98,070520	980,705202	3.432,383171
Combustibles	98,070520	980,705202	3.432,383171
SUSPEL	98,070520	980,705202	3.432,383171
Agua Industrial - LAT	98,070520	980,705202	3.432,383171
Agua Industrial - Área BESS	98,070520	980,705202	3.432,383171
RESNOPEL	98,070520	980,705202	3.432,383171
RESPEL	98,070520	980,705202	3.432,383171
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	98,070520	980,705202	3.432,383171
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	98,070520	980,705202	3.432,383171

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1
Maquinarias y Herramientas	126,55
Acero y Anclajes	136,80
Aridos Base y Subbase	475,60
Estructuras Metálicas LAT	68,40
Hormigón - LAT	581,40
Hormigón - Área BESS	884,50
Contenedores BESS	1.566,00
Equipos Eléctricos	313,20
Conductores y Cables - LAT	17,10
Conductores y Cables - Área BESS	20,30
Insumos	1.044,00
Combustibles	174,00
SUSPEL	69,60
Agua Industrial - LAT	388,64
Agua Industrial - Área BESS	458,73
RESNOPEL	1.108,80
RESPEL	184,80
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	9.105,20
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	17.056,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 2
Maquinarias y Herramientas	105,45
Acero y Anclajes	0,00
Áridos Base y Subbase	0,00
Estructuras Metálicas LAT	0,00
Hormigón - LAT	0,00
Hormigón - Área BESS	0,00
Contenedores BESS	313,20
Equipos Eléctricos	0,00
Conductores y Cables - LAT	0,00
Conductores y Cables - Área BESS	0,00
Insumos	870,00
Combustibles	145,00
SUSPEL	58,00
Agua Industrial - LAT	323,86
Agua Industrial - Área BESS	382,27
RESNOPEL	924,00
RESPEL	154,00
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	0,00
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5		MP10		MPS	
	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento
Maquinarias y Herramientas	0,012410	0,006205	0,124104	0,062052	0,434352	0,217176
Acero y Anclajes	0,013416	0,006708	0,134160	0,067080	0,469550	0,234775
Aridos Base y Subbase	0,046642	0,023321	0,466423	0,233212	1,632441	0,816221
Estructuras Metálicas LAT	0,006708	0,003354	0,067080	0,033540	0,234775	0,117388
Hormigón - LAT	0,057018	0,028509	0,570182	0,285091	1,995588	0,997794
Hormigón - Área BESS	0,086743	0,043372	0,867434	0,433717	3,035943	1,517971
Contenedores BESS	0,153578	0,076789	1,535784	0,767892	5,375112	2,687556
Equipos Eléctricos	0,030716	0,015358	0,307157	0,153578	1,075022	0,537511
Conductores y Cables - LAT	0,001677	0,000839	0,016770	0,008385	0,058694	0,029347
Conductores y Cables - Área BESS	0,001991	0,000995	0,019908	0,009954	0,069677	0,034839
Insumos	0,102386	0,051193	1,023856	0,511928	3,583408	1,791704
Combustibles	0,017064	0,008532	0,170643	0,085321	0,597235	0,298617
SUSPEL	0,006826	0,003413	0,068257	0,034129	0,238894	0,119447
Agua Industrial - LAT	0,038114	0,019057	0,381138	0,190569	1,333949	0,666974
Agua Industrial - Área BESS	0,044988	0,022494	0,449876	0,224938	1,574528	0,787264
RESNOPEL	0,108741	0,054370	1,087406	0,543703	3,805826	1,902913
RESPEL	0,018123	0,009062	0,181234	0,090617	0,634304	0,317152
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	0,892952	0,446476	8,929517	4,464759	31,252535	15,626268
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	1,672691	0,836345	16,726908	8,363454	58,542727	29,271364
TOTAL	**3,312784**	**1,656392**	**33,127838**	**16,563919**	**115,944562**	**57,972281**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5		MP10		MPS	
	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento
Maquinarias y Herramientas	0,010342	0,005171	0,103420	0,051710	0,361960	0,180980
Acero y Anclajes	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Aridos Base y Subbase	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Estructuras Metálicas LAT	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Hormigón - LAT	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5		MP10		MPS	
	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento	Sin abatimiento	Con abatimiento
Hormigón - Área BESS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Contenedores BESS	0,030716	0,015358	0,307157	0,153578	1,075022	0,537511
Equipos Eléctricos	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Conductores y Cables - LAT	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Conductores y Cables - Área BESS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Insumos	0,085321	0,042661	0,853214	0,426607	2,986173	1,493087
Combustibles	0,014220	0,007110	0,142202	0,071101	0,497696	0,248848
SUSPEL	0,005688	0,002844	0,056881	0,028440	0,199078	0,099539
Agua Industrial - LAT	0,031761	0,015881	0,317615	0,158807	1,111624	0,555812
Agua Industrial - Área BESS	0,037490	0,018745	0,374897	0,187448	1,312106	0,656053
RESNOPEL	0,090617	0,045309	0,906172	0,453086	3,171522	1,585761
RESPEL	0,015103	0,007551	0,151029	0,075514	0,528587	0,264294
Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Excedentes a Botadero Norte (Propio)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,321259**	**0,160629**	**3,212585**	**1,606293**	**11,243770**	**5,621885**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.7 Tránsito en Caminos Pavimentados

Las emisiones por tránsito de los vehículos del Proyecto son producidas por la resuspensión de material particulado en los caminos pavimentados, para lo cual se considera el transporte de maquinaria, insumos, áridos, hormigón y agua hacia la obra, y el retiro de residuos hacia sus destinos autorizados, por la Ruta 5 Norte – Ruta 24 desde Antofagasta (214,2 [km]) y por la Ruta 24 desde Calama (76,8 [km]). Para el factor de emisión se consideró una carga de finos superficial (sL) de 0,2 [g/m^2] y el peso medio de los vehículos de cada actividad.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de tránsito en caminos pavimentados.

Tabla 33 Fórmula de factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$k \times sL^{0,91} \times (W \times 1,1023)^{1,02}$	[g/km]	k = 0,62 sL: carga superficial de finos: 0,2 [g/m²] (flujo entre 500 y 10.000 [veh/día])

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
			W: peso promedio de la flota [t]
MP2.5	$k \times sL^{0,91} \times (W \times 1{,}1023)^{1,02}$	[g/km]	k = 0,15
MPS	$k \times sL^{0,91} \times (W \times 1{,}1023)^{1,02}$	[g/km]	k = 3,23

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 34 Características de los caminos - tránsito en caminos pavimentados

Ruta	Descripción	Origen-Destino	Distancia ida [km]	Distancia ida-vuelta [km]	Tipo camino
1	Ruta 5 Norte – Ruta 24: materiales, contenedores BESS, equipos, insumos y SUSPEL	Antofagasta – Obra	214,2	428,4	PAVIMENTADO
2	Ruta 24: maquinaria, combustible, hormigón, áridos, agua y residuos	Calama – Obra	76,8	153,6	PAVIMENTADO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Características de los vehículos - tránsito en caminos pavimentados

Actividad	Vehículo	Viajes fase (ida y vuelta)	Carga útil [t]	Tara/peso vacío [t]	Peso lleno [t]	Peso medio [t]	Distancia pavimentada [km]	veh-km pavimentado
Maquinarias y Herramientas	Camión Cama Baja - Camión Tracto	80,00	40,00	20,00	60,00	40,00	76,80	6.144,00
Acero y Anclajes	Camión Rampla	24,00	25,00	18,00	43,00	30,50	214,20	5.140,80
Aridos Base y Subbase	Camión Tolva 20 [m3]	164,00	40,00	18,00	58,00	38,00	76,80	12.595,20
Estructuras Metálicas LAT	Camión Rampla - Camión Cama Baja	12,00	25,00	18,00	43,00	30,50	214,20	2.570,40
Hormigón - LAT	Camión Mixer 7 [m3]	102,00	16,80	15,00	31,80	23,40	76,80	7.833,60
Hormigón - Área BESS	Camión Mixer 7 [m3]	305,00	16,80	15,00	31,80	23,40	76,80	23.424,00
Contenedores BESS	Portacontenedor	648,00	30,00	18,00	48,00	33,00	214,20	138.801,60
Equipos Eléctricos	Camión Cama Baja / Transp. Especial	108,00	40,00	20,00	60,00	40,00	214,20	23.133,60

Actividad	Vehículo	Viajes fase (ida y vuelta)	Carga útil [t]	Tara/peso vacío [t]	Peso lleno [t]	Peso medio [t]	Distancia pavimentada [km]	veh-km pavimentado
Conductores y Cables - LAT	Camión Rampla	3,00	20,00	18,00	38,00	28,00	214,20	642,60
Conductores y Cables - Área BESS	Camión Rampla	7,00	20,00	18,00	38,00	28,00	214,20	1.499,40
Insumos	Camión Rampla - Camión 3/4	660,00	15,00	12,00	27,00	19,50	214,20	141.372,00
Combustibles	Estanque 15.000 [L]	110,00	12,60	12,00	24,60	18,30	76,80	8.448,00
SUSPEL	Camión / Camioneta ADR	44,00	5,00	8,00	13,00	10,50	214,20	9.424,80
Agua Industrial - LAT	Aljibe 25.000 [L]	125,00	25,00	18,00	43,00	30,50	76,80	9.600,00
Agua Industrial - Área BESS	Aljibe 25.000 [L]	290,00	25,00	18,00	43,00	30,50	76,80	22.272,00
RESNOPEL	Camión Rampla - Camión Tolva	132,00	25,00	18,00	43,00	30,50	76,80	10.137,60
RESPEL	Camión Tolva Estanca	22,00	10,00	10,00	20,00	15,00	76,80	1.689,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Maquinarias y Herramientas	1,131346	4,676231	24,361653
Acero y Anclajes	1,131346	4,676231	24,361653
Aridos Base y Subbase	1,131346	4,676231	24,361653
Estructuras Metálicas LAT	1,131346	4,676231	24,361653
Hormigón - LAT	1,131346	4,676231	24,361653
Hormigón - Área BESS	1,131346	4,676231	24,361653
Contenedores BESS	1,131346	4,676231	24,361653
Equipos Eléctricos	1,131346	4,676231	24,361653
Conductores y Cables - LAT	1,131346	4,676231	24,361653
Conductores y Cables - Área BESS	1,131346	4,676231	24,361653
Insumos	1,131346	4,676231	24,361653
Combustibles	1,131346	4,676231	24,361653
SUSPEL	1,131346	4,676231	24,361653
Agua Industrial - LAT	1,131346	4,676231	24,361653
Agua Industrial - Área BESS	1,131346	4,676231	24,361653
RESNOPEL	1,131346	4,676231	24,361653
RESPEL	1,131346	4,676231	24,361653

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1
Maquinarias y Herramientas	3.351,27
Acero y Anclajes	5.140,80
Aridos Base y Subbase	12.595,20
Estructuras Metálicas LAT	2.570,40
Hormigón - LAT	7.833,60
Hormigón - Área BESS	23.424,00
Contenedores BESS	115.668,00
Equipos Eléctricos	23.133,60
Conductores y Cables - LAT	642,60
Conductores y Cables - Área BESS	1.499,40
Insumos	77.112,00
Combustibles	4.608,00
SUSPEL	5.140,80
Agua Industrial - LAT	5.236,36
Agua Industrial - Área BESS	12.148,36
RESNOPEL	5.529,60
RESPEL	921,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 2
Maquinarias y Herramientas	2.792,73
Acero y Anclajes	0,00
Aridos Base y Subbase	0,00
Estructuras Metálicas LAT	0,00
Hormigón - LAT	0,00
Hormigón - Área BESS	0,00
Contenedores BESS	23.133,60
Equipos Eléctricos	0,00
Conductores y Cables - LAT	0,00
Conductores y Cables - Área BESS	0,00
Insumos	64.260,00
Combustibles	3.840,00
SUSPEL	4.284,00
Agua Industrial - LAT	4.363,64
Agua Industrial - Área BESS	10.123,64
RESNOPEL	4.608,00
RESPEL	768,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Maquinarias y Herramientas	0,003791	0,015671	0,081643

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Acero y Anclajes	0,005816	0,024040	0,125238
Aridos Base y Subbase	0,014250	0,058898	0,306840
Estructuras Metálicas LAT	0,002908	0,012020	0,062619
Hormigón - LAT	0,008863	0,036632	0,190839
Hormigón - Área BESS	0,026501	0,109536	0,570647
Contenedores BESS	0,130861	0,540890	2,817864
Equipos Eléctricos	0,026172	0,108178	0,563573
Conductores y Cables - LAT	0,000727	0,003005	0,015655
Conductores y Cables - Área BESS	0,001696	0,007012	0,036528
Insumos	0,087240	0,360593	1,878576
Combustibles	0,005213	0,021548	0,112258
SUSPEL	0,005816	0,024040	0,125238
Agua Industrial - LAT	0,005924	0,024486	0,127566
Agua Industrial - Área BESS	0,013744	0,056809	0,295954
RESNOPEL	0,006256	0,025858	0,134710
RESPEL	0,001043	0,004310	0,022452
TOTAL	**0,346820**	**1,433525**	**7,468201**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Maquinarias y Herramientas	0,003160	0,013059	0,068035
Acero y Anclajes	0,000000	0,000000	0,000000
Aridos Base y Subbase	0,000000	0,000000	0,000000
Estructuras Metálicas LAT	0,000000	0,000000	0,000000
Hormigón - LAT	0,000000	0,000000	0,000000
Hormigón - Área BESS	0,000000	0,000000	0,000000
Contenedores BESS	0,026172	0,108178	0,563573
Equipos Eléctricos	0,000000	0,000000	0,000000
Conductores y Cables - LAT	0,000000	0,000000	0,000000
Conductores y Cables - Área BESS	0,000000	0,000000	0,000000
Insumos	0,072700	0,300495	1,565480
Combustibles	0,004344	0,017957	0,093549
SUSPEL	0,004847	0,020033	0,104365
Agua Industrial - LAT	0,004937	0,020405	0,106305
Agua Industrial - Área BESS	0,011453	0,047340	0,246629
RESNOPEL	0,005213	0,021548	0,112258

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
RESPEL	0,000869	0,003591	0,018710
TOTAL	**0,133695**	**0,552607**	**2,878904**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.8 Motor de Maquinaria

Para estimar las emisiones producto de los motores de la maquinaria se requieren las horas al año que operará cada equipo, considerando una jornada laboral de 8 [h/día]. Para el factor de emisión se asumió una tecnología Stage IIIA para la maquinaria fuera de ruta y un factor de deterioro nulo, considerando la potencia y el factor de carga de cada equipo, de acuerdo con el "Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas" (2017).

El factor de emisión horario de cada equipo se obtiene como FE [g/h] = FE base [g/kWh] × P [kW] × FC × (1 + FD) × TAF, donde P corresponde a la potencia del motor, FC al factor de carga, FD al factor de deterioro y TAF al factor de ajuste por operación transiente.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de motor de maquinaria.

Tabla 41 Fórmula de factores de emisión de motor de maquinaria

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10, MP2.5, MPS, NOx, SO2, CO	$E = n \times h \times P \times (1 + FD) \times FC \times TAF \times FE$	[g/año]	n: cantidad de maquinaria h: horas de uso al año [h] P: potencia [kW] FD: factor de deterioro: 0 FC: factor de carga TAF: factor de ajuste transiente FE: factor de emisión Stage IIIA según potencia [g/kWh]

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 42 Parámetros de maquinaria

Maquinaria	Actividad asociada	Potencia [kW]	Tecnología	Factor de carga
Bomba hormigonera	Construcción de caminos y terraplenes	75	Stage IIIA	0,4300
Bulldozer	Movimiento de tierras / excavación	97	Stage IIIA	0,5900
Excavadora	Movimiento de tierras / excavación	125	Stage IIIA	0,5900

Maquinaria	Actividad asociada	Potencia [kW]	Tecnología	Factor de carga
Motoniveladora	Construcción de caminos y terraplenes	117	Stage IIIA	0,5900
Retroexcavadora	Movimiento de tierras / excavación	70	Stage IIIA	0,2100
Compactadora	Construcción de caminos y terraplenes	84	Stage IIIA	0,5900
Grúa móvil	Izaje y distribución	400	Stage IIIA	0,5900
Grúa sobre orugas	Izaje y distribución	400	Stage IIIA	0,5100
Cargador	Movimiento de tierras / excavación	127	Stage IIIA	0,5900
Máquina de tendido de conductores	Izaje y distribución	5,10	Stage V	0,5100
Minicargador	Movimiento de tierras / excavación	37	Stage IIIA	0,5100
Cargador telescópico	Tendido de cable y reparto de material	18,50	Stage V	0,4300
Rodillo neumático	Movimiento de tierras / excavación	96,50	Stage IIIA	0,5900
Grúa auxiliar	Izaje BESS	208,80	Stage IIIA	0,5100
Zanjadora	Excavación de zanjas	97	Stage IIIA	0,5900
Torre de iluminación	Iluminación de faena	4,50	Stage V	0,5100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Bomba hormigonera (Construcción de caminos y terraplenes)	12,3840	12,3840	12,3840	0,2483	117,55	99,1688
Bulldozer (Movimiento de tierras / excavación)	16,8256	16,8256	16,8256	0,4407	192,84	131,34
Excavadora (Movimiento de	21,6825	21,6825	21,6825	0,5679	248,51	169,26

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
tierras / excavación)						
Motoniveladora (Construcción de caminos y terraplenes)	20,2948	20,2948	20,2948	0,5315	232,60	158,42
Retroexcavadora (Movimiento de tierras / excavación)	6,9678	6,9678	6,9678	0,1147	67,7685	83,1138
Compactadora (Construcción de caminos y terraplenes)	14,5706	14,5706	14,5706	0,3816	167,00	113,74
Grúa móvil (Izaje y distribución)	34,6920	34,6920	34,6920	1,7700	795,23	541,62
Grúa sobre orugas (Izaje y distribución)	29,9880	29,9880	29,9880	1,5300	687,40	468,18
Cargador (Movimiento de tierras / excavación)	22,0294	22,0294	22,0294	0,5770	252,48	171,96
Máquina de tendido de conductores (Izaje y distribución)	1,0404	1,0404	1,0404	0,0211	15,8141	12,4848
Minicargador (Movimiento de tierras / excavación)	5,5478	5,5478	5,5478	0,1472	74,7705	63,5164
Cargador telescópico (Tendido de cable y reparto de material)	3,1820	3,1820	3,1820	0,0644	48,3664	31,5018
Rodillo neumático (Movimiento de tierras / excavación)	16,7389	16,7389	16,7389	0,4384	191,85	130,67
Grúa auxiliar (Izaje BESS)	15,6534	15,6534	15,6534	0,7986	358,82	244,39
Zanjadora (Excavación de zanjas)	16,8256	16,8256	16,8256	0,4407	192,84	131,34

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Torre de iluminación (Iluminación de faena)	0,9180	0,9180	0,9180	0,0186	13,9536	11,0160

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44 Nivel de actividad de motor de maquinaria, Año 1 [h/año]

Obra/Actividad	Año 1
Bomba hormigonera (Construcción de caminos y terraplenes)	3.840,00
Bulldozer (Movimiento de tierras / excavación)	3.840,00
Excavadora (Movimiento de tierras / excavación)	11.520,00
Motoniveladora (Construcción de caminos y terraplenes)	5.760,00
Retroexcavadora (Movimiento de tierras / excavación)	7.680,00
Compactadora (Construcción de caminos y terraplenes)	3.840,00
Grúa móvil (Izaje y distribución)	3.200,00
Grúa sobre orugas (Izaje y distribución)	1.600,00
Cargador (Movimiento de tierras / excavación)	3.840,00
Máquina de tendido de conductores (Izaje y distribución)	1.600,00
Minicargador (Movimiento de tierras / excavación)	5.760,00
Cargador telescópico (Tendido de cable y reparto de material)	3.200,00
Rodillo neumático (Movimiento de tierras / excavación)	7.680,00
Grúa auxiliar (Izaje BESS)	7.680,00
Zanjadora (Excavación de zanjas)	0,00
Torre de iluminación (Iluminación de faena)	11.520,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45 Nivel de actividad de motor de maquinaria, Año 2 [h/año]

Obra/Actividad	Año 2
Bomba hormigonera (Construcción de caminos y terraplenes)	0,00
Bulldozer (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Excavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Motoniveladora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,00
Retroexcavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Compactadora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,00

Obra/Actividad	Año 2
Grúa móvil (Izaje y distribución)	640,00
Grúa sobre orugas (Izaje y distribución)	1.280,00
Cargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Máquina de tendido de conductores (Izaje y distribución)	1.280,00
Minicargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Cargador telescópico (Tendido de cable y reparto de material)	640,00
Rodillo neumático (Movimiento de tierras / excavación)	0,00
Grúa auxiliar (Izaje BESS)	0,00
Zanjadora (Excavación de zanjas)	640,00
Torre de iluminación (Iluminación de faena)	9.600,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46 Emisiones por motor de maquinaria, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Bomba hormigonera (Construcción de caminos y terraplenes)	0,047555	0,047555	0,047555	0,000954	0,451397	0,380808
Bulldozer (Movimiento de tierras / excavación)	0,064610	0,064610	0,064610	0,001692	0,740514	0,504357
Excavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,249782	0,249782	0,249782	0,006542	2,862812	1,949832
Motoniveladora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,116898	0,116898	0,116898	0,003062	1,339796	0,912521
Retroexcavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,053513	0,053513	0,053513	0,000881	0,520462	0,638314
Compactadora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,055951	0,055951	0,055951	0,001465	0,641270	0,436762
Grúa móvil (Izaje y distribución)	0,111014	0,111014	0,111014	0,005664	2,544722	1,733184
Grúa sobre orugas (Izaje y distribución)	0,047981	0,047981	0,047981	0,002448	1,099837	0,749088
Cargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,084593	0,084593	0,084593	0,002216	0,969539	0,660343

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Máquina de tendido de conductores (Izaje y distribución)	0,001665	0,001665	0,001665	0,000034	0,025303	0,019976
Minicargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,031955	0,031955	0,031955	0,000848	0,430678	0,365855
Cargador telescópico (Tendido de cable y reparto de material)	0,010182	0,010182	0,010182	0,000206	0,154772	0,100806
Rodillo neumático (Movimiento de tierras / excavación)	0,128555	0,128555	0,128555	0,003367	1,473394	1,003514
Grúa auxiliar (Izaje BESS)	0,120218	0,120218	0,120218	0,006134	2,755700	1,876879
Zanjadora (Excavación de zanjas)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Torre de iluminación (Iluminación de faena)	0,010575	0,010575	0,010575	0,000214	0,160745	0,126904
TOTAL	**1,135048**	**1,135048**	**1,135048**	**0,035725**	**16,170942**	**11,459142**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47 Emisiones por motor de maquinaria, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Bomba hormigonera (Construcción de caminos y terraplenes)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Bulldozer (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Excavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Motoniveladora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Retroexcavadora (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Compactadora (Construcción de caminos y terraplenes)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Grúa móvil (Izaje y distribución)	0,022203	0,022203	0,022203	0,001133	0,508944	0,346637
Grúa sobre orugas (Izaje y distribución)	0,038385	0,038385	0,038385	0,001958	0,879870	0,599270
Cargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Máquina de tendido de conductores (Izaje y distribución)	0,001332	0,001332	0,001332	0,000027	0,020242	0,015981
Minicargador (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Cargador telescópico (Tendido de cable y reparto de material)	0,002036	0,002036	0,002036	0,000041	0,030954	0,020161
Rodillo neumático (Movimiento de tierras / excavación)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Grúa auxiliar (Izaje BESS)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Zanjadora (Excavación de zanjas)	0,010768	0,010768	0,010768	0,000282	0,123419	0,084059
Torre de iluminación (Iluminación de faena)	0,008813	0,008813	0,008813	0,000178	0,133955	0,105754
TOTAL	**0,083537**	**0,083537**	**0,083537**	**0,003620**	**1,697384**	**1,171862**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.9 Motor de Vehículos

Las emisiones producto de los motores de los vehículos en caminos pavimentados y no pavimentados dependen del tipo de combustible (diésel) y del tipo de vehículo. Para obtener el nivel de actividad se requieren los kilómetros recorridos por los vehículos al año en cada tipo de camino. Para el factor de emisión se consideró que la flota de camiones cumple con la norma de emisión Euro V.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de los motores de los vehículos en tránsito.

Tabla 48 Fórmula de factores de emisión de motor de vehículos

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10, MP2.5, MPS, NOx, SO2, CO	$E = FE \times NA$	[g/año]	FE: factor de emisión según tipo de vehículo y

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
			norma Euro V [g/veh-km] NA: kilómetros recorridos por tipo de vehículo al año [veh-km/año]

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 49 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Portacontenedor (Contenedores	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
BESS) — Camino Pavimentado						
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino Pavimentado	0,020100	0,020100	0,020100	0,004700	2,041000	0,874000
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) —	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Camino Pavimentado						
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) —	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Camino No Pavimentado						
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino No Pavimentado	0,020100	0,020100	0,020100	0,004700	2,041000	0,874000
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino No Pavimentado	0,031900	0,031900	0,031900	0,006300	3,397000	1,367000
Camión tolva 20 [m3]	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
(Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)) — Camino No Pavimentado						
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Norte (Propio)) — Camino No Pavimentado	0,036300	0,036300	0,036300	0,007500	3,615000	1,617000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Nivel de actividad de motor de vehículos, Año 1 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino Pavimentado	3.351,27
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino Pavimentado	5.140,80
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino Pavimentado	12.595,20
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino Pavimentado	2.570,40
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino Pavimentado	7.833,60
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino Pavimentado	23.424,00
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino Pavimentado	115.668,00
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino Pavimentado	23.133,60
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino Pavimentado	642,60
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino Pavimentado	1.499,40
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino Pavimentado	77.112,00
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino Pavimentado	4.608,00
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino Pavimentado	5.140,80
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino Pavimentado	5.236,36
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino Pavimentado	12.148,36

Obra/Actividad	Año 1
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino Pavimentado	5.529,60
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino Pavimentado	921,60
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino No Pavimentado	126,55
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino No Pavimentado	136,80
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino No Pavimentado	475,60
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino No Pavimentado	68,40
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino No Pavimentado	581,40
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino No Pavimentado	884,50
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino No Pavimentado	1.566,00
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino No Pavimentado	313,20
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino No Pavimentado	17,10
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino No Pavimentado	20,30
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino No Pavimentado	1.044,00
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino No Pavimentado	174,00
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino No Pavimentado	69,60
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino No Pavimentado	388,64
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino No Pavimentado	458,73
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino No Pavimentado	1.108,80
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino No Pavimentado	184,80
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)) — Camino No Pavimentado	9.105,20
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Norte (Propio)) — Camino No Pavimentado	17.056,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51 Nivel de actividad de motor de vehículos, Año 2 [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 2
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino Pavimentado	2.792,73
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,00
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino Pavimentado	23.133,60
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,00
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino Pavimentado	64.260,00
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino Pavimentado	3.840,00
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino Pavimentado	4.284,00
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino Pavimentado	4.363,64
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino Pavimentado	10.123,64
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino Pavimentado	4.608,00
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino Pavimentado	768,00
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino No Pavimentado	105,45
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,00

Obra/Actividad	Año 2
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino No Pavimentado	313,20
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino No Pavimentado	870,00
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino No Pavimentado	145,00
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino No Pavimentado	58,00
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino No Pavimentado	323,86
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino No Pavimentado	382,27
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino No Pavimentado	924,00
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino No Pavimentado	154,00
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)) — Camino No Pavimentado	0,00
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Norte (Propio)) — Camino No Pavimentado	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Emisiones por motor de vehículos, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino Pavimentado	0,000122	0,000122	0,000122	0,000025	0,012115	0,005419
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino Pavimentado	0,000187	0,000187	0,000187	0,000039	0,018584	0,008313
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino Pavimentado	0,000457	0,000457	0,000457	0,000094	0,045532	0,020366
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras	0,000093	0,000093	0,000093	0,000019	0,009292	0,004156

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Metálicas LAT) — Camino Pavimentado						
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino Pavimentado	0,000250	0,000250	0,000250	0,000049	0,026611	0,010709
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000747	0,000747	0,000747	0,000148	0,079571	0,032021
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino Pavimentado	0,004199	0,004199	0,004199	0,000868	0,418140	0,187035
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino Pavimentado	0,000840	0,000840	0,000840	0,000174	0,083628	0,037407
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino Pavimentado	0,000023	0,000023	0,000023	0,000005	0,002323	0,001039
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000054	0,000054	0,000054	0,000011	0,005420	0,002425
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino Pavimentado	0,002460	0,002460	0,002460	0,000486	0,261949	0,105412
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino Pavimentado	0,000147	0,000147	0,000147	0,000029	0,015653	0,006299
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino Pavimentado	0,000103	0,000103	0,000103	0,000024	0,010492	0,004493
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino Pavimentado	0,000190	0,000190	0,000190	0,000039	0,018929	0,008467

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000441	0,000441	0,000441	0,000091	0,043916	0,019644
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino Pavimentado	0,000176	0,000176	0,000176	0,000035	0,018784	0,007559
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino Pavimentado	0,000029	0,000029	0,000029	0,000006	0,003131	0,001260
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino No Pavimentado	0,000005	0,000005	0,000005	0,000001	0,000457	0,000205
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino No Pavimentado	0,000005	0,000005	0,000005	0,000001	0,000495	0,000221
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino No Pavimentado	0,000017	0,000017	0,000017	0,000004	0,001719	0,000769
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino No Pavimentado	0,000002	0,000002	0,000002	0,000001	0,000247	0,000111
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000019	0,000019	0,000019	0,000004	0,001975	0,000795
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000028	0,000028	0,000028	0,000006	0,003005	0,001209
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino No Pavimentado	0,000057	0,000057	0,000057	0,000012	0,005661	0,002532

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino No Pavimentado	0,000011	0,000011	0,000011	0,000002	0,001132	0,000506
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000062	0,000028
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000073	0,000033
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino No Pavimentado	0,000033	0,000033	0,000033	0,000007	0,003546	0,001427
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino No Pavimentado	0,000006	0,000006	0,000006	0,000001	0,000591	0,000238
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino No Pavimentado	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000142	0,000061
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000014	0,000014	0,000014	0,000003	0,001405	0,000628
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000017	0,000017	0,000017	0,000003	0,001658	0,000742
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino No Pavimentado	0,000035	0,000035	0,000035	0,000007	0,003767	0,001516
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino No Pavimentado	0,000006	0,000006	0,000006	0,000001	0,000628	0,000253
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a	0,000331	0,000331	0,000331	0,000068	0,032915	0,014723

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Botadero Sur (Rellenos PV)) — Camino No Pavimentado						
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Norte (Propio)) — Camino No Pavimentado	0,000619	0,000619	0,000619	0,000128	0,061657	0,027580
TOTAL	**0,011727**	**0,011727**	**0,011727**	**0,002390**	**1,195208**	**0,515599**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 Emisiones por motor de vehículos, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino Pavimentado	0,000101	0,000101	0,000101	0,000021	0,010096	0,004516
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino Pavimentado	0,000840	0,000840	0,000840	0,000174	0,083628	0,037407
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino Pavimentado	0,002050	0,002050	0,002050	0,000405	0,218291	0,087843
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino Pavimentado	0,000122	0,000122	0,000122	0,000024	0,013044	0,005249
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino Pavimentado	0,000086	0,000086	0,000086	0,000020	0,008744	0,003744
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino Pavimentado	0,000158	0,000158	0,000158	0,000033	0,015775	0,007056
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino Pavimentado	0,000367	0,000367	0,000367	0,000076	0,036597	0,016370
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino Pavimentado	0,000147	0,000147	0,000147	0,000029	0,015653	0,006299
Camión Tolva Estanca (RESPEL) —	0,000024	0,000024	0,000024	0,000005	0,002609	0,001050

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Camino Pavimentado						
Camión Cama Baja - Camión Tracto (Maquinarias y Herramientas) — Camino No Pavimentado	0,000004	0,000004	0,000004	0,000001	0,000381	0,000171
Camión Rampla (Acero y Anclajes) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Tolva 20 [m3] (Aridos Base y Subbase) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla - Camión Cama Baja (Estructuras Metálicas LAT) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Mixer 7 [m3] (Hormigón - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Portacontenedor (Contenedores BESS) — Camino No Pavimentado	0,000011	0,000011	0,000011	0,000002	0,001132	0,000506
Camión Cama Baja / Transp. Especial (Equipos Eléctricos) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla (Conductores y Cables - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión Rampla (Conductores y Cables - Área BESS)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
— Camino No Pavimentado						
Camión Rampla - Camión 3/4 (Insumos) — Camino No Pavimentado	0,000028	0,000028	0,000028	0,000005	0,002955	0,001189
Estanque 15.000 [L] (Combustibles) — Camino No Pavimentado	0,000005	0,000005	0,000005	0,000001	0,000493	0,000198
Camión / Camioneta ADR (SUSPEL) — Camino No Pavimentado	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000118	0,000051
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - LAT) — Camino No Pavimentado	0,000012	0,000012	0,000012	0,000002	0,001171	0,000524
Aljibe 25.000 [L] (Agua Industrial - Área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000014	0,000014	0,000014	0,000003	0,001382	0,000618
Camión Rampla - Camión Tolva (RESNOPEL) — Camino No Pavimentado	0,000029	0,000029	0,000029	0,000006	0,003139	0,001263
Camión Tolva Estanca (RESPEL) — Camino No Pavimentado	0,000005	0,000005	0,000005	0,000001	0,000523	0,000211
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Sur (Rellenos PV)) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Camión tolva 20 [m3] (Excedentes a Botadero Norte (Propio)) — Camino No Pavimentado	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,004006**	**0,004006**	**0,004006**	**0,000808**	**0,415731**	**0,174265**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.10 Grupo Electrógeno

Las emisiones del grupo electrógeno se estiman a partir del consumo de combustible diésel del equipo. Se consideró un grupo electrógeno de 80 [kW] de potencia y una densidad del diésel de 0,84 [kg/L]. El nivel de actividad corresponde a los kilogramos de combustible consumidos al año.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de la operación del grupo electrógeno.

Tabla 54 Fórmula de factores de emisión de grupo electrógeno

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	0,0060783	[kg/kg comb.]	Diésel, potencia menor a 447 [kW]
MP2.5	0,0060783	[kg/kg comb.]	Diésel, potencia menor a 447 [kW]
MPS	0,0060783	[kg/kg comb.]	Se consideró igual al MP10
NOx	0,0864700	[kg/kg comb.]	Diésel, potencia menor a 447 [kW]
SO2	0,0056862	[kg/kg comb.]	Diésel, potencia menor a 447 [kW]
CO	0,0186271	[kg/kg comb.]	Diésel, potencia menor a 447 [kW]

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 55 Factores de emisión de grupo electrógeno [kg/kg comb.]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,0061	0,0061	0,0061	0,0057	0,0865	0,0186
Grupo electrógeno - Instalación de faenas	0,0061	0,0061	0,0061	0,0057	0,0865	0,0186
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,0061	0,0061	0,0061	0,0057	0,0865	0,0186

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56 Nivel de actividad de grupo electrógeno, Año 1 [kg comb./año]

Obra/Actividad	Año 1
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	13.386,24
Grupo electrógeno - Instalación de faenas	13.386,24
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	13.386,24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57 Nivel de actividad de grupo electrógeno, Año 2 [kg comb./año]

Obra/Actividad	Año 2
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,00
Grupo electrógeno - Instalación de faenas	0,00
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58 Emisiones por grupo electrógeno, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,081366	0,081366	0,081366	0,076116	1,157508	0,249347
Grupo electrógeno - Instalación de faenas	0,081366	0,081366	0,081366	0,076116	1,157508	0,249347
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,081366	0,081366	0,081366	0,076116	1,157508	0,249347
TOTAL	**0,244097**	**0,244097**	**0,244097**	**0,228349**	**3,472525**	**0,748040**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59 Emisiones por grupo electrógeno, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Grupo electrógeno - Instalación de faenas	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.11 Compactación

El nivel de actividad de las compactaciones corresponde a las horas de operación del rodillo compactador, las cuales se determinan mediante el área a compactar, el ancho del rodillo compactador de 2,134 [m] (ficha técnica), el número de pasadas y una velocidad de operación de 10 [km/h]. Para el factor de emisión se consideró un 7,9 [%] de humedad y un 6,9% de contenido de finos.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de compactación.

Tabla 60 Fórmula de factores de emisión de compactación

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$0{,}75 \times 0{,}45 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	[kg/h]	s: porcentaje de finos del suelo: 6,9% M: porcentaje de humedad del suelo: 7,9 [%]
MP2.5	$0{,}105 \times 2{,}6 \times \frac{s^{1,2}}{M^{1,3}}$	[kg/h]	
MPS	$0{,}45 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	[kg/h]	

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 61 Factores de emisión de compactación [kg/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma zona de baterías (BESS) y caminos internos	0,188741	0,338742	1,797534
Plataforma subestación elevadora	0,188741	0,338742	1,797534
Instalación de faenas	0,188741	0,338742	1,797534
Edificio O&M	0,188741	0,338742	1,797534

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62 Nivel de actividad de compactación, Año 1 [h/año]

Obra/Actividad	Año 1
Plataforma zona de baterías (BESS) y caminos internos	38,25
Plataforma subestación elevadora	21,70
Instalación de faenas	16,74
Edificio O&M	4,28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63 Nivel de actividad de compactación, Año 2 [h/año]

Obra/Actividad	Año 2
Plataforma zona de baterías (BESS) y caminos internos	0,00
Plataforma subestación elevadora	0,00
Instalación de faenas	0,00
Edificio O&M	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64 Emisiones por compactación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma zona de baterías (BESS) y caminos internos	0,007220	0,012957	0,068758
Plataforma subestación elevadora	0,004096	0,007352	0,039013
Instalación de faenas	0,003160	0,005672	0,030099
Edificio O&M	0,000808	0,001451	0,007698
TOTAL	**0,015285**	**0,027432**	**0,145567**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65 Emisiones por compactación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma zona de baterías (BESS) y caminos internos	0,000000	0,000000	0,000000
Plataforma subestación elevadora	0,000000	0,000000	0,000000
Instalación de faenas	0,000000	0,000000	0,000000
Edificio O&M	0,000000	0,000000	0,000000
TOTAL	**0,000000**	**0,000000**	**0,000000**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.12 Erosión Eólica

Las emisiones por erosión eólica se generan por la acción del viento sobre las superficies expuestas de acopio de material, como los botaderos de excedentes del Proyecto. El nivel de actividad corresponde a la superficie expuesta multiplicada por los días de exposición al año [ha-día/año]. Para el factor de emisión se consideró un contenido de sedimento fino de 8,5%, un 0,25% del tiempo con velocidades de viento superiores a 5,4 [m/s] y 0 días al año con precipitaciones iguales o superiores a 0,254 [mm].

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de la erosión eólica.

Tabla 66 Fórmula de factores de emisión de erosión eólica

Contaminante	Fórmula Factor de Emisión	Unidades	Parámetros
MP10	$k \times \left(\frac{s}{1{,}5}\right) \times \left(\frac{f}{15}\right)$	[kg/ha-día]	k = 0,953 s: porcentaje de finos del material: 8,5% f: % del tiempo con viento > 5,4 [m/s]: 0,25%
MP2.5	$k \times \left(\frac{s}{1{,}5}\right) \times \left(\frac{f}{15}\right)$	[kg/ha-día]	k = 0,146
MPS	$k \times \left(\frac{s}{1{,}5}\right) \times \left(\frac{f}{15}\right)$	[kg/ha-día]	k = 1,905

Fuente: Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025).

Tabla 67 Factores de emisión de erosión eólica [kg/ha-día]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Botadero sur de excedentes (interior del proyecto)	0,0138	0,0900	0,1799
Botadero Norte de excedentes (interior del proyecto)	0,0138	0,0900	0,1799

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68 Nivel de actividad de erosión eólica, Año 1 [ha-día/año]

Obra/Actividad	Año 1
Botadero sur de excedentes (interior del proyecto)	511,20
Botadero Norte de excedentes (interior del proyecto)	446,40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69 Nivel de actividad de erosión eólica, Año 2 [ha-día/año]

Obra/Actividad	Año 2
Botadero sur de excedentes (interior del proyecto)	426,00
Botadero Norte de excedentes (interior del proyecto)	372,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70 Emisiones por erosión eólica, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Botadero sur de excedentes (interior del proyecto)	0,007049	0,046011	0,091973

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Botadero Norte de excedentes (interior del proyecto)	0,006155	0,040178	0,080315
TOTAL	**0,013204**	**0,086189**	**0,172288**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71 Emisiones por erosión eólica, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Botadero sur de excedentes (interior del proyecto)	0,005874	0,038342	0,076645
Botadero Norte de excedentes (interior del proyecto)	0,005129	0,033482	0,066929
TOTAL	**0,011004**	**0,071824**	**0,143574**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.13 Porcentajes de Abatimiento

En esta sección se presentan los porcentajes de abatimiento considerados en la estimación de emisiones. Se aplicará humectación con agua o supresor de polvo para la estabilización de los caminos no pavimentados, con el objeto de mejorar el tránsito y minimizar el levantamiento de polvo. En la siguiente tabla se muestran las actividades consideradas con el porcentaje de abatimiento correspondiente.

Tabla 72 Porcentajes de abatimiento

Fuente	Descripción	Porcentaje de Abatimiento (%)
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	Humectación / supresor de polvo	50

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.3.14 Resumen de Emisiones

En las siguientes tablas se presenta el resumen de emisiones por fuente para cada uno de los contaminantes evaluados, considerando los abatimientos indicados en la sección anterior.

Tabla 73 Emisiones totales por fuente, Año 1 [t/año]

Fuente	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Escarpe	0,054338	0,362252	0,362252	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,636478	1,142316	6,061692	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,008416	0,079464	0,271497	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,015285	0,027432	0,145567	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,011027	0,072820	0,153963	0,000000	0,000000	0,000000
Erosión Eólica	0,013204	0,086189	0,172288	0,000000	0,000000	0,000000
Grupo Electrógeno	0,244097	0,244097	0,244097	3,472525	0,228349	0,748040

Fuente	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Motor Maquinaria	1,135048	1,135048	1,135048	16,170942	0,035725	11,459142
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,346820	1,433525	7,468201	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	1,656392	16,563919	57,972281	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos	0,011727	0,011727	0,011727	1,195208	0,002390	0,515599
TOTAL	**4,132832**	**21,158790**	**73,998612**	**20,838674**	**0,266464**	**12,722782**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74 Emisiones totales por fuente, Año 2 [t/año]

Fuente	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Escarpe	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Erosión Eólica	0,011004	0,071824	0,143574	0,000000	0,000000	0,000000
Grupo Electrógeno	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Maquinaria	0,083537	0,083537	0,083537	1,697384	0,003620	1,171862
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,133695	0,552607	2,878904	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	0,160629	1,606293	5,621885	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos	0,004006	0,004006	0,004006	0,415731	0,000808	0,174265
TOTAL	**0,392871**	**2,318267**	**8,731905**	**2,113116**	**0,004428**	**1,346127**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75 Emisiones totales por fuente, fase de construcción [t/fase]

Fuente	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Escarpe	0,054338	0,362252	0,362252	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,636478	1,142316	6,061692	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,008416	0,079464	0,271497	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,015285	0,027432	0,145567	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,011027	0,072820	0,153963	0,000000	0,000000	0,000000
Erosión Eólica	0,024208	0,158014	0,315862	0,000000	0,000000	0,000000
Grupo Electrógeno	0,244097	0,244097	0,244097	3,472525	0,228349	0,748040
Motor Maquinaria	1,218585	1,218585	1,218585	17,868326	0,039345	12,631004
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,480516	1,986132	10,347105	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	1,817021	18,170212	63,594166	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos	0,015733	0,015733	0,015733	1,610939	0,003198	0,689864
TOTAL	**4,525703**	**23,477056**	**82,730518**	**22,951790**	**0,270892**	**14,068909**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4 Estimación de Inventario de Emisiones de Forzantes Climáticos de Vida Corta Fase de Operación

En este capítulo se presenta la estimación del inventario de emisiones atmosféricas para la fase de operación del Proyecto, cuya duración se estima en 35 años. Las emisiones se calcularon para un año tipo de operación aplicando la ecuación 1, a partir de los factores de emisión de la "Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta" (SEA, 2025) y de los niveles de actividad declarados por el titular.

Las fuentes de emisión consideradas corresponden a la operación de los grupos electrógenos de respaldo, los motores de la maquinaria utilizada en labores de mantención, el tránsito de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados, y los motores de dichos vehículos. Las emisiones totales de la fase se obtienen multiplicando la emisión anual por los años de operación.

1.2.3.4.1 Supuestos

Para la estimación del inventario de emisiones de la fase de operación se consideraron los siguientes supuestos:

1. **Duración de la fase:** 35 años de operación. Las emisiones se estiman para un año tipo, considerando actividad constante durante toda la fase.

2. **Grupo electrógeno:** dos equipos diésel de respaldo, ubicados en la plataforma de la zona de baterías (BESS) y en la plataforma de la subestación elevadora, con un funcionamiento de 108 [h/año] por unidad y un consumo de combustible de 1.901 [L/año] por unidad (14,79 [kg/h]). Se utilizan factores de emisión para equipos diésel de potencia menor a 447 [kW].
3. **Motores de maquinaria:** maquinaria fuera de ruta con tecnología Stage IIIA y edad igual a 0 años (sin factor de deterioro). Se considera una retroexcavadora de 70 [kW] (factor de carga 0,21) que opera 8 [h/día], 4 días/mes durante 12 meses al año, y una grúa móvil de 400 [kW] (factor de carga 0,59) que opera 8 [h/día], 4 días/mes durante 3 meses al año.
4. **Tránsito vehicular en caminos pavimentados:** carga de finos superficial (sL) de 0,2 [g/m²] y sin corrección por lluvia (factor 1). Se consideran 52 [viajes/año] de inspección y mantención de equipos desde Antofagasta (Ruta 5 Norte, Ruta 24 y caminos internos hasta la entrada del Proyecto, 214,2 [km] por tramo).
5. **Tránsito vehicular en caminos no pavimentados:** contenido de sedimento fino (s) de 8,5 %, peso medio de la flota (W) de 10,5 [t], correspondiente al promedio entre el camión ADR vacío (8 [t]) y cargado (13 [t]), velocidad media de 30 [km/h] y un recorrido no pavimentado de 15,4 [km] por tramo (30,8 [km] ida y vuelta), que comprende el empalme Ruta 24 – Proyecto (1,2 [km]) y los caminos internos hacia las obras del sector sur (1,7 [km]), entre el sector sur y el botadero norte (8,0 [km]) y de la línea de transmisión entre el Proyecto y la Subestación Kimal (4,5 [km]), sin corrección por lluvia (factor 1).
6. **Motores de vehículos:** camión/camioneta ADR diésel, asimilado a la categoría de vehículos pesados de 7,5 a 16 [t] con norma de emisión Euro V; no se consideran vehículos livianos.
7. **Precipitación:** se asume 0 días al año con precipitación ≥ 0,254 [mm], dado que se trata de una zona hiperárida sin datos disponibles (comuna de María Elena).
8. **Medidas de abatimiento:** no se consideran medidas de abatimiento para la fase de operación (eficiencia de abatimiento de 0%).

1.2.3.4.2 Grupo Electrógeno

Durante la fase de operación se considera la utilización de dos grupos electrógenos diésel de respaldo, ubicados en la plataforma de la zona de baterías (BESS) y en la plataforma de la subestación elevadora, los cuales operarán ante contingencias. Las emisiones se estiman a partir del consumo de combustible de los equipos, considerando un funcionamiento de 108 [h/año] por unidad y un consumo de 1.901 [L/año] de diésel por unidad (14,79 [kg/h]). El nivel de actividad corresponde a los kilogramos de combustible consumidos al año.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de la operación de los grupos electrógenos.

Tabla 76 Factores de emisión de grupo electrógeno [kg/kg comb.]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,0061	0,0061	0,0061	0,0057	0,0865	0,0186
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,0061	0,0061	0,0061	0,0057	0,0865	0,0186

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77 Nivel de actividad de grupo electrógeno, año tipo de operación [kg comb./año]

Obra/Actividad	Año tipo
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	1.596,84
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	1.596,84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78 Emisiones por grupo electrógeno, año tipo de operación [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Grupo electrógeno - Plataforma zona de baterías (BESS)	0,009706	0,009706	0,009706	0,009080	0,138079	0,029744
Grupo electrógeno - Plataforma subestación elevadora	0,009706	0,009706	0,009706	0,009080	0,138079	0,029744
TOTAL	**0,019412**	**0,019412**	**0,019412**	**0,018160**	**0,276158**	**0,059489**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4.3 Motor de Maquinaria

Las emisiones por motor de maquinaria corresponden a la combustión de diésel en los equipos fuera de ruta utilizados en las labores de mantención durante la operación del Proyecto: una retroexcavadora de 70 [kW] para la mantención de caminos y obras menores, y una grúa móvil de 400 [kW] para el recambio y la mantención correctiva de equipos.

Los factores de emisión se determinan en función de la potencia, el factor de carga y la tecnología del motor (Stage IIIA), mientras que el nivel de actividad corresponde a las horas de trabajo anuales de cada equipo.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de la operación de la maquinaria.

Tabla 79 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO2	FE NOx	FE CO
Retroexcavadora — Mantención de caminos y obras menores	4,3218	4,3218	4,3218	0,1147	58,2473	49,4802
Grúa móvil — Recambio/mantención correctiva de equipos	34,6920	34,6920	34,6920	1,7700	795,2256	541,6200

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80 Nivel de actividad de motor de maquinaria, año tipo de operación [h/año]

Obra/Actividad	Año tipo
Retroexcavadora — Mantención de caminos y obras menores	384,00
Grúa móvil — Recambio/mantención correctiva de equipos	96,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81 Emisiones por motor de maquinaria, año tipo de operación [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO2	NOx	CO
Retroexcavadora — Mantención de caminos y obras menores	0,001660	0,001660	0,001660	0,000044	0,022367	0,019000
Grúa móvil — Recambio/mantención correctiva de equipos	0,003330	0,003330	0,003330	0,000170	0,076342	0,051996
TOTAL	**0,004990**	**0,004990**	**0,004990**	**0,000214**	**0,098709**	**0,070996**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4.4 Tránsito Vehicular en Caminos Pavimentados

Corresponde a la resuspensión de material particulado producto del tránsito de vehículos por caminos pavimentados durante la operación del Proyecto, asociado a los viajes de inspección y mantención de equipos en camión o camioneta ADR desde Antofagasta (Ruta 5 Norte, Ruta 24 y caminos internos hasta la entrada del Proyecto, 214,2 [km] por tramo).

El factor de emisión depende de la carga de finos superficial del camino (0,2 [g/m²]) y del peso medio de la flota (10,5 [t]), mientras que el nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos al año por los vehículos, considerando 52 viajes al año.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto del tránsito en caminos pavimentados.

Tabla 82 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Inspección y mantención de equipos	0,4215	1,7422	9,0761

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados, año tipo de operación [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año tipo
Inspección y mantención de equipos	22.276,80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, año tipo de operación [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Inspección y mantención de equipos	0,009389	0,038810	0,202186
TOTAL	**0,009389**	**0,038810**	**0,202186**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4.5 Tránsito Vehicular en Caminos No Pavimentados

Corresponde a la resuspensión de material particulado producto del tránsito de los vehículos de inspección y mantención de equipos por los caminos no pavimentados del Proyecto, con un recorrido de 15,4 [km] por tramo (30,8 [km] ida y vuelta) que comprende el empalme Ruta 24 – Proyecto y los caminos internos hacia las obras del sector sur, el botadero norte y la línea de transmisión hasta la Subestación Kimal.

El factor de emisión depende del contenido de sedimento fino del camino (8,5%) y del peso medio de la flota (10,5 [t]), mientras que el nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos al año por los vehículos. No se consideran medidas de abatimiento para esta fuente. En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto del tránsito en caminos no pavimentados.

Tabla 85 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Inspección y mantención de equipos	56,9350	569,3501	1.992,6761

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados, año tipo de operación [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año tipo
Inspección y mantención de equipos	1.601,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, año tipo de operación [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Inspección y mantención de equipos	0,091187	0,911871	3,191470
TOTAL	**0,091187**	**0,911871**	**3,191470**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4.6 Motor de Vehículos

Las emisiones por motor de vehículos corresponden a la combustión de diésel en los motores de los vehículos que transitan durante la operación del Proyecto (camión/camioneta ADR), tanto en caminos pavimentados como no pavimentados. Los factores de emisión corresponden a vehículos pesados diésel de 7,5 a 16 [t] con norma Euro V. El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos al año en cada tipo de camino.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de los motores de vehículos.

Tabla 88 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS	FE SO_2	FE NOx	FE CO
Camión / camioneta ADR — Camino Pavimentado	0,0201	0,0201	0,0201	0,0047	2,0410	0,8740
Camión / camioneta ADR — Camino No Pavimentado	0,0201	0,0201	0,0201	0,0047	2,0410	0,8740

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89 Nivel de actividad de motor de vehículos, año tipo de operación [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año tipo
Camión / camioneta ADR — Camino Pavimentado	22.276,80
Camión / camioneta ADR — Camino No Pavimentado	1.601,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90 Emisiones por motor de vehículos, año tipo de operación [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS	SO_2	NOx	CO
Camión / camioneta ADR — Camino Pavimentado	0,000448	0,000448	0,000448	0,000105	0,045467	0,019470
Camión / camioneta ADR — Camino No Pavimentado	0,000032	0,000032	0,000032	0,000008	0,003269	0,001400
TOTAL	**0,000480**	**0,000480**	**0,000480**	**0,000112**	**0,048736**	**0,020870**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4.7 Resumen de Emisiones

En las siguientes tablas se presenta el resumen de emisiones por fuente para cada uno de los contaminantes evaluados durante la fase de operación, para un año tipo y para el total de la fase (35 años). No se consideran medidas de abatimiento para esta fase.

Tabla 91 Emisiones totales por fuente, año tipo de operación [t/año]

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Grupo Electrógeno	0,019412	0,019412	0,019412	0,276158	0,018160	0,059489
Motor Maquinaria	0,004990	0,004990	0,004990	0,098709	0,000214	0,070996
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,009389	0,038810	0,202186	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	0,091187	0,911871	3,191470	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos Camino Pavimentado	0,000448	0,000448	0,000448	0,045467	0,000105	0,019470
Motor Vehículos Camino No Pavimentado	0,000032	0,000032	0,000032	0,003269	0,000008	0,001400
TOTAL	**0,125459**	**0,975563**	**3,418538**	**0,423602**	**0,018486**	**0,151355**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92 Emisiones totales por fuente, fase de operación [t/fase]

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Grupo Electrógeno	0,679425	0,679425	0,679425	9,665513	0,635592	2,082115

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Motor Maquinaria	0,174650	0,174650	0,174650	3,454801	0,007488	2,484857
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,328631	1,358341	7,076517	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	3,191549	31,915491	111,701451	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos Camino Pavimentado	0,015672	0,015672	0,015672	1,591343	0,003665	0,681447
Motor Vehículos Camino No Pavimentado	0,001127	0,001127	0,001127	0,114410	0,000263	0,048993
TOTAL	**4,391054**	**34,144705**	**119,648842**	**14,826068**	**0,647008**	**5,297412**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5 Estimación de Inventario de Emisiones DE FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA Fase de Cierre

En este capítulo se presenta la estimación del inventario de emisiones atmosféricas para la fase de cierre del Proyecto, cuya duración se estima en 18 meses, distribuidos en un Año 1 (12 meses) y un Año 2 (6 meses). Las emisiones se calcularon aplicando la ecuación 1, a partir de los factores de emisión del AP-42 de la EPA, del EMEP/EEA 2023 y de la "Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta" (SEA, 2025), y de los niveles de actividad declarados por el titular. Las fuentes de emisión consideradas corresponden a las actividades de restitución de geoforma (escarpe, excavación, nivelación, compactación y carga y descarga de material), a los motores de la maquinaria utilizada en el desmontaje de obras, al tránsito de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados, y a los motores de dichos vehículos.

Supuestos

Para la estimación del inventario de emisiones de la fase de cierre se consideraron los siguientes supuestos:

1. **Duración de la fase:** 18 meses, distribuidos en un Año 1 de 12 meses y un Año 2 de 6 meses. Los niveles de actividad se reparten proporcionalmente entre ambos años según el cronograma de cierre.
2. **Movimiento de tierras:** dado que no se cuenta con información específica para el cierre, se reutilizan las cubicaciones de la fase de construcción para la restitución de geoforma, el retiro de fundaciones y zanjas, y el perfilado de superficies.
3. **Escarpe:** profundidad de escarpe de 0,4 [m], factor de escarpe de 3,57 [km/ha] y contenido de sedimento fino (s) de 8,5%.

4. **Excavación:** rendimiento de la excavadora de 54,27 [m³/h], esponjamiento del material de 20%, porcentaje de finos (s) de 6,9% y humedad del material (M) de 7,9 [%].
5. **Nivelación:** ancho de hoja de la motoniveladora de 3,7 [m] y velocidad media de la motoniveladora (S) de 11,4 [km/h].
6. **Compactación:** ancho del rodillo compactador de 2,134 [m], velocidad del rodillo de 10 [km/h], porcentaje de finos (s) de 6,9% y humedad (M) de 7,9 [%].
7. **Carga y descarga:** velocidad media del viento (U) de 1,67 [m/s], humedad del material (M) de 6,5 [%] y densidad de áridos de 2 [t/m³]. Se considera una carga y una descarga por cada tonelada de material movido (factor 2).
8. **Motores de maquinaria:** maquinaria fuera de ruta con tecnología Stage IIIA y factor de deterioro igual a 0, con una jornada de 8 [h/día] y 20 días/mes. Se consideran 3 bulldozer (97 [kW]), 6 excavadoras (125 [kW]), 3 motoniveladoras (117 [kW]), 3 retroexcavadoras (70 [kW]), 4 grúas móviles (400 [kW]), 2 grúas sobre orugas (400 [kW]) y 4 cargadores (127 [kW]).
9. **Flota y viajes:** se asumen los mismos viajes que en la fase de construcción, correspondientes a 164 viajes de camión tolva de 20 [m³] (áridos de base y subbase), 12 viajes de rampla/cama baja (estructuras metálicas de la LAT) y 415 viajes de camión aljibe de 25.000 [L] (agua industrial: 125 para la LAT y 290 para el área BESS). Según los flujos vehiculares declarados por el titular, los viajes informados ya incluyen la ida y el regreso.
10. **Tránsito vehicular en caminos pavimentados:** carga de finos superficial (sL) de 0,2 [g/m²], sin corrección por lluvia (factor 1), y distancias por viaje de 76,8 [km] para el camión tolva y los camiones aljibe (Ruta 24, desde Calama) y de 214,2 [km] para la rampla/cama baja (Ruta 5 Norte y Ruta 24, desde Antofagasta).
11. **Tránsito vehicular en caminos no pavimentados:** contenido de sedimento fino (s) de 8,5%, peso medio ponderado de la flota (W) de 32,58 [t] y tramos por viaje de 2,9 [km] hacia el área BESS (empalme Ruta 24 – Proyecto de 1,2 [km] y 1,7 [km] de camino interno) y de 5,7 [km] hacia la LAT (empalme de 1,2 [km] y 4,5 [km] del camino de la línea de transmisión hasta la SE Kimal), sin corrección por lluvia (factor 1).
12. **Motores de vehículos:** vehículos diésel con norma de emisión Euro V; los camiones se asimilan a la categoría de vehículos pesados de más de 32 [t].
13. **Precipitación:** se asume 0 días al año con precipitación ≥ 0,254 [mm], dado que se trata de una zona hiperárida.
14. **Medidas de abatimiento:** se aplica una eficiencia de abatimiento del 50% en el tránsito por caminos no pavimentados, mediante humectación. Para las demás actividades no se consideran medidas de abatimiento.

1.2.3.5.1 Estimación de Inventario de Emisiones

1.2.3.5.1.1 Escarpe

El escarpe consiste en la remoción de la capa superficial del suelo mediante bulldozer. Durante el cierre, esta actividad se asocia a la restitución de geoforma en las plataformas de la subestación elevadora y de la zona de baterías (BESS), las fundaciones de la línea de transmisión, las plazas de tendido, las huellas de acceso y el edificio de O&M. El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por el equipo, determinados a partir del área intervenida y un factor de escarpe de 3,57 [km/ha].

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de escarpe.

Tabla 93 Factores de emisión de escarpe [kg/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora	0,8550	5,7000	5,7000
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,8550	5,7000	5,7000
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,8550	5,7000	5,7000
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,8550	5,7000	5,7000
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,8550	5,7000	5,7000
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,8550	5,7000	5,7000
Plazas de tendido	0,8550	5,7000	5,7000
Huellas de acceso	0,8550	5,7000	5,7000
Edificio O&M	0,8550	5,7000	5,7000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94 Nivel de actividad de escarpe [km/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Plataforma subestación elevadora	10,47	5,24
Plataforma zona de baterías (BESS)	18,46	9,23
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,37	0,19
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,32	0,16
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,11	0,05
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,11	0,05
Plazas de tendido	0,63	0,32
Huellas de acceso	1,75	0,88
Edificio O&M	2,07	1,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95 Emisiones por escarpe, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,008954	0,059690	0,059690
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,015780	0,105199	0,105199
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,000320	0,002137	0,002137
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,000275	0,001831	0,001831
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,000092	0,000610	0,000610
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,000092	0,000610	0,000610
Plazas de tendido	0,000540	0,003598	0,003598
Huellas de acceso	0,001500	0,009997	0,009997
Edificio O&M	0,001767	0,011777	0,011777
TOTAL	**0,029318**	**0,195451**	**0,195451**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 96 Emisiones por escarpe, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,004477	0,029845	0,029845
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,007890	0,052600	0,052600
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud)	0,000160	0,001068	0,001068
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud)	0,000137	0,000916	0,000916
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud)	0,000046	0,000305	0,000305
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud)	0,000046	0,000305	0,000305
Plazas de tendido	0,000270	0,001799	0,001799
Huellas de acceso	0,000750	0,004998	0,004998
Edificio O&M	0,000883	0,005889	0,005889
TOTAL	**0,014659**	**0,097725**	**0,097725**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.2 Excavación

La excavación durante el cierre se asocia al retiro de fundaciones y zanjas y al desmontaje de las obras civiles de las plataformas, caminos internos, estructuras de la línea de transmisión y edificio de O&M. El nivel de actividad corresponde a las horas de operación de la excavadora,

calculadas a partir del volumen a remover, considerando un esponjamiento del material del 20% y un rendimiento de 54,27 [m³/h].

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de excavación.

Tabla 97 Factores de emisión de excavación [kg/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Caminos internos (BESS) — Base	0,1887	0,3387	1,7975
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,1887	0,3387	1,7975
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975
Edificio O&M — Excavación	0,1887	0,3387	1,7975

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 98 Nivel de actividad de excavación [h/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Plataforma subestación elevadora — Excavación	101,59	50,79
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	690,76	345,38
Caminos internos (BESS) — Base	25,43	12,71
Caminos internos (BESS) — Subbase	33,90	16,95
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	2,19	1,09
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	1,88	0,94

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,63	0,31
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,31	0,16
Edificio O&M — Excavación	20,04	10,02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99 Emisiones por excavación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,019173	0,034411	0,182603
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,130375	0,233990	1,241668
Caminos internos (BESS) — Base	0,004799	0,008614	0,045708
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,006399	0,011485	0,060945
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000413	0,000741	0,003932
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000354	0,000635	0,003370
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000118	0,000212	0,001123
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000059	0,000106	0,000562
Edificio O&M — Excavación	0,003783	0,006790	0,036029
TOTAL	**0,165474**	**0,296984**	**1,575941**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 100 Emisiones por excavación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,009587	0,017206	0,091302
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,065188	0,116995	0,620834
Caminos internos (BESS) — Base	0,002400	0,004307	0,022854
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,003200	0,005742	0,030472

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000206	0,000371	0,001966
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000177	0,000318	0,001685
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000059	0,000106	0,000562
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000029	0,000053	0,000281
Edificio O&M — Excavación	0,001892	0,003395	0,018014
TOTAL	**0,082737**	**0,148492**	**0,787971**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.3 Nivelación

La nivelación corresponde al perfilado de las superficies intervenidas mediante motoniveladora, con el objetivo de restituir la geoforma de las plataformas, plazas de tendido y edificio de O&M. El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por el equipo, determinados a partir del área a nivelar, el ancho de la hoja de la motoniveladora (3,7 [m]) y el número de pasadas.
En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de nivelación.

Tabla 101 Factores de emisión de nivelación [kg/km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora	0,0462	0,4367	1,4919
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,0462	0,4367	1,4919
Plazas de tendido	0,0462	0,4367	1,4919
Edificio O&M	0,0462	0,4367	1,4919

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102 Nivel de actividad de nivelación [km/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Plataforma subestación elevadora	23,78	11,89
Plataforma zona de baterías (BESS)	55,89	27,94
Plazas de tendido	2,39	1,19
Edificio O&M	4,69	2,35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 103 Emisiones por nivelación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,001100	0,010386	0,035483
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,002585	0,024405	0,083381
Plazas de tendido	0,000110	0,001043	0,003564
Edificio O&M	0,000217	0,002049	0,007001
TOTAL	**0,004012**	**0,037883**	**0,129430**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 104 Emisiones por nivelación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora	0,000550	0,005193	0,017742
Plataforma zona de baterías (BESS)	0,001292	0,012202	0,041691
Plazas de tendido	0,000055	0,000522	0,001782
Edificio O&M	0,000109	0,001025	0,003501
TOTAL	**0,002006**	**0,018941**	**0,064715**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.4 Compactación

La compactación se realiza mediante rodillo compactador sobre las superficies restituidas de los caminos internos de la zona de baterías (BESS), la plataforma de la subestación elevadora y el edificio de O&M. El nivel de actividad corresponde a las horas de operación del rodillo, determinadas a partir del área a compactar, el ancho del rodillo (2,134 [m]) y su velocidad de trabajo (10 [km/h]).

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de compactación.

Tabla 105 Factores de emisión de compactación [kg/h]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Caminos internos (BESS)	0,1887	0,3387	1,7975
Plataforma subestación elevadora	0,1887	0,3387	1,7975
Edificio O&M	0,1887	0,3387	1,7975

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 106 Nivel de actividad de compactación [h/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Caminos internos (BESS)	7,27	3,63
Plataforma subestación elevadora	4,12	2,06

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Edificio O&M	0,81	0,41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 107 : Emisiones por compactación, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Caminos internos (BESS)	0,001372	0,002462	0,013064
Plataforma subestación elevadora	0,000778	0,001397	0,007413
Edificio O&M	0,000154	0,000276	0,001463
TOTAL	**0,002304**	**0,004134**	**0,021939**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 108 Emisiones por compactación, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Caminos internos (BESS)	0,000686	0,001231	0,006532
Plataforma subestación elevadora	0,000389	0,000698	0,003706
Edificio O&M	0,000077	0,000138	0,000731
TOTAL	**0,001152**	**0,002067**	**0,010969**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.5 Carga y Descarga de Material

La carga y descarga de material corresponde a la manipulación del material removido durante las actividades de escarpe y excavación del cierre, el cual es cargado en camiones y descargado en los sitios de disposición o de restitución. El nivel de actividad corresponde a las toneladas de material movido, calculadas a partir del volumen removido, una densidad de 2 [t/m³] y un factor 2, que considera una carga y una descarga por cada tonelada.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de las actividades de carga y descarga de material.

Tabla 109 Factores de emisión de carga y descarga de material [kg/t]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Caminos internos (BESS) — Base	0,000011	0,000075	0,000159

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159
Plazas de tendido — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Huellas de acceso — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Edificio O&M — Escarpe	0,000011	0,000075	0,000159
Edificio O&M — Excavación	0,000011	0,000075	0,000159

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 110 Nivel de actividad de carga y descarga de material [t/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	46.933,33	23.466,67
Plataforma subestación elevadora — Excavación	18.376,80	9.188,40
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	82.716,11	41.358,05
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	124.958,88	62.479,44
Caminos internos (BESS) — Base	4.600,00	2.300,00

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Caminos internos (BESS) — Subbase	6.133,33	3.066,67
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	1.680,00	840,00
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	395,73	197,87
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	1.440,00	720,00
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	339,20	169,60
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	480,00	240,00
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	113,07	56,53
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	480,00	240,00
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	56,53	28,27
Plazas de tendido — Escarpe	2.828,80	1.414,40
Huellas de acceso — Escarpe	7.860,27	3.930,13
Edificio O&M — Escarpe	9.260,29	4.630,15
Edificio O&M — Excavación	3.625,87	1.812,93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 111 Emisiones por carga y descarga de material, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,000534	0,003527	0,007457
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000209	0,001381	0,002920
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,000941	0,006216	0,013143
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,001422	0,009391	0,019855
Caminos internos (BESS) — Base	0,000052	0,000346	0,000731
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000070	0,000461	0,000975

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,000019	0,000126	0,000267
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000005	0,000030	0,000063
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,000016	0,000108	0,000229
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000004	0,000025	0,000054
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,000005	0,000036	0,000076
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000001	0,000008	0,000018
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,000005	0,000036	0,000076
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000001	0,000004	0,000009
Plazas de tendido — Escarpe	0,000032	0,000213	0,000449
Huellas de acceso — Escarpe	0,000089	0,000591	0,001249
Edificio O&M — Escarpe	0,000105	0,000696	0,001471
Edificio O&M — Excavación	0,000041	0,000272	0,000576
TOTAL	**0,003554**	**0,023468**	**0,049618**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 112 Emisiones por carga y descarga de material, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Plataforma subestación elevadora — Escarpe	0,000267	0,001764	0,003729
Plataforma subestación elevadora — Excavación	0,000105	0,000691	0,001460
Plataforma zona de baterías (BESS) — Escarpe	0,000471	0,003108	0,006571
Plataforma zona de baterías (BESS) — Excavación	0,000711	0,004695	0,009927
Caminos internos (BESS) — Base	0,000026	0,000173	0,000365
Caminos internos (BESS) — Subbase	0,000035	0,000230	0,000487

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Escarpe	0,000010	0,000063	0,000133
Fundación estructura suspensión S220.4 (7 ud) — Excavación	0,000002	0,000015	0,000031
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Escarpe	0,000008	0,000054	0,000114
Fundación estructura anclaje A220.4 (6 ud) — Excavación	0,000002	0,000013	0,000027
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Escarpe	0,000003	0,000018	0,000038
Fundación anclaje/remate R220.4 (2 ud) — Excavación	0,000001	0,000004	0,000009
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Escarpe	0,000003	0,000018	0,000038
Fundación marcos de línea ML220 (2 ud) — Excavación	0,000000	0,000002	0,000004
Plazas de tendido — Escarpe	0,000016	0,000106	0,000225
Huellas de acceso — Escarpe	0,000045	0,000295	0,000624
Edificio O&M — Escarpe	0,000053	0,000348	0,000736
Edificio O&M — Excavación	0,000021	0,000136	0,000288
TOTAL	**0,001777**	**0,011734**	**0,024809**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.6 Motor de Maquinaria

Las emisiones por motor de maquinaria corresponden a la combustión de diésel en los equipos fuera de ruta utilizados en las labores de cierre: bulldozer, motoniveladora y retroexcavadora para la restitución de geoforma y el retiro de fundaciones y zanjas; excavadora para el desmontaje de obras civiles; grúas móviles y grúas sobre orugas para el desmontaje de estructuras y equipos, y cargadores para la carga de escombros y materiales. Los factores de emisión se determinan en función de la potencia y la tecnología del motor (Stage IIIA), mientras que el nivel de actividad corresponde a las horas de trabajo de cada tipo de equipo.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de la operación de la maquinaria.

Tabla 113 Factores de emisión de motor de maquinaria [g/h]

Obra/Actividad	FE $MP_{2.5}$	FE MP_{10}	FE MPS	FE SO_2	FE NOx	FE CO
Bulldozer — Restitución de geoforma	16,8256	16,8256	16,8256	0,4407	192,8422	131,3429
Excavadora — Desmontaje de obras civiles	21,6825	21,6825	21,6825	0,5679	248,5080	169,2563
Motoniveladora — Restitución de geoforma y perfilado	20,2948	20,2948	20,2948	0,5315	232,6035	158,4239
Retroexcavadora — Retiro de fundaciones y zanjas	6,9678	6,9678	6,9678	0,1147	67,7685	83,1138
Grúa móvil — Desmontaje de estructuras y equipos	34,6920	34,6920	34,6920	1,7700	795,2256	541,6200
Grúa sobre orugas — Desmontaje de equipos pesados	29,9880	29,9880	29,9880	1,5300	687,3984	468,1800
Cargador — Carga de escombros y materiales	22,0294	22,0294	22,0294	0,5770	252,4841	171,9644

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 114 Nivel de actividad de motor de maquinaria [h/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Bulldozer — Restitución de geoforma	3.840,00	1.920,00
Excavadora — Desmontaje de obras civiles	10.560,00	1.920,00
Motoniveladora — Restitución de geoforma y perfilado	3.840,00	1.920,00
Retroexcavadora — Retiro de fundaciones y zanjas	3.840,00	1.920,00
Grúa móvil — Desmontaje de estructuras y equipos	7.040,00	1.280,00
Grúa sobre orugas — Desmontaje de equipos pesados	3.520,00	640,00

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Cargador — Carga de escombros y materiales	7.040,00	2.560,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 115 Emisiones por motor de maquinaria, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	SO_2	NOx	CO
Bulldozer — Restitución de geoforma	0,064610	0,064610	0,064610	0,001692	0,740514	0,504357
Excavadora — Desmontaje de obras civiles	0,228967	0,228967	0,228967	0,005997	2,624244	1,787346
Motoniveladora — Restitución de geoforma y perfilado	0,077932	0,077932	0,077932	0,002041	0,893197	0,608348
Retroexcavadora — Retiro de fundaciones y zanjas	0,026756	0,026756	0,026756	0,000440	0,260231	0,319157
Grúa móvil — Desmontaje de estructuras y equipos	0,244232	0,244232	0,244232	0,012461	5,598388	3,813005
Grúa sobre orugas — Desmontaje de equipos pesados	0,105558	0,105558	0,105558	0,005386	2,419642	1,647994
Cargador — Carga de escombros y materiales	0,155087	0,155087	0,155087	0,004062	1,777488	1,210629
TOTAL	**0,903143**	**0,903143**	**0,903143**	**0,032079**	**14,313706**	**9,890835**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 116 Emisiones por motor de maquinaria, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	SO_2	NOx	CO
Bulldozer — Restitución de geoforma	0,032305	0,032305	0,032305	0,000846	0,370257	0,252178
Excavadora — Desmontaje de obras civiles	0,041630	0,041630	0,041630	0,001090	0,477135	0,324972
Motoniveladora — Restitución de geoforma y perfilado	0,038966	0,038966	0,038966	0,001021	0,446599	0,304174

Obra/Actividad	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	SO_2	NOx	CO
Retroexcavadora — Retiro de fundaciones y zanjas	0,013378	0,013378	0,013378	0,000220	0,130115	0,159578
Grúa móvil — Desmontaje de estructuras y equipos	0,044406	0,044406	0,044406	0,002266	1,017889	0,693274
Grúa sobre orugas — Desmontaje de equipos pesados	0,019192	0,019192	0,019192	0,000979	0,439935	0,299635
Cargador — Carga de escombros y materiales	0,056395	0,056395	0,056395	0,001477	0,646359	0,440229
TOTAL	**0,246273**	**0,246273**	**0,246273**	**0,007899**	**3,528290**	**2,474040**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.7 Tránsito Vehicular en Caminos Pavimentados

Corresponde a la resuspensión de material particulado producto del tránsito de vehículos por caminos pavimentados durante el cierre, asociado al transporte de áridos de base y subbase, de estructuras metálicas de la LAT y de agua industrial para la LAT y el área BESS.

El factor de emisión depende de la carga de finos superficial del camino (0,2 [g/m²]) y del peso medio ponderado de la flota (32,58 [t]), mientras que el nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos, obtenidos a partir del número de viajes y la distancia de cada ruta.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto del tránsito en caminos pavimentados.

Tabla 117 Factores de emisión de tránsito en caminos pavimentados [g/veh-km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Áridos base y subbase	1,3378	5,5297	28,8079
Estructuras metálicas LAT	1,3378	5,5297	28,8079
Agua industrial (LAT)	1,3378	5,5297	28,8079
Agua industrial (área BESS)	1,3378	5,5297	28,8079

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 118 Nivel de actividad de tránsito en caminos pavimentados [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Áridos base y subbase	8.396,80	4.198,40
Estructuras metálicas LAT	1.713,60	856,80
Agua industrial (LAT)	6.400,00	3.200,00
Agua industrial (área BESS)	14.848,00	7.424,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 119 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Áridos base y subbase	0,011233	0,046432	0,241895
Estructuras metálicas LAT	0,002293	0,009476	0,049365
Agua industrial (LAT)	0,008562	0,035390	0,184371
Agua industrial (área BESS)	0,019864	0,082105	0,427740
TOTAL	**0,041952**	**0,173402**	**0,903371**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 120 Emisiones por tránsito en caminos pavimentados, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Áridos base y subbase	0,005617	0,023216	0,120947
Estructuras metálicas LAT	0,001146	0,004738	0,024683
Agua industrial (LAT)	0,004281	0,017695	0,092185
Agua industrial (área BESS)	0,009932	0,041052	0,213870
TOTAL	**0,020976**	**0,086701**	**0,451686**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.8 Tránsito Vehicular en Caminos No Pavimentados

Corresponde a la resuspensión de material particulado producto del tránsito de los vehículos de cierre por los caminos internos no pavimentados, considerando tramos de 2,9 [km] por viaje hacia el área BESS y de 5,7 [km] por viaje hacia la LAT. El factor de emisión depende del contenido de sedimento fino del camino (8,5%) y del peso medio ponderado de la flota (32,58 [t]), mientras que el nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos.

Para esta fuente se considera una eficiencia de abatimiento del 50% mediante humectación de caminos, la cual se encuentra aplicada en las emisiones presentadas.

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto del tránsito en caminos no pavimentados.

Tabla 121 Factores de emisión de tránsito en caminos no pavimentados [g/veh-km]

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Áridos base y subbase	94,7719	947,7189	3.095,8817

Obra/Actividad	FE MP2.5	FE MP10	FE MPS
Estructuras metálicas LAT	94,7719	947,7189	3.095,8817
Agua industrial (LAT)	94,7719	947,7189	3.095,8817
Agua industrial (área BESS)	94,7719	947,7189	3.095,8817

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 122 Nivel de actividad de tránsito en caminos no pavimentados [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Áridos base y subbase	317,07	158,53
Estructuras metálicas LAT	45,60	22,80
Agua industrial (LAT)	475,00	237,50
Agua industrial (área BESS)	560,67	280,33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 123 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Áridos base y subbase	0,015025	0,150245	0,490800
Estructuras metálicas LAT	0,002161	0,021608	0,070586
Agua industrial (LAT)	0,022508	0,225083	0,735272
Agua industrial (área BESS)	0,026568	0,265677	0,867879
TOTAL	**0,066261**	**0,662613**	**2,164537**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 124 Emisiones por tránsito en caminos no pavimentados, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	MP2.5	MP10	MPS
Áridos base y subbase	0,007512	0,075123	0,245400
Estructuras metálicas LAT	0,001080	0,010804	0,035293
Agua industrial (LAT)	0,011254	0,112542	0,367636
Agua industrial (área BESS)	0,013284	0,132839	0,433939
TOTAL	**0,033131**	**0,331307**	**1,082269**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.1.9 Motor de Vehículos

Las emisiones por motor de vehículos corresponden a la combustión de diésel en los motores de los vehículos que transitan durante el cierre (camión tolva de 20 [m³], rampla/cama baja y camión aljibe de 25.000 [L]), tanto en caminos pavimentados como no pavimentados.

Los factores de emisión corresponden a vehículos pesados diésel de más de 32 [t] con norma Euro V, y el nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo. En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión, niveles de actividad y emisiones por contaminante producto de los motores de vehículos.

Tabla 125 Factores de emisión de motor de vehículos [g/veh-km]

Obra/Actividad	FE $MP_{2.5}$	FE MP_{10}	FE MPS	FE SO_2	FE NOx	FE CO
Camión tolva 20 [m³] — Áridos base y subbase — Camino Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170

Obra/Actividad	FE $MP_{2.5}$	FE MP_{10}	FE MPS	FE SO_2	FE NOx	FE CO
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Camión tolva 20 [m^3] — Áridos base y subbase — Camino No Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino No Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino No Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino No Pavimentado	0,0363	0,0363	0,0363	0,0075	3,6150	1,6170

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 126 Nivel de actividad de motor de vehículos [veh-km/año]

Obra/Actividad	Año 1	Año 2
Camión tolva 20 [m^3] — Áridos base y subbase — Camino Pavimentado	8.396,80	4.198,40
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino Pavimentado	1.713,60	856,80
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino Pavimentado	6.400,00	3.200,00
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino Pavimentado	14.848,00	7.424,00
Camión tolva 20 [m^3] — Áridos base y subbase — Camino No Pavimentado	317,07	158,53
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino No Pavimentado	45,60	22,80
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino No Pavimentado	475,00	237,50
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino No Pavimentado	560,67	280,33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 127 Emisiones por motor de vehículos, Año 1 [t/año]

Obra/Actividad	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	SO_2	NOx	CO
Camión tolva 20 [m³] — Áridos base y subbase — Camino Pavimentado	0,000305	0,000305	0,000305	0,000063	0,030354	0,013578
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino Pavimentado	0,000062	0,000062	0,000062	0,000013	0,006195	0,002771
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino Pavimentado	0,000232	0,000232	0,000232	0,000048	0,023136	0,010349
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino Pavimentado	0,000539	0,000539	0,000539	0,000111	0,053676	0,024009
Camión tolva 20 [m³] — Áridos base y subbase — Camino No Pavimentado	0,000012	0,000012	0,000012	0,000002	0,001146	0,000513
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino No Pavimentado	0,000002	0,000002	0,000002	0,000000	0,000165	0,000074
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino No Pavimentado	0,000017	0,000017	0,000017	0,000004	0,001717	0,000768
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000020	0,000020	0,000020	0,000004	0,002027	0,000907
TOTAL	**0,001189**	**0,001189**	**0,001189**	**0,000246**	**0,118416**	**0,052968**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 128 Emisiones por motor de vehículos, Año 2 [t/año]

Obra/Actividad	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	SO_2	NOx	CO
Camión tolva 20 [m³] — Áridos base y subbase — Camino Pavimentado	0,000152	0,000152	0,000152	0,000031	0,015177	0,006789
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino Pavimentado	0,000031	0,000031	0,000031	0,000006	0,003097	0,001385
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino Pavimentado	0,000116	0,000116	0,000116	0,000024	0,011568	0,005174
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino Pavimentado	0,000269	0,000269	0,000269	0,000056	0,026838	0,012005
Camión tolva 20 [m³] — Áridos base y subbase — Camino No Pavimentado	0,000006	0,000006	0,000006	0,000001	0,000573	0,000256
Rampla / cama baja — Estructuras metálicas LAT — Camino No Pavimentado	0,000001	0,000001	0,000001	0,000000	0,000082	0,000037
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (LAT) — Camino No Pavimentado	0,000009	0,000009	0,000009	0,000002	0,000859	0,000384
Aljibe 25.000 [L] — Agua industrial (área BESS) — Camino No Pavimentado	0,000010	0,000010	0,000010	0,000002	0,001013	0,000453
TOTAL	**0,000595**	**0,000595**	**0,000595**	**0,000123**	**0,059208**	**0,026484**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.5.2 Resumen de Emisiones

En las siguientes tablas se presenta el resumen de emisiones por fuente para cada uno de los contaminantes evaluados durante la fase de cierre, para el Año 1, el Año 2 y el total de la fase (18 meses). Las emisiones del tránsito en caminos no pavimentados incluyen la eficiencia de abatimiento del 50%.

Tabla 129 Emisiones totales por fuente, Año 1 [t/año]

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Escarpe	0,029318	0,195451	0,195451	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,165474	0,296984	1,575941	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,004012	0,037883	0,129430	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,002304	0,004134	0,021939	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,003554	0,023468	0,049618	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Maquinaria	0,903143	0,903143	0,903143	14,313706	0,032079	9,890835
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,041952	0,173402	0,903371	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	0,066261	0,662613	2,164537	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos	0,001189	0,001189	0,001189	0,118416	0,000246	0,052968
TOTAL	**1,217206**	**2,298267**	**5,944619**	**14,432121**	**0,032324**	**9,943802**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 130 Emisiones totales por fuente, Año 2 [t/año]

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Escarpe	0,014659	0,097725	0,097725	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,082737	0,148492	0,787971	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,002006	0,018941	0,064715	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,001152	0,002067	0,010969	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,001777	0,011734	0,024809	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Maquinaria	0,246273	0,246273	0,246273	3,528290	0,007899	2,474040
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,020976	0,086701	0,451686	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	0,033131	0,331307	1,082269	0,000000	0,000000	0,000000

Fuente	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO_2	CO
Motor Vehículos	0,000595	0,000595	0,000595	0,059208	0,000123	0,026484
TOTAL	**0,403305**	**0,943835**	**2,767011**	**3,587497**	**0,008022**	**2,500524**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 131 Emisiones totales por fuente, fase de cierre [t/fase]

Fuente	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Escarpe	0,043976	0,293176	0,293176	0,000000	0,000000	0,000000
Excavación	0,248211	0,445475	2,363912	0,000000	0,000000	0,000000
Nivelación	0,006018	0,056824	0,194145	0,000000	0,000000	0,000000
Compactación	0,003455	0,006202	0,032908	0,000000	0,000000	0,000000
Carga y Descarga	0,005331	0,035202	0,074427	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Maquinaria	1,149416	1,149416	1,149416	17,841995	0,039977	12,364875
Tránsito Vehicular Camino Pavimentado	0,062928	0,260104	1,355057	0,000000	0,000000	0,000000
Tránsito Vehicular Camino No Pavimentado	0,099392	0,993920	3,246806	0,000000	0,000000	0,000000
Motor Vehículos	0,001784	0,001784	0,001784	0,177623	0,000369	0,079451
TOTAL	**1,620511**	**3,242103**	**8,711630**	**18,019619**	**0,040346**	**12,444326**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.4 RESUMEN DE EMISIONES DE LAS TRES FASES

En la Tabla 132 se resumen las emisiones totales del inventario en cada fase de las obras: construcción (22 meses), operación (35 años) y cierre (18 meses). En conjunto, las tres fases suman 60,86 [t] de MP10, 10,54 [t] de MP2.5, 211,09 [t] de MPS, 55,80 [t] de NOx, 0,96 [t] de SO2 y 31,81 [t] de CO. Por su duración, la operación concentra la mayor parte del MP10 (56,1%), del MPS (56,7%) y del SO2 (67,5%), mientras que la construcción y el cierre generan la mayor parte del NOx (73,4%) y del CO (83,3%).

Tabla 132 Resumen de emisiones de las fases de construcción, operación y cierre [t/fase]

Fase	Duración	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Construcción	22 meses	4,525703	23,477056	82,730518	22,951790	0,270892	14,068909
Operación	35 años	4,391054	34,144705	119,648842	14,826068	0,647008	5,297412
Cierre	18 meses	1,620511	3,242103	8,711630	18,019619	0,040346	12,444326

Fase	Duración	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
TOTAL		**10,537268**	**60,863864**	**211,090990**	**55,797477**	**0,958246**	**31,810647**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.5 RESUMEN DEL INVENTARIO DE EMISIONES

En la presente sección se resume el inventario de emisiones atmosféricas estimado para las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto. En la tabla 133 se presentan las emisiones anuales de cada fase y en la tabla 134 las emisiones totales por fase, obtenidas a partir de los resultados del Capítulo 4.

Tabla 133 Resumen de emisiones anuales por fase del Proyecto [t/año]

Fase / Periodo	MP2.5	MP10	MPS	NOx	SO2	CO
Construcción – Año 1	4,132832	21,158790	73,998612	20,838674	0,266464	12,722782
Construcción – Año 2	0,392871	2,318267	8,731905	2,113116	0,004428	1,346127
Operación – Año tipo	0,125459	0,975563	3,418538	0,423602	0,018486	0,151355
Cierre – Año 1	1,217206	2,298267	5,944619	14,432121	0,032324	9,943802
Cierre – Año 2	0,403305	0,943835	2,767011	3,587497	0,008022	2,500524

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 134 Resumen de emisiones totales por fase del Proyecto [t/fase]

Fase	$MP_{2.5}$	MP_{10}	MPS	NOx	SO2	CO
Construcción	4,525703	23,477056	82,730518	22,951790	0,270892	14,068909
Operación	4,391054	34,144705	119,648842	14,826068	0,647008	5,297412
Cierre	1,620511	3,242103	8,711630	18,019619	0,040346	12,444326
TOTAL	**10,537268**	**60,863864**	**211,090990**	**55,797477**	**0,958246**	**31,810647**

Fuente: Elaboración propia.

Las mayores emisiones anuales de gases se registran en el Año 1 de la fase de construcción (20,839 [t/año] de NOx y 12,723 [t/año] de CO), principalmente por los motores de maquinaria. En material particulado, las mayores emisiones anuales también se registran en el Año 1 de la fase de construcción, con 21,159 [t/año] de MP10 y 73,999 [t/año] de MPS, asociadas principalmente al tránsito vehicular en caminos no pavimentados.

Considerando la duración de cada fase (35 años en el caso de la operación), la fase de operación concentra el 56,1% de las emisiones totales de MP10 y el 56,7% de las de MPS del Proyecto. Las emisiones totales de NOx se concentran en las fases de construcción (41,1%) y cierre (32,3%), mientras que la operación aporta el 26,6%.

1.2.6 EMISION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

1.2.6.1 Fase de Construcción

En la presente sección se presentará metodología y consideraciones para estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, provenientes de las diferentes actividades.

El inventario considera los gases dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), generados por la combustión de petróleo diésel en las siguientes fuentes de la fase de construcción: grupos electrógenos (combustión estacionaria), motores de maquinaria fuera de ruta y motores de vehículos. La metodología corresponde a la establecida en la Guía Metodológica para la Estimación y Reporte de Gases de Efecto Invernadero y Forzantes Climáticos de Vida Corta (SEA, 2025), y los resultados se expresan en toneladas [t] de cada gas y en toneladas de CO_2 equivalente [tCO_2eq].

1.2.6.1.1 Metodología

La emisión de cada gas generada por la combustión de petróleo diésel se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$E_i = FE_i \cdot Na \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Donde:

Ei: Emisión del gas i (CO_2, CH_4 o N_2O) [t]

FEi: Factor de emisión del gas i para petróleo diésel [kg/TJ]

Na: Nivel de actividad, expresado como energía consumida [TJ]

El nivel de actividad en unidades de energía se obtiene a partir de la masa de combustible consumido y su poder calorífico inferior:

$$Na = C \cdot PCI \cdot 4.186{,}8 \cdot 10^{-12} \quad (4)$$

Donde:

C: Consumo de combustible [kg]

PCI: Poder calorífico inferior del petróleo diésel [kcal/kg]

4.186,8: Factor de conversión de energía [J/kcal]

Las emisiones de cada gas se expresan en dióxido de carbono equivalente mediante su potencial de calentamiento global (PCG) a 100 años:

$$CO_2eq = \sum_i E_i \cdot PCG_i \quad (5)$$

Donde:

CO_2eq: Emisiones en dióxido de carbono equivalente [tCO_2eq]

Ei: Emisión del gas i [t]

PCGi: Potencial de calentamiento global del gas i (IPCC AR5) [-]

A continuación, se presentan los parámetros utilizados en el cálculo de las emisiones de GEI.

Tabla 135 Parámetros de cálculo de emisiones de GEI

Parámetro	Valor	Unidad	Fuente
PCG CO_2	1	-	SEA, 2025 (IPCC AR5)
PCG CH_4	28	-	SEA, 2025 (IPCC AR5)
PCG N_2O	265	-	SEA, 2025 (IPCC AR5)

Parámetro	Valor	Unidad	Fuente
FE CO_2 – Petróleo diésel	74.100	[kg/TJ]	SEA, 2025
FE CH_4 – Petróleo diésel	10,0	[kg/TJ]	SEA, 2025
FE N_2O – Petróleo diésel	0,6	[kg/TJ]	SEA, 2025
Poder calorífico inferior (PCI) petróleo diésel	10.355	[kcal/kg]	SEA, 2025
Factor de conversión de energía	4.186,8	[J/kcal]	Constante
Densidad petróleo diésel	0,84	[kg/L]	SEA, 2025
Factor de carga (FC) maquinaria fuera de ruta	0,8	-	SEA, 2025

Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2025).

1.2.6.1.2 Grupo Electrógeno

Se consideran tres grupos electrógenos, ubicados en la plataforma de la zona de baterías (BESS), en la instalación de faenas y en la plataforma de la subestación elevadora. Cada equipo presenta un consumo de 13.386 [kg] de petróleo diésel durante el Año 1 de construcción, sin operación durante el Año 2. Las emisiones se estimaron aplicando las ecuaciones 3, 4 y 5, y se presentan en la Tabla a continuación.

Tabla 136 Emisiones de GEI de grupos electrógenos, Año 1

Descripción	Combustible [kg]	Energía [TJ]	CO_2 [t]	CH_4 [t]	N_2O [t]
Plataforma zona de baterías (BESS)	13.386	0,5804	43,004	0,006	0,000
Instalación de faenas	13.386	0,5804	43,004	0,006	0,000
Plataforma subestación elevadora	13.386	0,5804	43,004	0,006	0,000
Total	**40.158**	**1,7412**	**129,012**	**0,017**	**0,001**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Durante el Año 2 los grupos electrógenos no presentan consumo de combustible, por lo que sus emisiones son nulas.

1.2.6.1.3 Motor de Maquinaria

Para la maquinaria fuera de ruta, el consumo de combustible se estimó en función de las horas de operación, la potencia del motor, el factor de carga, el factor de ajuste transiente (TAF) según la tecnología del motor y el factor de carga y el consumo específico de combustible (CC) según el rango de potencia, conforme a la siguiente ecuación:

$$C = h \cdot P \cdot FC \cdot TAF \cdot CC \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

Donde:

C: Consumo de combustible [kg]
h: Horas de operación totales de cada tipo de maquinaria, correspondientes a la cantidad de equipos (n) por las horas de uso de cada equipo [h]
P: Potencia del motor [kW]
FC: Factor de carga (0,8) [-]
TAF: Factor de ajuste transiente según tecnología del motor y factor de carga [-]
CC: Consumo específico de combustible según rango de potencia [g/kWh]
El consumo de combustible así obtenido se convierte a energía mediante la ecuación 4, y las emisiones se calculan con las ecuaciones 3 y 5. En la Tabla 137 y la Tabla 138 se presentan los valores de CC y TAF utilizados, respectivamente.

Tabla 137 Consumo específico de combustible (CC) por rango de potencia

Rango de potencia [kW]	CC petróleo diésel [g/kWh]
0 – 8	270
8 – 19	270
19 – 37	262
37 – 56	260
56 – 75	260
75 – 130	255
130 – 560	250
> 560	250

Fuente: SEA (2025).

Tabla 138 Factor de ajuste transiente (TAF) por tecnología de motor

Tecnología del motor	TAF (FC = 0,8)
Stage II	1,01
Stage IIIA	1,01
Stage IIIB	1
Stage IV	1
Stage V	1

Fuente: SEA (2025).

La Tabla 139 presenta los parámetros de operación de cada equipo y la Tabla 140 las emisiones estimadas.

Tabla 139 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta

Maquinaria	Cantidad	Tecnología	Potencia [kW]	TAF	CC [g/kWh]	Horas Año 1 [h]	Horas Año 2 [h]
Bomba hormigonera	2	Stage IIIA	75,00	1,01	255	3.840	0
Bulldozer	2	Stage IIIA	97,00	1,01	255	3.840	0
Excavadora	6	Stage IIIA	125,00	1,01	255	11.520	0
Motoniveladora	3	Stage IIIA	117,00	1,01	255	5.760	0
Retroexcavadora	4	Stage IIIA	70,00	1,01	260	7.680	0

Maquinaria	Cantidad	Tecnología	Potencia [kW]	TAF	CC [g/kWh]	Horas Año 1 [h]	Horas Año 2 [h]
Compactadora	2	Stage IIIA	84,00	1,01	255	3.840	0
Grúa móvil	4	Stage IIIA	400,00	1,01	250	3.200	640
Grúa sobre orugas	2	Stage IIIA	400,00	1,01	250	1.600	1.280
Cargador	2	Stage IIIA	127,00	1,01	255	3.840	0
Máquina de tendido de conductores	2	Stage V	5,10	1	270	1.600	1.280
Minicargador	3	Stage IIIA	37,00	1,01	260	5.760	0
Cargador telescópico	4	Stage V	18,50	1	270	3.200	640
Rodillo neumático	4	Stage IIIA	96,50	1,01	255	7.680	0
Grúa auxiliar	4	Stage IIIA	208,80	1,01	250	7.680	0
Zanjadora	1	Stage IIIA	97,00	1,01	255	0	640
Torre de iluminación	6	Stage V	4,50	1	270	11.520	9.600

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 140 Emisiones de GEI de motor de maquinaria fuera de ruta [t/año]

Maquinaria	Combustible Año 1 [kg]	Combustible Año 2 [kg]	CO_2 Año 1	CH_4 Año 1	N_2O Año 1	CO_2 Año 2	CH_4 Año 2	N_2O Año 2
Bomba hormigonera	59.340	0	190,631	0,026	0,002	-	-	-
Bulldozer	76.746	0	246,550	0,033	0,002	-	-	-
Excavadora	296.698	0	953,157	0,129	0,008	-	-	-
Motoniveladora	138.854	0	446,078	0,060	0,004	-	-	-
Retroexcavadora	112.939	0	362,823	0,049	0,003	-	-	-
Compactadora	66.460	0	213,507	0,029	0,002	-	-	-
Grúa móvil	258.560	51.712	830,638	0,112	0,007	166,128	0,022	0,001
Grúa sobre orugas	129.280	103.424	415,319	0,056	0,003	332,255	0,045	0,003
Cargador	100.482	0	322,803	0,044	0,003	-	-	-
Máquina de tendido de conductores	1.763	1.410	5,662	0,001	0,000	4,530	0,001	0,000
Minicargador	44.772	0	143,833	0,019	0,001	-	-	-
Cargador telescópico	12.787	2.557	41,080	0,006	0,000	8,216	0,001	0,000
Rodillo neumático	152.700	0	490,558	0,066	0,004	-	-	-
Grúa auxiliar	323.918	0	1.040,604	0,140	0,008	-	-	-
Zanjadora	0	12.791	-	-	-	41,092	0,006	0,000
Torre de iluminación	11.197	9.331	35,972	0,005	0,000	29,977	0,004	0,000
Total	**1.786.496**	**181.225**	**5.739,215**	**0,775**	**0,046**	**582,197**	**0,079**	**0,005**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.1.4 Motor de Vehículos

El consumo de combustible de los vehículos se estimó a partir de la distancia recorrida en caminos pavimentados y no pavimentados, el rendimiento de combustible según la categoría vehicular y la densidad del petróleo diésel, conforme a la siguiente ecuación:

$$C = \frac{d}{R} \cdot \rho \quad (7)$$

Donde:

C: Consumo de combustible [kg]

d: Distancia recorrida [km]

R: Rendimiento de combustible según categoría vehicular [km/L]

ρ: Densidad del petróleo diésel (0,84) [kg/L]

Posteriormente, el consumo se convierte a energía mediante la ecuación 4 y las emisiones se calculan con las ecuaciones 3 y 5. En la Tabla 141 se presentan los rendimientos utilizados, en la Tabla 142 los niveles de actividad y en la Tabla 143 las emisiones estimadas.

Tabla 141 Rendimiento de combustible por categoría vehicular

Categoría vehicular	Rendimiento [km/L]
Camiones	4
Tractocamiones	2,3
Camionetas (vehículo mediano diésel)	11,6

Fuente: SEA (2025).

Tabla 142 Niveles de actividad y consumo de combustible de vehículos

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Categoría	Rendimiento [km/L]	Distancia Año 1 [km]	Distancia Año 2 [km]	Combustible Año 1 [kg]	Combustible Año 2 [kg]
No pavimentado	Camión Cama Baja - Camión Tracto	Tractocamiones	2,3	3.351	2.793	1.224	1.020
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	5.141	0	1.878	0
No pavimentado	Camión Tolva 20 [m3]	Camiones	4	12.595	0	2.645	0
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Cama Baja	Tractocamiones	2,3	2.570	0	939	0
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	Camiones	4	7.834	0	1.645	0
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	Camiones	4	23.424	0	4.919	0

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Categoría	Rendimiento [km/L]	Distancia Año 1 [km]	Distancia Año 2 [km]	Combustible Año 1 [kg]	Combustible Año 2 [kg]
No pavimentado	Portacontenedor	Tractocamiones	2,3	115.668	23.134	42.244	8.449
No pavimentado	Camión Cama Baja / Transp. Especial	Tractocamiones	2,3	23.134	0	8.449	0
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	643	0	235	0
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	1.499	0	548	0
No pavimentado	Camión Rampla - Camión 3/4	Tractocamiones	2,3	77.112	64.260	28.163	23.469
No pavimentado	Estanque 15.000 [L]	Camiones	4	4.608	3.840	968	806
No pavimentado	Camión / Camioneta ADR	Camiones	4	5.141	4.284	1.080	900
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	Camiones	4	5.236	4.364	1.100	916
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	Camiones	4	12.148	10.124	2.551	2.126
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Tolva	Camiones	4	5.530	4.608	1.161	968
No pavimentado	Camión Tolva Estanca	Camiones	4	922	768	194	161
No pavimentado	Camión Cama Baja - Camión Tracto	Tractocamiones	2,3	127	105	46	39
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	137	0	50	0
No pavimentado	Camión Tolva 20 [m3]	Camiones	4	476	0	100	0

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Categoría	Rendimiento [km/L]	Distancia Año 1 [km]	Distancia Año 2 [km]	Combustible Año 1 [kg]	Combustible Año 2 [kg]
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Cama Baja	Tractocamiones	2,3	68	0	25	0
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	Camiones	4	581	0	122	0
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	Camiones	4	885	0	186	0
No pavimentado	Portacontenedor	Tractocamiones	2,3	1.566	313	572	114
No pavimentado	Camión Cama Baja / Transp. Especial	Tractocamiones	2,3	313	0	114	0
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	17	0	6	0
No pavimentado	Camión Rampla	Tractocamiones	2,3	20	0	7	0
No pavimentado	Camión Rampla - Camión 3/4	Tractocamiones	2,3	1.044	870	381	318
No pavimentado	Estanque 15.000 [L]	Camiones	4	174	145	37	30
No pavimentado	Camión / Camioneta ADR	Camiones	4	70	58	15	12
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	Camiones	4	389	324	82	68
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	Camiones	4	459	382	96	80
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Tolva	Camiones	4	1.109	924	233	194
No pavimentado	Camión Tolva Estanca	Camiones	4	185	154	39	32

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Categoría	Rendimiento [km/L]	Distancia Año 1 [km]	Distancia Año 2 [km]	Combustible Año 1 [kg]	Combustible Año 2 [kg]
No pavimentado	Camión tolva 20 [m3]	Camiones	4	9.105	0	1.912	0
No pavimentado	Camión tolva 20 [m3]	Camiones	4	17.056	0	3.582	0
Total				**340.335**	**121.449**	**107.545**	**39.703**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 143 Emisiones de GEI de motor de vehículos [t/año]

Tipo de camino	Tipo de vehículo	CO_2 Año 1	CH_4 Año 1	N_2O Año 1	CO_2 Año 2	CH_4 Año 2	N_2O Año 2
No pavimentado	Camión Cama Baja - Camión Tracto	3,932	0,001	0,000	3,277	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Rampla	6,032	0,001	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Tolva 20 [m3]	8,497	0,001	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Cama Baja	3,016	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	5,285	0,001	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	15,803	0,002	0,000	-	-	-
No pavimentado	Portacontenedor	135,711	0,018	0,001	27,142	0,004	0,000
No pavimentado	Camión Cama Baja / Transp. Especial	27,142	0,004	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla	0,754	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla	1,759	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla - Camión 3/4	90,474	0,012	0,001	75,395	0,010	0,001
No pavimentado	Estanque 15.000 [L]	3,109	0,000	0,000	2,591	0,000	0,000
No pavimentado	Camión / Camioneta ADR	3,468	0,000	0,000	2,890	0,000	0,000
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	3,533	0,000	0,000	2,944	0,000	0,000

Tipo de camino	Tipo de vehículo	CO_2 Año 1	CH_4 Año 1	N_2O Año 1	CO_2 Año 2	CH_4 Año 2	N_2O Año 2
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	8,196	0,001	0,000	6,830	0,001	0,000
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Tolva	3,730	0,001	0,000	3,109	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Tolva Estanca	0,622	0,000	0,000	0,518	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Cama Baja - Camión Tracto	0,148	0,000	0,000	0,124	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Rampla	0,161	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Tolva 20 [m3]	0,321	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Cama Baja	0,080	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	0,392	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Mixer 7 [m3]	0,597	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Portacontenedor	1,837	0,000	0,000	0,367	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Cama Baja / Transp. Especial	0,367	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla	0,020	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla	0,024	0,000	0,000	-	-	-
No pavimentado	Camión Rampla - Camión 3/4	1,225	0,000	0,000	1,021	0,000	0,000
No pavimentado	Estanque 15.000 [L]	0,117	0,000	0,000	0,098	0,000	0,000
No pavimentado	Camión / Camioneta ADR	0,047	0,000	0,000	0,039	0,000	0,000
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	0,262	0,000	0,000	0,218	0,000	0,000
No pavimentado	Aljibe 25.000 [L]	0,309	0,000	0,000	0,258	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Rampla - Camión Tolva	0,748	0,000	0,000	0,623	0,000	0,000
No pavimentado	Camión Tolva Estanca	0,125	0,000	0,000	0,104	0,000	0,000
No pavimentado	Camión tolva 20 [m3]	6,143	0,001	0,000	-	-	-

Tipo de camino	Tipo de vehículo	CO_2 Año 1	CH_4 Año 1	N_2O Año 1	CO_2 Año 2	CH_4 Año 2	N_2O Año 2
No pavimentado	Camión tolva 20 [m3]	11,507	0,002	0,000	-	-	-
Total		**345,493**	**0,047**	**0,003**	**127,548**	**0,017**	**0,001**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.1.5 Resumen de Emisiones de GEI

En la Tabla 144 se presenta el resumen de las emisiones de GEI de la fase de construcción, por fuente y por año.

Tabla 144 Resumen de emisiones de GEI, fase de construcción

Fuente	CO_2 [t]	CH_4 [t]	N_2O [t]	CO_2eq Año 1 [t]	CO_2eq Año 2 [t]	CO_2eq Fase [t]
Grupo electrógeno	129,012	0,017	0,001	129,776	-	129,776
Motor de maquinaria	6.321,413	0,853	0,051	5.773,217	585,646	6.358,864
Motor de vehículos	473,040	0,064	0,004	347,540	128,303	475,843
TOTAL	**6.923,465**	**0,934**	**0,056**	**6.250,533**	**713,950**	**6.964,483**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores de CO_2, CH_4 y N_2O corresponden al total de la fase (Año 1 + Año 2). CO_2eq calculado con PCG de 1 (CO_2), 28 (CH_4) y 265 (N_2O).

Las emisiones de GEI de la fase de construcción alcanzan 6.964,483 [tCO2eq], de las cuales 6.250,533 [tCO2eq] (89,7%) se generan durante el Año 1 y 713,950 [tCO2eq] (10,3%) durante el Año 2. La principal fuente corresponde a los motores de maquinaria fuera de ruta, con 6.358,864 [tCO2eq] (91,3% del total), seguida por los motores de vehículos, con 475,843 [tCO2eq] (6,8%), y los grupos electrógenos, con 129,776 [tCO2eq] (1,9%). El CO_2 representa el 99,4% de las emisiones expresadas en CO_2 equivalente.

1.2.6.2 Fase de Operación

La fase de operación del Proyecto tiene una duración estimada de 35 años. Las emisiones de GEI se estimaron para un año tipo de operación y el total de la fase se obtuvo multiplicando la emisión anual por los años de operación. Se consideran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O generadas por la combustión de petróleo diésel en grupos electrógenos de respaldo (combustión estacionaria), maquinaria fuera de ruta y motores de vehículos, asociados a las labores de operación y mantenimiento. La metodología, ecuaciones (3) a (7) y parámetros de cálculo corresponden a los descritos para la fase de construcción.

1.2.6.2.1 Grupo Electrógeno

Se consideran dos grupos electrógenos de respaldo de 100 [kVA], ubicados en la plataforma de la zona de baterías (BESS) y en la plataforma de la subestación elevadora, destinados a contingencias de operación y mantenimiento. Cada unidad opera 108 [h/año], con un consumo

de 1.901 [L/año] de petróleo diésel (1.596,8 [kg/año]). En la Tabla 145 se presentan las emisiones estimadas.

Tabla 145 Emisiones de GEI de grupos electrógenos, fase de operación [t/año]

Descripción	Cantidad	Horas [h/año]	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Plataforma zona de baterías (BESS)	1	108,00	1.596,8	0,0692	5,130	0,000692	0,000042	5,16
Plataforma subestación elevadora	1	108,00	1.596,8	0,0692	5,130	0,000692	0,000042	5,16
Total	**2**	**216,00**	**3.193,6**	**0,1384**	**10,260**	**0,001385**	**0,000083**	**10,32**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.2.2 Motor de Maquinaria

Durante la operación se considera el uso de una retroexcavadora para la mantención de caminos y obras menores, y de una grúa móvil para el recambio y la mantención correctiva de equipos. El consumo de combustible se estimó con la ecuación (6), considerando un factor de carga de 0,8, el TAF correspondiente a motores Stage IIIA y el CC según el rango de potencia de cada equipo. La Tabla 146 presenta los parámetros de operación y la Tabla 147 las emisiones estimadas.

Tabla 146 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta, fase de operación

Maquinaria	Actividad	Cantidad	Horas [h/año]	Potencia [kW]	Tecnología	FC	TAF	CC [g/kWh]
Retroexcavadora	Mantención de caminos y obras menores	1	384	70	Stage IIIA	0,8	1,01	260
Grúa móvil	Recambio/mantención correctiva de equipos	1	96	400	Stage IIIA	0,8	1,01	250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 147 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de operación [t/año]

Maquinaria	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Retroexcavadora	5.647,0	0,2448	18,141	0,002448	0,000147	18,25
Grúa móvil	7.756,8	0,3363	24,919	0,003363	0,000202	25,07
Total	**13.403,8**	**0,5811**	**43,060**	**0,005811**	**0,000349**	**43,32**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.2.3 Motor de Vehículos

Las actividades de inspección y mantención de equipos consideran 52 viajes al año de un camión o camioneta ADR (vehículo pesado diésel), desde Antofagasta por la Ruta 5 Norte, la Ruta 24 y caminos internos (214,2 [km] por sentido en camino pavimentado), y por los caminos no pavimentados de acceso e internos del Proyecto, incluido el camino de la línea de transmisión

hasta la Subestación Kimal (15,4 [km] por sentido). El consumo de combustible se estimó con la ecuación (7), con un rendimiento de 4,0 [km/L] para camiones diésel. La Tabla 148 presenta los niveles de actividad y la Tabla 149 las emisiones estimadas.

Tabla 148 Niveles de actividad y consumo de combustible de vehículos, fase de operación

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Viajes [viajes/año]	Distancia ida-vuelta [km/viaje]	Distancia [km/año]	Rendimiento [km/L]	Consumo [kg/año]
Pavimentado	Camión / camioneta ADR	52	428,40	22.276,8	4,0	4.678,1
No pavimentado	Camión / camioneta ADR	52	30,80	1.601,6	4,0	336,3
Total				**23.878,4**		**5.014,5**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 149 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de operación [t/año]

Tipo de camino	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Pavimentado	0,2028	15,029	0,002028	0,000122	15,12
No pavimentado	0,0146	1,080	0,000146	0,000009	1,09
Total	**0,2174**	**16,109**	**0,002174**	**0,000130**	**16,20**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.2.4 Resumen de Emisiones de GEI

En la Tabla 150 se presenta el resumen de las emisiones de GEI de la fase de operación, por fuente, para un año tipo y para la duración total de la fase.

Tabla 150 Resumen de emisiones de GEI, fase de operación

Fuente	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]	CO_2eq [t/fase]	Aporte (%)
Grupo electrógeno	10,260	0,001385	0,000083	10,32	361,22	14,8
Motor de maquinaria	43,060	0,005811	0,000349	43,32	1.516,04	62,0
Motor de vehículos	16,109	0,002174	0,000130	16,20	567,16	23,2
TOTAL	**69,429**	**0,009370**	**0,000562**	**69,84**	**2.444,43**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Total de la fase calculado como la emisión anual multiplicada por 35 años de operación. CO_2eq calculado con PCG de 1 (CO_2), 28 (CH_4) y 265 (N_2O).

Las emisiones de GEI de la fase de operación alcanzan 69,84 [tCO2eq/año], equivalentes a 2.444,43 [tCO2eq] durante los 35 años de operación. La principal fuente corresponde a los motores de maquinaria fuera de ruta, con 43,32 [tCO2eq/año] (62,0%), seguida por los motores de vehículos, con 16,20 [tCO2eq/año] (23,2%), y los grupos electrógenos, con 10,32 [tCO2eq/año] (14,8%). Las emisiones totales de la fase de operación representan aproximadamente un tercio de las estimadas para la fase de construcción (6.964,483 [tCO_2eq]).

1.2.6.3 Fase de Cierre

La fase de cierre del Proyecto se distribuye en dos años calendario (Año 1 y Año 2), en los cuales se desarrollarán las labores de desmontaje de estructuras y equipos, retiro de fundaciones, restitución de la geoforma y retiro de materiales y escombros. Se consideran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O generadas por la combustión de petróleo diésel en maquinaria fuera de ruta y en motores de vehículos. En esta fase no se contempla el uso de grupos electrógenos. La metodología, ecuaciones (3) a (7) y parámetros de cálculo corresponden a los descritos para la fase de construcción; para los tractocamiones (rampa o cama baja) se utiliza un rendimiento de 2,3 [km/L] (MTT, 2022).

1.2.6.3.1 Motor de Maquinaria

Para las labores de cierre se consideran 25 equipos de maquinaria fuera de ruta con tecnología Stage IIIA, que operan 8 [h/día] y 20 días/mes. Se utiliza un factor de carga (FC) de 0,80 y un factor de ajuste transiente (TAF) de 1,01, mientras que el consumo específico de combustible (CC) se asigna según la potencia de cada equipo. En la Tabla 151 se presentan los parámetros de operación y en las Tablas 152 y 153 las emisiones estimadas para el Año 1 y el Año 2, respectivamente.

Tabla 151 Parámetros de operación de maquinaria fuera de ruta, fase de cierre

Maquinaria	Actividad	Cantidad	Potencia [kW]	Tecnología	FC	TAF	CC [g/kWh]	Horas Año 1 [h/año]	Horas Año 2 [h/año]
Bulldozer	Restitución de geoforma	3	97	Stage IIIA	0,80	1,01	255	3.840	1.920
Excavadora	Desmontaje de obras civiles	6	125	Stage IIIA	0,80	1,01	255	10.560	1.920
Motoniveladora	Restitución de geoforma y perfilado	3	117	Stage IIIA	0,80	1,01	255	3.840	1.920
Retroexcavadora	Retiro de fundaciones y zanjas	3	70	Stage IIIA	0,80	1,01	260	3.840	1.920

Maquinaria	Actividad	Cantidad	Potencia [kW]	Tecnología	FC	TAF	CC [g/kWh]	Horas Año 1 [h/año]	Horas Año 2 [h/año]
Grúa móvil	Desmontaje de estructuras y equipos	4	400	Stage IIIA	0,80	1,01	250	7.040	1.280
Grúa sobre orugas	Desmontaje de equipos pesados	2	400	Stage IIIA	0,80	1,01	250	3.520	640
Cargador	Carga de escombros y materiales	4	127	Stage IIIA	0,80	1,01	255	7.040	2.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 152 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de cierre, Año 1 [t/año]

Maquinaria	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Bulldozer	76.746	3,3273	246,55	0,033273	0,001996	248,01
Excavadora	271.973	11,7912	873,73	0,117912	0,007075	878,90
Motoniveladora	92.570	4,0133	297,39	0,040133	0,002408	299,15
Retroexcavadora	56.470	2,4482	181,41	0,024482	0,001469	182,49
Grúa móvil	568.832	24,6613	1.827,40	0,246613	0,014797	1.838,23
Grúa sobre orugas	284.416	12,3307	913,70	0,123307	0,007398	919,12
Cargador	184.216	7,9866	591,80	0,079866	0,004792	595,31
Total	**1.535.222**	**66,5585**	**4.931,98**	**0,665585**	**0,039935**	**4.961,20**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 153 Emisiones de GEI de motor de maquinaria, fase de cierre, Año 2 [t/año]

Maquinaria	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Bulldozer	38.373	1,6636	123,28	0,016636	0,000998	124,01
Excavadora	49.450	2,1439	158,86	0,021439	0,001286	159,80
Motoniveladora	46.285	2,0066	148,69	0,020067	0,001204	149,57
Retroexcavadora	28.235	1,2241	90,71	0,012241	0,000734	91,24
Grúa móvil	103.424	4,4839	332,26	0,044839	0,002690	334,22
Grúa sobre orugas	51.712	2,2419	166,13	0,022419	0,001345	167,11
Cargador	66.988	2,9042	215,20	0,029042	0,001743	216,48
Total	**384.466**	**16,6683**	**1.235,12**	**0,166683**	**0,010001**	**1.242,43**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.3.2 Motor de Vehículos

El transporte asociado a la fase de cierre considera 591 viajes de vehículos pesados, que según los flujos vehiculares declarados por el titular ya incluyen la ida y el regreso: 164 viajes de camión tolva de 20 [m^3] para el transporte de áridos de base y subbase, 12 viajes de rampla o cama baja para las estructuras metálicas de la LAT y 415 viajes de camión aljibe de 25.000 [L] de agua industrial (125 para la LAT y 290 para el área BESS). Los recorridos se dividen en tramos pavimentados de 76,8 [km] por viaje para el camión tolva y los aljibes (Ruta 24, desde Calama) y de 214,2 [km] por viaje para la rampla (Ruta 5 Norte y Ruta 24, desde Antofagasta), y en tramos no pavimentados de 2,9 [km] por viaje hacia el área BESS y de 5,7 [km] por viaje hacia la LAT. Los niveles de actividad se presentan en la Tabla 154 y las emisiones estimadas para el Año 1 y el Año 2 en las Tablas 155 y 156.

Tabla 154 Niveles de actividad de vehículos, fase de cierre

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Viajes [viajes/fase]	Distancia por viaje [km/viaje]	Recorrido Año 1 [veh-km/año]	Recorrido Año 2 [veh-km/año]	Rendimiento [km/L]
Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	164	76,80	8.396,80	4.198,40	4,0
Pavimentado	Rampla / cama baja	12	214,20	1.713,60	856,80	2,3
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	125	76,80	6.400,00	3.200,00	4,0
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (área BESS)	290	76,80	14.848,00	7.424,00	4,0
No Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	164	2,90	317,07	158,53	4,0
No Pavimentado	Rampla / cama baja	12	5,70	45,60	22,80	2,3
No Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	125	5,70	475,00	237,50	4,0
No Pavimentado	Aljibe 25.000	290	2,90	560,67	280,33	4,0

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Viajes [viajes/fase]	Distancia por viaje [km/viaje]	Recorrido Año 1 [veh-km/año]	Recorrido Año 2 [veh-km/año]	Rendimiento [km/L]
	[L] (área BESS)					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 155 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de cierre, Año 1 [t/año]

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	1.763	0,0764	5,66	0,000764	0,000046	5,70
Pavimentado	Rampla / cama baja	626	0,0271	2,01	0,000271	0,000016	2,02
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	1.344	0,0583	4,32	0,000583	0,000035	4,34
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (área BESS)	3.118	0,1352	10,02	0,001352	0,000081	10,08
No Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	67	0,0029	0,21	0,000029	0,000002	0,22
No Pavimentado	Rampla / cama baja	17	0,0007	0,05	0,000007	0,000000	0,05
No Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	100	0,0043	0,32	0,000043	0,000003	0,32
No Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (área BESS)	118	0,0051	0,38	0,000051	0,000003	0,38
Total		**7.152**	**0,3101**	**22,98**	**0,003101**	**0,000186**	**23,11**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 156 Emisiones de GEI de motor de vehículos, fase de cierre, Año 2 [t/año]

Tipo de camino	Tipo de vehículo	Consumo [kg/año]	Energía [TJ/año]	CO_2 [t/año]	CH_4 [t/año]	N_2O [t/año]	CO_2eq [t/año]
Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	882	0,0382	2,83	0,000382	0,000023	2,85
Pavimentado	Rampla / cama baja	313	0,0136	1,01	0,000136	0,000008	1,01
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	672	0,0291	2,16	0,000291	0,000017	2,17
Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (área BESS)	1.559	0,0676	5,01	0,000676	0,000041	5,04
No Pavimentado	Camión tolva 20 [m^3]	33	0,0014	0,11	0,000014	0,000001	0,11
No Pavimentado	Rampla / cama baja	8	0,0004	0,03	0,000004	0,000000	0,03
No Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (LAT)	50	0,0022	0,16	0,000022	0,000001	0,16
No Pavimentado	Aljibe 25.000 [L] (área BESS)	59	0,0026	0,19	0,000026	0,000002	0,19
Total		**3.576**	**0,1550**	**11,49**	**0,001550**	**0,000093**	**11,56**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.6.3.3 Resumen de Emisiones de GEI

En la Tabla 157 se presenta el resumen de las emisiones de GEI de la fase de cierre, por fuente, para cada año y para la duración total de la fase.

Tabla 157 Resumen de emisiones de GEI, fase de cierre

Fuente	CO_2eq Año 1 [t/año]	CO_2eq Año 2 [t/año]	CO_2 [t/fase]	CH_4 [t/fase]	N_2O [t/fase]	CO_2eq [t/fase]	Aporte (%)
Motor de maquinaria	4.961,20	1.242,43	6.167,10	0,832267	0,049936	6.203,64	99,4
Motor de vehículos	23,11	11,56	34,46	0,004651	0,000279	34,67	0,6
TOTAL	**4.984,32**	**1.253,99**	**6.201,57**	**0,836918**	**0,050215**	**6.238,31**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de GEI de la fase de cierre alcanzan 6.238,31 [tCO2eq], de las cuales 4.984,32 [tCO2eq] se generan en el Año 1 y 1.253,99 [tCO2eq] en el Año 2. La principal fuente corresponde a los motores de maquinaria fuera de ruta, con 6.203,64 [tCO2eq] (99,4%), destacando las grúas móviles y sobre orugas utilizadas en el desmontaje de estructuras y equipos; los motores de vehículos aportan 34,67 [tCO2eq] (0,6%). Las emisiones de la fase de cierre equivalen aproximadamente al 90% de las estimadas para la fase de construcción (6.964,483 [tCO_2eq]).

1.2.7 RESUMEN DE EMISIONES DE GEI DE LAS TRES FASES

En la Tabla 158 se resumen las emisiones de GEI de las obras en cada fase. En conjunto, las tres fases suman 15.647,215 [tCO2eq]: la construcción aporta el 44,5% (6.964,483 [tCO2eq]), el cierre el 39,9% (6.238,307 [tCO2eq]) y la operación el 15,6% (2.444,425 [tCO2eq] en 35 años). En las tres fases, la principal fuente corresponde a los motores de la maquinaria fuera de ruta, que representan el 91,3% de las emisiones de la construcción, el 62,0% de las de la operación y el 99,4% de las del cierre.

Tabla 158 Resumen de emisiones de GEI de las fases de construcción, operación y cierre [t/fase]

Fase	Duración	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq	Aporte (%)
Construcción	22 meses	6.923,465	0,934341	0,056060	6.964,483	44,5
Operación	35 años	2.430,029	0,327939	0,019676	2.444,425	15,6
Cierre	18 meses	6.201,566	0,836918	0,050215	6.238,307	39,9
TOTAL		**15.555,060**	**2,099198**	**0,125952**	**15.647,215**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

1.2.8 COMPARACIÓN INVENTARIO DE EMISIONES VS RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

1.2.8.1 Fase de Construcción

En la Tabla 159 se comparan las emisiones del año de máxima emisión de la fase de construcción evaluadas en el Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar" (Año 1, Tabla 4-103) con las estimadas en este inventario para el Año 1 de la construcción de las obras objeto de esta declaración, que también corresponde a su año de máxima emisión, junto con la suma de ambas y el incremento porcentual respecto del Anexo 5. Con la incorporación de las obras, el MP_{10} aumentaría 15,0% (de 140,88 a 162,04 [t/año]), el $MP_{2.5}$ un 10,1%, los HC/COV un 14,1%, el NOx 16,5%, el CO 37,1% y el SO_2 6,1%. El incremento de NH_3 (131,1%) se explica por el bajo valor informado en el Anexo 5 (0,01 [t/año]).

Tabla 159 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, año de máxima emisión de la fase de construcción [t/año]

Estimación	MP10	MP2.5	HC/COV	NOx	CO	NH3	SO2
Anexo 5 (RCA) – Año 1	140,88	40,92	14,32	126,42	34,29	0,01	4,38
Inventario de emisiones – Año 1	21,159	4,133	2,020	20,839	12,723	0,013	0,266
Suma (Anexo 5 + inventario)	**162,04**	**45,05**	**16,34**	**147,26**	**47,01**	**0,02**	**4,65**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**15,0 %**	**10,1 %**	**14,1 %**	**16,5 %**	**37,1 %**	**131,1 %**	**6,1 %**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 4-103 del Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar" (GAC, 2020).

En la Tabla 160 se presentan los resultados de la modelación de dispersión del Anexo 5, que consideró las emisiones del Año 1 de la fase de construcción, correspondiente al periodo de mayor actividad del Parque Fotovoltaico Alfa Solar. Estos resultados no incluyen las obras objeto de esta declaración. Los aportes en los receptores del sector poblado de María Elena (Iglesia y Hospital) y en cuatro posadas ubicadas en las inmediaciones de la Ruta 5 son muy inferiores a las normas de calidad del aire: el mayor aporte relativo corresponde al NO2 horario en las Posadas 1 y 2 (2,9 [µg/m³], equivalente a 0,7% de la norma de 400 [µg/m³]), y en ningún receptor se supera el 1% de las normas respectivas.

Tabla 160 Resultados del modelo para el aporte del proyecto en la fase de construcción, según el Anexo 5 [µg/m³]

Receptor	MP_{10} anual [µg/m³]	MP_{10} diario [µg/m³]	$MP_{2.5}$ anual [µg/m³]	$MP_{2.5}$ diario [µg/m³]	NO_2 anual [µg/m³]	NO_2 horario [µg/m³]	CO horario [µg/m³]	CO 8 H [µg/m³]	SO_2 anual [µg/m³]	SO_2 diario [µg/m³]	SO_2 horario [µg/m³]
Iglesia	1,9E-03	1,1E-02	1,3E-03	8,7E-03	4,4E-03	4,9E-01	1,2E-01	2,6E-02	3,5E-05	2,6E-04	5,0E-04
Hospital	1,9E-03	1,1E-02	1,3E-03	8,8E-03	4,4E-03	4,7E-01	1,1E-01	2,4E-02	3,5E-05	2,4E-04	5,1E-04
Posada 1	8,5E-03	6,9E-02	4,9E-03	3,2E-02	1,9E-02	2,9E+00	5,7E-01	9,8E-02	1,4E-04	1,1E-03	2,0E-03
Posada 2	8,6E-03	7,0E-02	4,9E-03	3,3E-02	1,9E-02	2,9E+00	5,8E-01	1,0E-01	1,4E-04	1,1E-03	2,0E-03
Posada 3	4,9E-03	3,1E-02	2,9E-03	1,9E-02	1,2E-02	1,4E+00	3,6E-01	5,3E-02	1,5E-04	8,4E-04	1,5E-03
Posada 4	5,0E-03	3,1E-02	3,0E-03	1,9E-02	1,2E-02	1,4E+00	3,6E-01	5,3E-02	1,7E-04	9,6E-04	1,7E-03
Norma	**50**	**150**	**20**	**50**	**100**	**400**	**30.000**	**10.000**	**60**	**150**	**350**

Fuente: Tabla 9-1 del Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar" (GAC, 2020).

1.2.8.2 Fase de Operación

En la Tabla 161 se comparan las emisiones anuales de la fase de operación evaluadas en el Anexo 5 (Tabla 4-106) con las del año tipo de operación de las obras objeto de esta declaración. Con la incorporación de las obras, el MP_{10} aumentaría 6,6% (de 14,79 a 15,77 [t/año]) y el $MP_{2.5}$ 7,9%. Los gases presentan incrementos relativos mayores, entre 12,3% (SO_2) y 65,8% (CO), debido a que las emisiones de gases del Anexo 5 en esta fase son bajas (inferiores a 1 [t/año]).

Tabla 161 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, fase de operación [t/año]

Estimación	MP_{10} [t/año]	$MP_{2.5}$ [t/año]	HC/COV [t/año]	Nox [t/año]	CO [t/año]	NH_3 [t/año]	SO_2 [t/año]
Anexo 5 (RCA)	14,79	1,59	0,06	0,79	0,23	0,00	0,15
Inventario de emisiones – año tipo	0,976	0,125	0,033	0,424	0,151	0,000	0,018
Suma (Anexo 5 + inventario)	**15,77**	**1,72**	**0,09**	**1,21**	**0,38**	**0,00**	**0,17**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**6,6 %**	**7,9 %**	**54,5 %**	**53,6 %**	**65,8 %**	**0,00**	**12,3 %**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 4-106 del Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar" (GAC, 2020).

1.2.8.3 Fase de Cierre

En la Tabla 162 se comparan las emisiones del año de máxima emisión de la fase de cierre del Anexo 5 (Año 2 de un cierre de 5,5 años, Tabla 4-108) con las del Año 1 del cierre de las obras objeto de esta declaración, que concentra la mayor actividad de esta fase. Con la incorporación de las obras, el MP_{10} aumentaría 5,3% (de 43,19 a 45,49 [t/año]), el MP2.5 17,4% y el SO_2 1,6%, mientras que el NOx, los HC/COV y el CO presentan incrementos mayores (49,5%, 53,8% y 131,0%, respectivamente), principalmente por los motores de la maquinaria utilizada en el cierre, que generan más del 99% del NOx y del CO del Año 1. El incremento de NH_3 (88,1%) se explica por el bajo valor informado en el Anexo 5 (0,01 [t/año]).

Tabla 162 Emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones, año de máxima emisión de la fase de cierre [t/año]

Estimación	MP_{10} [t/año]	$MP_{2.5}$ [t/año]	HC/COV [t/año]	NOx [t/año]	CO [t/año]	NH_3 [t/año]	SO_2 [t/año]
Anexo 5 (RCA) – Año 2	43,19	7,01	2,54	29,16	7,59	0,01	1,99
Inventario de emisiones – Año 1	2,298	1,217	1,367	14,432	9 ,944	0,009	0,032
Suma (Anexo 5 + inventario)	**45,49**	**8,23**	**3,91**	**43,59**	**17,53**	**0,02**	**2,02**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**5,3 %**	**17,4 %**	**53,8 %**	**49,5 %**	**131,0 %**	**88,1 %**	**1,6 %**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 4-108 del Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar".

1.2.8.4 Conclusión

En la siguiente tabla se presenta, para las tres fases, el incremento porcentual que resulta de sumar las emisiones atmosféricas de las obras objeto de esta declaración a las evaluadas en el Anexo 5 de la Adenda DIA que sustenta la RCA vigente.

Tabla 163 Resumen de emisiones del Anexo 5 (RCA) y del inventario de emisiones por fase [t/año]

Estimación	MP_{10}	$MP_{2.5}$	HC/COV	NOx	CO	NH_3	SO_2
Fase de Construcción (año de máxima emisión)							
Anexo 5 (RCA) – Año 1	140,88	40,92	14,32	126,42	34,29	0,01	4,38
Inventario de emisiones – Año 1	21,159	4,133	2,020	20,839	12,723	0,013	0,266
Suma (Anexo 5 + inventario)	**162,04**	**45,05**	**16,34**	**147,26**	**47,01**	**0,02**	**4,65**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**15,0 %**	**10,1 %**	**14,1 %**	**16,5 %**	**37,1 %**	**131,1 %**	**6,1 %**
Fase de Operación (año tipo)							
Anexo 5 (RCA)	14,79	1,59	0,06	0,79	0,23	0,00	0,15
Inventario de emisiones – año tipo	0,976	0,125	0,033	0,424	0,151	0,000	0,018
Suma (Anexo 5 + inventario)	**15,77**	**1,72**	**0,09**	**1,21**	**0,38**	**0,00**	**0,17**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**6,6 %**	**7,9 %**	**54,5 %**	**53,6 %**	**65,8 %**	**0,00**	**12,3 %**
Fase de Cierre (año de máxima emisión)							
Anexo 5 (RCA) – Año 2	43,19	7,01	2,54	29,16	7,59	0,01	1,99
Inventario de emisiones – Año 1	2,298	1,217	1,367	14,432	9,944	0,009	0,032
Suma (Anexo 5 + inventario)	**45,49**	**8,23**	**3,91**	**43,59**	**17,53**	**0,02**	**2,02**
Incremento respecto al Anexo 5 (%)	**5,3 %**	**17,4 %**	**53,8 %**	**49,5 %**	**131,0 %**	**88,1 %**	**1,6 %**

Fuente: Elaboración propia a partir de las Tablas 4-103, 4-106 y 4-108 del Anexo 5 de la Adenda DIA "Parque Fotovoltaico Alfa Solar".

Respecto de la necesidad de realizar una nueva simulación de dispersión, la modelación del Anexo 5 consideró el periodo de mayor actividad del Parque Fotovoltaico Alfa Solar (Año 1 de la fase de Construcción) y obtuvo aportes muy bajos, con un máximo de 0,070 [µg/m³] de MP_{10} y 0,033 [µg/m³] de $MP_{2.5}$ como concentración de 24 horas en el receptor Posada 2 (Tabla 160). En la fase de Construcción, que presenta las mayores emisiones, las obras objeto de esta declaración incrementan las emisiones de MP_{10} y $MP_{2.5}$ evaluadas en dicho anexo en un 15,0% y un 10,1%, respectivamente (Tabla 163), por lo que no se espera que modifiquen de forma relevante las concentraciones simuladas.

Para verificarlo, se aplicó a los aportes máximos del Anexo 5 dicho incremento, bajo el supuesto de que las concentraciones aumentan en la misma proporción que las emisiones. Con ello, los

aportes máximos estimados son de 0,081 [µg/m³] (24 horas) y 0,0099 [µg/m³] (anual) para MP_{10}, y de 0,036 [µg/m³] (24 horas) y 0,0054 [µg/m³] (anual) para $MP_{2.5}$.

Estos aportes se comparan con los valores de significancia de la Tabla 2 del documento "*Criterio de evaluación en el SEIA: impacto de emisiones en zonas saturadas por material particulado respirable MP_{10} y material particulado fino respirable $MP_{2.5}$*" (SEA, 2023), aplicables a impactos con una duración menor a 3 años, que se reproducen en la Tabla 164. Para la fase de construcción se utilizan los valores del mes 12 (fila destacada en la Tabla 164), periodo equivalente al año de máxima emisión modelado en el Anexo 5, que son 10,00 [µg/m³] (24 horas) y 3,00 [µg/m³] (anual) para MP_{10}, y 5,13 [µg/m³] (24 horas) y 0,99 [µg/m³] (anual) para $MP_{2.5}$. Los aportes estimados equivalen a entre un 0,3% y un 0,8% de dichos valores.

Tabla 164 Valores de significancia para el aumento de concentraciones de MP10 y MP2.5 sobre receptores humanos para impactos con una duración menor a 3 años (SEA, 2023)

Duración del impacto			MP_{10} [µg/m³]		$MP_{2.5}$ [µg/m³]	
Año	**Mes**	**Proporcional [años]**	**24 horas**	**Anual**	**24 horas**	**Anual**
1	1	0,1	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	0,2	10,00	10,00	10,00	5,94
	3	0,3	10,00	10,00	10,00	3,96
	4	0,3	10,00	9,00	10,00	2,97
	5	0,4	10,00	7,20	10,00	2,38
	6	0,5	10,00	6,00	10,00	1,98
	7	0,6	10,00	5,14	8,79	1,70
	8	0,7	10,00	4,50	7,70	1,49
	9	0,8	10,00	4,00	6,84	1,32
	10	0,8	10,00	3,60	6,16	1,19
	11	0,9	10,00	3,27	5,60	1,08
	12	**1,0**	**10,00**	**3,00**	**5,13**	**0,99**
2	13	1,1	10,00	2,77	4,74	0,91
	14	1,2	10,00	2,57	4,40	0,85
	15	1,3	10,00	2,40	4,10	0,79
	16	1,3	10,00	2,25	3,85	0,74
	17	1,4	10,00	2,12	3,62	0,70
	18	1,5	10,00	2,00	3,42	0,66
	19	1,6	9,47	1,89	3,24	0,63
	20	1,7	9,00	1,80	3,08	0,59
	21	1,8	8,57	1,71	2,93	0,57
	22	1,8	8,18	1,64	2,80	0,54
	23	1,9	7,83	1,57	2,68	0,52
	24	2,0	7,50	1,50	2,57	0,50
3	25	2,1	7,20	1,44	2,46	0,48
	26	2,2	6,92	1,38	2,37	0,46
	27	2,3	6,67	1,33	2,28	0,44
	28	2,3	6,43	1,29	2,20	0,42
	29	2,4	6,21	1,24	2,12	0,41
	30	2,5	6,00	1,20	2,05	0,40

Duración del impacto			MP_{10} [µg/m³]		$MP_{2.5}$ [µg/m³]	
Año	**Mes**	**Proporcional [años]**	**24 horas**	**Anual**	**24 horas**	**Anual**
	31	2,6	5,81	1,16	1,99	0,38
	32	2,7	5,63	1,13	1,92	0,37
	33	2,8	5,45	1,09	1,87	0,36
	34	2,8	5,29	1,06	1,81	0,35
	35	2,9	5,14	1,03	1,76	0,34
	36	3,0	5,00	1,00	1,71	0,33

Fuente: SEA (2023), Tabla 2.

En consecuencia, la incorporación de las obras no generaría un aumento significativo de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2.5}$ en los receptores humanos, ya que los aportes estimados son inferiores al 1% de los valores de significancia de la Tabla 2 del criterio del SEA, comparados al peor año de las emisiones. Por lo anterior, no se considera necesario realizar una nueva simulación de dispersión de contaminantes.

1.2.9 BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2017. *Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas*. Santiago, Chile.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2023. *Criterio de evaluación en el SEIA: impacto de emisiones en zonas saturadas por material particulado respirable MP10 y material particulado fino respirable MP2,5*. Primera edición. Santiago, Chile.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2026. *Guía metodológica para la estimación y reporte de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta*. Primera edición. Santiago, Chile.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1995. *AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources*. Research Triangle Park, Carolina del Norte, Estados Unidos.