ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO

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

CAPÍTULO 3.1.1.5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

2026

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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVO 1
3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO 1
4 DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO 2
4.1 Localización 2
4.2 Cronograma General del Proyecto 3
4.3 Plan de Descontaminación 4
5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO 6
5.1 Ecuación General para el Cálculo de Emisiones 6
5.1.1 Aplicación de Medidas de Abatimiento de MP 6
5.2 Actividades o Fuentes de Emisión 7
5.3 Cálculo de Emisiones para la Fase de Construcción 8
5.3.1 Emisiones Asociadas a Actividad de Excavación 8
5.3.2 Emisiones Asociadas a Actividad de Escarpe 11
5.3.3 Emisiones Asociadas a Actividad de Nivelación 13
5.3.4 Emisiones Asociadas a Compactación 15
5.3.5 Emisiones Asociadas a Carguío de Camiones 18
5.3.6 Emisiones Asociadas a Descarga de Camiones 20
5.3.7 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica 23
5.3.8 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados 24
5.3.9 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados 30
5.3.10 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos 32
5.3.11 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta 34
5.3.12 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos 43
5.3.13 Resumen de Emisiones para la Fase de Construcción 45
5.3.14 Emisiones Fase de Construcción – PPDA Región Metropolitana 46
5.4 Cálculo de Emisiones para la Fase de Operación 48
5.4.1 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica 48
5.4.2 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados 49
5.4.3 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados 51
5.4.4 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos 53
5.4.5 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta 55
5.4.6 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos 58

5.4.7 Resumen de Emisiones para la Fase de Operación 58
5.4.8 Emisiones Fase de Operación – PPDA Región Metropolitana 59
5.5 Cálculo de Emisiones para la Fase de Cierre 60
5.5.1 Emisiones Asociadas a Nivelación 60
5.5.2 Emisiones Asociadas a Compactación 61
5.5.3 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica 63
5.5.4 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados 64
5.5.5 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados 68
5.5.6 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos 70
5.5.7 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta 70
5.5.8 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos 76
5.5.9 Resumen de Emisiones para la Fase de Cierre 77
5.5.10 Emisiones Fase de Cierre – PPDA Región Metropolitana 77
5.6 Resumen Emisiones por Año y Fase del Proyecto 79
6 CONCLUSIONES 83
7 REFERENCIAS 84
ANEXOS
Anexo 1. Tablas de Tránsito
Anexo 2. Planilla de Emisiones
Anexo 3. KMZ de Rutas Proyecto
Anexo 4. Fichas Técnicas
Anexo 5. Programa Preliminar de Compensación de Emisiones Atmosféricas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma general del Proyecto – fase de construcción 3
Tabla 2. Cronograma general del Proyecto – fase de operación 3
Tabla 3. Cronograma general del Proyecto – fase de cierre 4
Tabla 4. Actividades que generarán emisiones atmosféricas según obras solicitadas 7
Tabla 5. Factor de emisiones para la actividad de excavación 8
Tabla 6. Nivel de actividad para la excavación 9
Tabla 7. Emisiones asociadas a la actividad de excavación 10
Tabla 8. Factor de emisiones para la actividad de escarpe 11
Tabla 9. Nivel de actividad por escarpe 11
Tabla 10. Emisiones asociadas a la actividad de escarpe 12

Tabla 11. Factor de emisiones (FE) para la actividad de nivelación 13
Tabla 12. Nivel de actividad por nivelación 14
Tabla 13. Emisiones asociadas a nivelación (ton/fase) 15
Tabla 14. Factor de emisiones para la compactación 15
Tabla 15. Nivel de actividad compactación 16
Tabla 16. Emisiones asociadas a compactación (ton/fase) 17
Tabla 17. Factor de emisiones para la actividad de carga 18
Tabla 18. Nivel de actividad para la carga de material 18
Tabla 19. Emisiones asociadas a la actividad de carga de material 19
Tabla 20. Factor de emisiones para la actividad de descarga 20
Tabla 21. Nivel de actividad para la descarga de material 21
Tabla 22. Emisiones asociadas a la actividad de descarga de material 22
Tabla 20. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica 23
Tabla 21. Nivel de actividad erosión eólica 23
Tabla 22. Emisiones asociadas a erosión eólica 24
Tabla 23. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados 24
Tabla 24. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados 26
Tabla 25. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino no pavimentado durante la fase de construcción . 29
Tabla 26. Factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados 30
Tabla 27. Factor de emisión asociado a la actividad de tránsito por caminos pavimentados 31
Tabla 28. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino pavimentado durante la fase de construcción 32
Tabla 29. Factor de emisión por tipo de vehículo 32
Tabla 30. Resumen emisiones asociadas a la combustión vehicular por caminos pavimentados y no pavimentados durante la fase de construcción 33
Tabla 31. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría 35
Tabla 32. Factores por tipo de tecnología 35
Tabla 33. Factores por potencia y tecnología 35
Tabla 34. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de construcción 36
Tabla 35. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de construcción 38
Tabla 36. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de construcción 40
Tabla 37. Resumen emisiones asociada a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de construcción ... 43
Tabla 38. Factores de emisión para grupos electrógenos 43
Tabla 39. Nivel de actividad grupo electrógeno 43
Tabla 40. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos 44
Tabla 41. Resumen de emisiones para la fase de construcción del Proyecto 45

Tabla 42. Resumen emisiones totales para la fase de construcción del Proyecto 46
Tabla 43. Emisiones del Proyecto Fase de Construcción dentro área del PPDA Región Metropolitana 46
Tabla 44. Emisiones del Proyecto fase de construcción dentro área del PPDA Región Metropolitana 47
Tabla 20. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica 48
Tabla 21. Nivel de actividad Erosión eólica 48
Tabla 22. Emisiones asociadas a erosión eólica 49
Tabla 45. Fórmula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados 49
Tabla 46. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados 50
Tabla 47. Emisiones asociadas al tránsito por caminos no pavimentados durante la fase de operación 51
Tabla 48. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados 52
Tabla 49. Cálculo de factor de emisión caminos pavimentados 52
Tabla 50. Emisiones para el tránsito vehicular por camino pavimentado para la fase de operación 53
Tabla 51. Factor de emisiones para la actividad de combustión de vehículos 54
Tabla 52. Emisiones asociadas a la combustión de vehículos en la fase de operación 54
Tabla 53. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría 56
Tabla 54. Factores por tipo de tecnología 56
Tabla 55. Factores por potencia y tecnología 56
Tabla 56. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de operación 57
Tabla 57. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de operación 57
Tabla 58. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de operación 57
Tabla 59. Factores de emisión para grupos electrógenos 58
Tabla 60. Nivel de actividad grupo electrógeno 58
Tabla 61. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos 58
Tabla 62. Resumen de emisiones para la fase de operación del Proyecto 58
Tabla 63. Emisiones del Proyecto fase de operación dentro del área del PPDA Región Metropolitana 59
Tabla 64. Material particulado equivalente de acuerdo a PPDA región Metropolitana 59
Tabla 65. Factor de emisiones (FE) para la actividad de nivelación 60
Tabla 66. Nivel de actividad por nivelación 60
Tabla 67. Emisiones asociadas a nivelación (ton/fase) 61
Tabla 68. Factor de emisiones para la compactación 61
Tabla 69. Nivel de actividad compactación 62
Tabla 70. Emisiones asociadas a compactación (ton/fase) 62
Tabla 20. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica 63
Tabla 21. Nivel de actividad erosión eólica 63

Tabla 22. Emisiones asociadas a erosión eólica 64
Tabla 71. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados 64
Tabla 72. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados 65
Tabla 73. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino no pavimentado durante la fase de cierre 67
Tabla 74. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados 68
Tabla 75. Cálculo de factor de emisión caminos pavimentados 68
Tabla 76. Emisiones para el tránsito vehicular por camino pavimentado para la fase de cierre 69
Tabla 77. Factor de emisiones para la actividad de combustión de vehículos 70
Tabla 78. Emisiones asociadas a la combustión de vehículos en la fase de cierre 70
Tabla 79. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría 71
Tabla 80. Factores por tipo de tecnología 72
Tabla 81. Factores por potencia y tecnología 72
Tabla 82. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de cierre 73
Tabla 83. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de operación 74
Tabla 84. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de cierre 75
Tabla 85. Factores de emisión para grupos electrógenos 76
Tabla 86. Nivel de actividad grupo electrógeno 76
Tabla 87. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos 76
Tabla 88. Resumen de emisiones para la fase de cierre 77
Tabla 89. Emisiones del Proyecto fase de cierre dentro del área del PPDA Región Metropolitana 77
Tabla 90. Material particulado equivalente en el área del PPDA Región Metropolitana 78
Tabla 91. Emisiones totales por fase del Proyecto. 79
Tabla 92. Emisiones del Proyecto – PPDA región Metropolitana 80
Tabla 93. Material particulado equivalente – PPDA región Metropolitana 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División Político-Administrativa en que se inserta el Proyecto 2
Figura 2. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago 5
Figura 3. Caminos no pavimentados de la fase de construcción 29
Figura 4. Caminos pavimentados de la fase de construcción 31
Figura 5. Caminos no pavimentados de la fase de operación 51
Figura 6. Caminos pavimentados de la fase de operación 53
Figura 7. Caminos no pavimentados de la fase de cierre 67
Figura 8. Caminos pavimentados de la fase de cierre 69

1 INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta la estimación de emisiones atmosféricas del material particulado (MP30, MP10 y MP2,5) y gases de combustión (monóxido de carbono, CO; óxidos de nitrógeno, NOx; óxidos de azufre; SOx) en el marco del desarrollo del Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ) " (en adelante, el Proyecto) perteneciente a "Plan 8" (en adelante, el Titular) y en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N°19.300, y en su modificación (Ley N°20.417) y por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante SEIA) en el D.S. N°40/2012 que Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El presente documento, incorpora el cálculo de las emisiones de las diferentes actividades que forman parte del Proyecto en cada una de sus fases. Para ello se realiza una estimación de emisiones de material particulado, en su fracción respirable (MP2,5 y MP10) y gases de combustión (monóxido de carbono, CO; óxidos de nitrógeno, NOX; y dióxidos de azufre; SOx) que se generarán como consecuencia de las obras y acciones que se realizarán durante las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto.

Para realizar la cuantificación de emisiones de los contaminantes antes detallados se utilizaron los factores y fórmulas de emisión presentadas en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020) y el Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones Atmosféricas (MMA, diciembre 2017). Cabe mencionar que ambas guías utilizan a su vez como referencia el reporte "AP-42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency", en adelante; "AP-42 (US-EPA)".

2 OBJETIVO

Estimar emisiones para las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto, producto de las actividades susceptibles de generar emisiones de material particulado respirable en su fracción gruesa (MP30, MP10) y fina (MP2,5) y gases (CO, NOx ySOx), a través de la aplicación de factores de emisión.

3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

El Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)" (o también PHLQ) consiste en la construcción y operación de un Parque de energías renovables, ubicado entre las comunas de San Pedro y Litueche, en las Metropolitana y O'Higgins, respectivamente.

El proyecto combina energía eólica y solar, con una potencia nominal de 190,25 MW aproximados. El parque eólico está compuesto por 16 aerogeneradores de hasta 8 MW cada uno, sumando un total de 128 MW nominal. Por su parte, el parque fotovoltaico estará compuesto por 107.772 paneles fotovoltaicos, sumando un total de 77,6 MWp y 62,25 MW nominal.

Adicionalmente, se considera un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, llamado BESS (Battery Energy Storage System), permitiendo inyectar energía al sistema en horas donde no se cuente con radiación solar ni viento. Este sistema eléctrico se compone de módulos autocontenidos de baterías de Iones de Litio que se instalarán a un costado de la Subestación Elevadora.

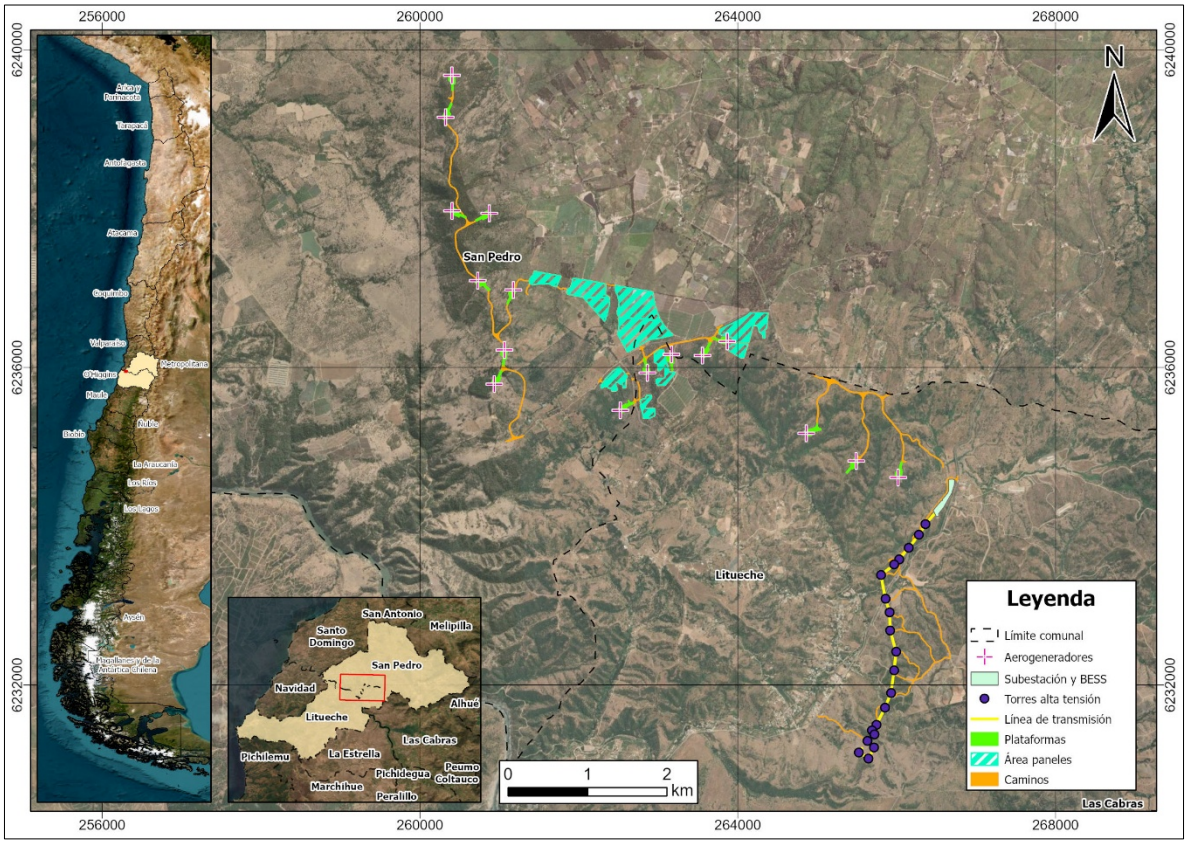
La energía generada por el parque será conducida por líneas de media tensión (33 kV) hasta la subestación elevadora, construida al interior del parque, la que elevará la tensión de 33 kV a 220 kV para ser evacuada a través de una Línea de Alta Tensión de 3,78 km del Proyecto, hasta la Nueva Subestación Seccionadora Loica, conectándose al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

4 DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO

4.1 Localización

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

Figura 1. División Político-Administrativa en que se inserta el Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

4.2 Cronograma General del Proyecto

A continuación, se presenta el cronograma de cada fase del Proyecto.

Tabla 1. Cronograma general del Proyecto – fase de construcción

Fase de Construcción	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Habilitación Instalaciones temporales																								
Preparación del terreno																								
Habilitación accesos y caminos internos																								
Construcción de Fundaciones y Plataformas de aerogeneradores																								
Cableado Media Tensión PE																								
Montaje Aerogeneradores																								
Habilitación accesos y caminos internos																								
Instalación Cerco Perimetral																								
Proceso de hincado																								
Cableado Baja y Media Tensión PF																								
Montaje Paneles y Centros de Transformación																								
Construcción Subestación Elevadora																								
Construcción y montaje área BESS																								
Construcción y montaje línea de alta tensión																								
Pruebas y Puesta en marcha																								
Retiro de instalaciones temporales y restauración del terreno																								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cronograma general del Proyecto – fase de operación

Cronograma Fase de Operación	AÑOS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	…..	30
Inicio Operación del Parque Híbrido															
Operación y Generación de energía del Parque Híbrido															
Mantenimiento Parque Eólico															

Cronograma Fase de Operación	AÑOS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	…..	30
Mantenimiento Parque Fotovoltaico															
Limpieza de Paneles Fotovoltaicos															
Mantenimiento BESS															
Desconexión del Parque Híbrido															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Cronograma general del Proyecto – fase de cierre

Fase de Cierre	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Habilitación Instalaciones de faena												
Desmantelamiento y retiro de aerogeneradores												
Desmantelamiento y retiro de paneles solares y trackers												
Desmantelamiento y retiro Centros de Transformación												
Desmantelamiento y retiro BESS												
Desmantelamiento y retiro Subestación Elevadora												
Desmantelamiento y retiro LAT												
Retiro de instalaciones temporales y restauración del terreno												

Fuente: Elaboración propia.

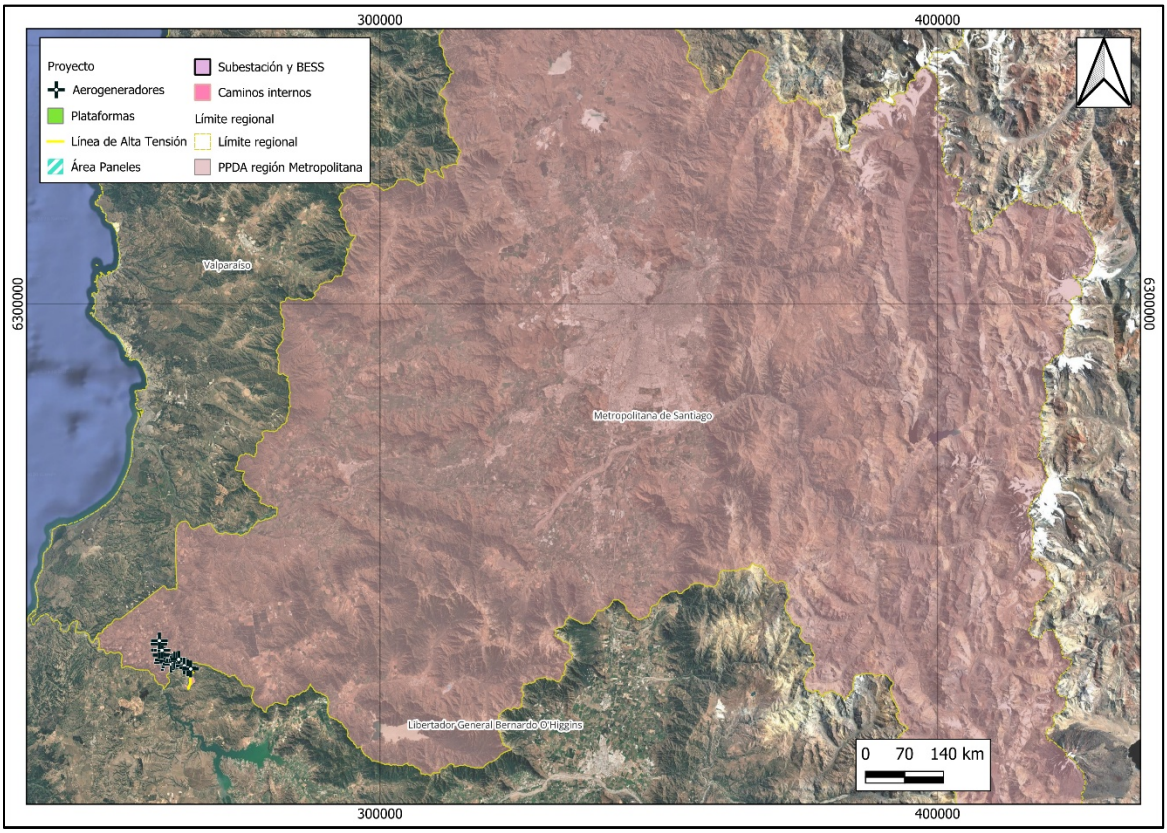
4.3 Plan de Descontaminación

El plan de descontaminación es un instrumento de gestión ambiental que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona calificada como saturada por uno o más contaminantes.

En este contexto, se encuentra el Decreto N° 31/2017 Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago el cual indica en su artículo 64, establece que los proyectos que superen los umbrales de emisiones indicados en la "Tabla VI-14: Emisión máxima proyectos" deben compensar sus emisiones de Material Particulado (MP10 y MP2,5), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Dióxido de Azufre (SO2). Los valores máximos permitidos sin obligación de compensación son 2,5 t/año para MP10 , 2 t/año para MP2,5, 8 t/año para NOx y 10 t/año para SO_2.

En la siguiente figura, se encuentra el área del plan de descontaminación con las respectivas partes y obras del Proyecto que se encuentran dentro de éste.

Figura 2. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago



Fuente: Elaboración propia.

5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEL PROYECTO

5.1 Ecuación General para el Cálculo de Emisiones

La metodología utilizada para la estimación de emisiones atmosféricas se basa en los factores de emisión, valores por defecto y criterios definidos en los siguientes documentos:

- BS Consultores, 2015. "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental". (Informe Recopilación, 2015)
- Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020).
- Environmental Protection Agency of United States. "AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States". (AP-42)
- EMEP-EEA air pollutant emission inventory guidebook

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

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

Donde:

E : Emisión.

Fe : Factor de emisión.

Na : Nivel de actividad.

Ea : Eficiencia de abatimiento.

5.1.1 Aplicación de Medidas de Abatimiento de MP

Las emisiones estimadas también consideran el uso de medidas de abatimiento de material particulado, siendo consideradas en el caso del proyecto la aplicación de supresor de polvo.

Uso de supresor de polvo

Para la etapa de construcción, operación y cierre se considera el uso de supresor de polvo en todos los caminos no pavimentados del proyecto, incluyendo aquellos caminos correspondientes a la concesión de acceso y a los caminos internos.

El uso del supresor de polvo, dependiendo de la concentración empleada, puede llegar a reducir el 85% de las emisiones de material particulado. Por lo que se utilizará ese nivel de eficiencia. De esta forma, las emisiones resultantes deben ser multiplicadas por la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Ea = E * \left(1 - \frac{Ef}{100}\right)}$$

Donde:

Ea: Emisión con abatimiento por supresor de polvo (ton/año)

E: Emisión sin medida de abatimiento (ton/año)

Ef: Abatimiento (%)

5.2 Actividades o Fuentes de Emisión

A continuación, se presentan las actividades generadoras de emisiones del Proyecto y el contaminante asociado a esta actividad por fase.

Tabla 4. Actividades que generarán emisiones atmosféricas según obras solicitadas

Fase de Generación	Actividad	Tipo de Emisión	Contaminantes
Construcción	Excavación	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Escarpe	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Nivelación	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Compactación	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Carga	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Descarga	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Tránsito de vehículos por vías pavimentadas (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Combustión de vehículos en caminos no pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de vehículos en caminos pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de grupos electrógenos	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
Operación	Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Tránsito de vehículos por vías pavimentadas (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Combustión de vehículos en caminos no pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de vehículos en caminos pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
	Combustión de grupos electrógenos	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx – CO
Cierre	Nivelación	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5

Fase de Generación	Actividad	Tipo de Emisión	Contaminantes
	Compactación	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5
	Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Tránsito de vehículos por vías pavimentadas (Resuspensión)	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5
	Combustión de vehículos en caminos no pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx - CO
	Combustión de vehículos en caminos pavimentados	Indirecta	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx - CO
	Combustión de maquinaria fuera de ruta	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx - CO
	Combustión de grupos electrógenos	Directa	MP30 - MP10 - MP2,5 – SO2 - NOx - CO

Fuente: Elaboración a partir de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana, octubre 2020".

5.3 Cálculo de Emisiones para la Fase de Construcción

A continuación, se presentan las emisiones generadas por la construcción del proyecto.

5.3.1 Emisiones Asociadas a Actividad de Excavación

5.3.1.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla, se presenta el factor utilizado para la actividad de excavación, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Tabla 5. Factor de emisiones para la actividad de excavación

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro	Fuente	Parámetro	Valor	Factor	Unidad
Excavación del terreno	MP2,5	$k \cdot 2{,}6 \cdot \frac{S^{1,2}}{M^{1,3}}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	k: Factor tamaño de partícula	0,105	0,05760	kg/h
			Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el material	3,46		
				M: % humedad del material	10,4		
	MP10	$k \cdot 0{,}45 \cdot \frac{S^{1,5}}{M^{1,4}}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	k: Factor tamaño de partícula	0,75	0,08174	
			Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el material	3,46		
				M: % humedad del material	10,4		

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro	Fuente	Parámetro	Valor	Factor	Unidad
	MP30	$k \cdot 2{,}6 \cdot \frac{S^{1,2}}{M^{1,3}}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e informe final Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental	k: Factor tamaño de partícula	1,00	0,54854	
			Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el material	3,46		
				M: % humedad del material	10,4		

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad es determinado a través del rendimiento de la maquinaria y el volumen a excavar.

Para efectos de esta actividad, se considerará que para una máquina con capacidad de palada de 1 m^3 se tiene un rendimiento igual a 54,27 m^3/h. Cabe señalar que dicho rendimiento hace referencia a metros cúbicos sueltos de tierra excavada, por lo tanto, al momento de determinar las horas de operación de la excavadora, se debe utilizar el volumen de tierra esponjado en un 20%.

De acuerdo con lo anterior, el nivel de actividad para la excavación durante la fase de operación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6. Nivel de actividad para la excavación

Área	Volumen (m^3)	Volumen total con Esponjamiento 20% [m^3]	Rend maquinaria [m^3/h]	Nivel de Actividad fase (h)
Plataformas RM	380.793	456.951,0	54,27	8.420,0
Plataformas OH	173.088	207.705,0		3.827,3
Fundaciones RM	23.750	28.500,5		525,2
Fundaciones OH	15.834	19.000,3		350,1
Caminos PE RM	149.723	179.667,4		3.310,6
Caminos PE OH	99.815	119.778,2		2.207,1
Caminos PF RM	13.033	15.639,1		288,2
Caminos PF OH	8.688	10.426,1		192,1
Torres LAT	4.032	4.838,4		89,2
ZMT PE RM	11.557	13.867,9		255,5
ZMT PE OH	7.704	9.245,3		170,4
ZMT PF RM	5.687	6.824,9		125,8
ZMT PF OH	3.792	4.549,9		83,8
ZBT PF RM	6.437	7.724,9		142,3

Área	Volumen (m^3)	Volumen total con Esponjamiento 20% [m^3]	Rend maquinaria [m^3/h]	Nivel de Actividad fase (h)
ZBT PF OH	4.292	5.149,9		94,9
Proceso de Hincado RM	963	1.155,6		21,3
Proceso de Hincado OH	642	770,4		14,2
SE-BESS	40.256	48.307,2		890,1
Instalación de Faena 1	48.437	58.124,4		1.071,0
Instalación de Faena 2	2.700	3.240,0		59,7
Instalación de Faena 3	5.042	6.050,4		111,5
Total	**1.006.264**	**1.207.516,8**		**22.250,3**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas a la actividad de excavación durante la construcción se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Emisiones asociadas a la actividad de excavación

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,484961	0,68824	4,618678
Plataformas OH	0,220438	0,312839	2,099414
Fundaciones RM	0,03025	0,042929	0,288091
Fundaciones OH	0,020164	0,028617	0,192043
Caminos PE RM	0,190678	0,270604	1,815985
Caminos PE OH	0,127121	0,180406	1,210675
Caminos PF RM	0,016599	0,023557	0,158088
Caminos PF OH	0,011064	0,015702	0,105374
Torres LAT	0,005138	0,007291	0,048929
ZMT PE RM	0,014716	0,020884	0,140151
ZMT PE OH	0,009814	0,013928	0,093471
ZMT PF RM	0,007246	0,010283	0,069006
ZMT PF OH	0,004827	0,00685	0,045967
ZBT PF RM	0,008196	0,011631	0,078057
ZBT PF OH	0,005466	0,007757	0,052056
Proceso de Hincado RM	0,001227	0,001741	0,011684
Proceso de Hincado OH	0,000818	0,001161	0,007789
SE-BESS	0,051267	0,072756	0,488252

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Instalación de Faena 1	0,061686	0,087542	0,587483
Instalación de Faena 2	0,003439	0,00488	0,032748
Instalación de Faena 3	0,006422	0,009114	0,061162
Total	**1,28154**	**1,81871**	**12,20510**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Emisiones Asociadas a Actividad de Escarpe

5.3.2.1 Factor de Emisión

En la Tabla 8 se presenta el factor utilizado para la actividad de escarpe, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a la preparación del terreno, actividad realizada en construcción para retirar la capa superficial del suelo, primera capa con vegetación del área.

Tabla 8. Factor de emisiones para la actividad de escarpe

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	FE	Unidad
Preparación del terreno (Escarpe)	MP2,5	0,855	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	0,86	kg/km
	MP10	5,7		5,70	
	MP30	5,7		5,70	

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por la maquinaria que realiza el escarpe. Este valor se determina a partir del área (ha) a escarpar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas por el factor 3,57 [km/ha] que corresponde a la distancia que recorre la maquina por hectárea escarpada (Guía para la estimación de emisiones SEREMI RM, octubre 2020). Esta información puede validarse en la siguiente tabla.

Tabla 9. Nivel de actividad por escarpe

Área	Superficie (ha)	Rendimiento maquinaria (km/ha)[1]	NA (km/fase)
Plataformas RM	13,10	3,57	46,76
Plataformas OH	8,73		31,17
Caminos PE RM	13,52		48,25
Caminos PE OH	9,01		32,17
Caminos PF RM	3,26		11,63
Caminos PF OH	2,17		7,75

[1] Valor recomendado por Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020)

Área	Superficie (ha)	Rendimiento maquinaria (km/ha)[1]	NA (km/fase)
Caminos LAT	3,62		12,93
Torres LAT	0,11		0,40
ZMT PE RM	1,36		4,85
ZMT PE OH	0,91		3,24
ZMT PF RM	0,71		2,54
ZMT PF OH	0,47		1,69
ZBT PF RM	0,80		2,87
ZBT PF OH	0,54		1,92
Centros de transformación	0,17		0,59
SE-BESS	4,15		14,83
Instalación de Faena 1	1,91		6,81
Instalación de Faena 2	2,70		9,63
Instalación de Faena 3	1,12		4,00
Área de Acopio Temporal 1 RM	2,81		10,02
Área de Acopio Temporal 2 RM	4,47		15,96
Área de Acopio Temporal 3	1,70		6,08
Superficie Total Por Escarpar	**77,34**		**276,10**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad anual y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas al escarpe durante la fase de construcción:

Tabla 10. Emisiones asociadas a la actividad de escarpe

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,039982	0,266543	0,266543
Plataformas OH	0,026654	0,177696	0,177696
Caminos PE RM	0,041253	0,275019	0,275019
Caminos PE OH	0,027502	0,183346	0,183346
Caminos PF RM	0,009945	0,066301	0,066301
Caminos PF OH	0,00663	0,0442	0,0442
Caminos LAT	0,011056	0,073704	0,073704
Torres LAT	0,000342	0,002279	0,002279
ZMT PE RM	0,00415	0,027666	0,027666
ZMT PE OH	0,002767	0,018444	0,018444

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
ZMT PF RM	0,00217	0,014467	0,014467
ZMT PF OH	0,001447	0,009645	0,009645
ZBT PF RM	0,002456	0,016374	0,016374
ZBT PF OH	0,001637	0,010916	0,010916
Centros de transformación	0,000504	0,003358	0,003358
SE-BESS	0,012679	0,084524	0,084524
Instalación de Faena 1	0,005822	0,038816	0,038816
Instalación de Faena 2	0,008237	0,054914	0,054914
Instalación de Faena 3	0,003424	0,022825	0,022825
Área de Acopio Temporal 1 RM	0,008565	0,057102	0,057102
Área de Acopio Temporal 2 RM	0,013647	0,09098	0,09098
Área de Acopio Temporal 3	0,005194	0,034629	0,034629
Total	**0,23606**	**1,57375**	**1,57375**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Emisiones Asociadas a Actividad de Nivelación

5.3.3.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la actividad de nivelación, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Es importante mencionar que la variable “S” en la formula corresponde a la velocidad media de operación de la niveladora, para lo cual se ha considerado una velocidad media de operación de 11,4 km/h según la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Este factor corresponde a la nivelación del terreno, actividad realizada en construcción para asegurar un cierto nivel sobre una superficie, ya sea horizontal o con cierta pendiente, mediante el uso de maquinaria.

Tabla 11. Factor de emisiones (FE) para la actividad de nivelación

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	FE	Unidad
Nivelación del terreno	MP2,5	$(0,031) \cdot (0,0034) \cdot [(S)^{2,5}]$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	0,04625	kg/km
	MP10	$(0,60) \cdot (0,0056) \cdot [(S)^{2,0}]$		0,43667	
	MP30	$(1) \cdot (0,0034) \cdot [(S)^{2,5}]$		1,49190	

S: velocidad media de operación de la niveladora (11,4 km/h).
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por la maquinaria que realiza la nivelación. Este valor se determina a partir del área (ha) a nivelar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas el rendimiento de la niveladora para el cual se considera como referencia una hoja de 3,658 de ancho, con lo que se obtiene un rendimiento de 2,7 km/ha para 1 pasada según la formula recomendada en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020), se consideran para este caso de manera muy conservadora dos pasadas, con lo cual se obtienen el siguiente nivel de actividad.

Tabla 12. Nivel de actividad por nivelación

Área	Superficie (m²)	Rendimiento maquinaria (km/ha)	NA (km/año)
Plataformas RM	130.986,0	2,7	71,62
Plataformas OH	87.324,0		47,74
Caminos PE RM	135.151,2		73,89
Caminos PE OH	90.100,8		49,26
Caminos PF RM	32.581,8		17,81
Caminos PF OH	21.721,2		11,88
Caminos LAT	36.220,0		19,80
ZMT PE RM	13.595,9		7,43
ZMT PE OH	9.063,9		4,96
ZMT PF RM	7.109,4		3,89
ZMT PF OH	4.739,6		2,59
ZBT PF RM	8.046,6		4,40
ZBT PF OH	5.364,4		2,93
SE-BESS	41.537,0		22,71
Instalación de Faena 1	19.075,0		10,43
Instalación de Faena 2	26.986,0		14,75
Instalación de Faena 3	11.217,0		6,13
Área de Acopio Temporal 1	28.061,4		15,34
Área de Acopio Temporal 2	44.709,6		24,44
Área de Acopio Temporal 3	17.017,7		9,30
Superficie Total Por Nivelar	**770.608,5**		**421,33**

*Nota: el Nivel de Actividad considera dos pasadas de la maquina por lo que está multiplicado por dos.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a nivelación durante la fase de construcción.

Tabla 13. Emisiones asociadas a nivelación (ton/fase)

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,00331	0,03127	0,10684
Plataformas OH	0,00221	0,02085	0,07123
Caminos PE RM	0,00342	0,03227	0,11024
Caminos PE OH	0,00228	0,02151	0,07349
Caminos PF RM	0,00082	0,00778	0,02658
Caminos PF OH	0,00055	0,00519	0,01772
Caminos LAT	0,00092	0,00865	0,02954
ZMT PE RM	0,00034	0,00325	0,01109
ZMT PE OH	0,00023	0,00216	0,00739
ZMT PF RM	0,00018	0,00170	0,00580
ZMT PF OH	0,00012	0,00113	0,00387
ZBT PF RM	0,00020	0,00192	0,00656
ZBT PF OH	0,00014	0,00128	0,00438
SE-BESS	0,00105	0,00992	0,03388
Instalación de Faena 1	0,00048	0,00455	0,01556
Instalación de Faena 2	0,00068	0,00644	0,02201
Instalación de Faena 3	0,00028	0,00268	0,00915
Área de Acopio Temporal 1	0,00071	0,00670	0,02289
Área de Acopio Temporal 2	0,00113	0,01067	0,03647
Área de Acopio Temporal 3	0,00043	0,00406	0,01388
Total	**0,01949**	**0,18398**	**0,62858**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Emisiones Asociadas a Compactación

5.3.4.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la actividad de compactación, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a la compactación del terreno, actividad realizada en construcción para aumentar la densidad del suelo, por medio del paso de maquinaria pesada sobre la superficie. Según el AP-42, para esta actividad se puede utilizar la misma fórmula que la excavación.

Tabla 14. Factor de emisiones para la compactación

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	Parámetro	Valor	FE	Unidad
Compactación del terreno	MP2,5		Apéndice 1. Análisis de	s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,05760	kg/km

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	Parámetro	Valor	FE	Unidad
		$\frac{0{,}105x2{,}6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$	laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	M: Humedad	10,4		
	MP10	$\frac{0{,}75x0{,}45(s)^{1,5}}{(M)^{1,4}}$		s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,08174	
				M: Humedad	10,4		
	MP30	$\frac{1x2{,}6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$		s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,54854	
				M: Humedad	10,4		

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas totales de funcionamiento efectivas de la maquinaría. Este valor se determina a partir del área (ha) a compactar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas con el rendimiento de la máquina, para un compactador tipo 2 con ancho de tambor de 2,13 m, se obtiene un rendimiento de 4,7 km/ha, con una velocidad de operación de la maquinaria de 6 km/h promedio y 3 pasadas. La siguiente tabla indica las emisiones asociadas a esta actividad.

Tabla 15. Nivel de actividad compactación

Área	Superficie (m²/fase)	Rendimiento maquinaria (km/ha)[3]	NA (h/año)
Plataformas RM	130.986,0	3,57	30,75
Plataformas OH	87.324,0		20,50
Caminos PE RM	135.151,2		31,73
Caminos PE OH	90.100,8		21,15
Caminos PF RM	32.581,8		7,65
Caminos PF OH	21.721,2		5,10
Caminos LAT	36.220,0		8,50
ZMT PE RM	13.595,9		3,19
ZMT PE OH	9.063,9		2,13
ZMT PF RM	7.109,4		1,67
ZMT PF OH	4.739,6		1,11
ZBT PF RM	8.046,6		1,89
ZBT PF OH	5.364,4		1,26
SE-BESS	41.537,0		9,75
Instalación de Faena 1	19.075,0		4,48
Instalación de Faena 2	26.986,0		6,33
Instalación de Faena 3	11.217,0		2,63

[2] Compactador modelo CAT, referencia disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230166.html

[3] Valor recomendado por Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020)

Área	Superficie (m²/fase)	Rendimiento maquinaria (km/ha)[3]	NA (h/año)
Área de Acopio Temporal 1	28.061,4		6,59
Área de Acopio Temporal 2	44.709,6		10,50
Área de Acopio Temporal 3	17.017,7		3,99
Superficie Total Por Compactar	**770.608,5**		**180,89**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a nivelación durante la fase de construcción.

Tabla 16. Emisiones asociadas a compactación (ton/fase)

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,001771	0,002513	0,016866
Plataformas OH	0,001181	0,001676	0,011244
Caminos PE RM	0,001827	0,002593	0,017403
Caminos PE OH	0,001218	0,001729	0,011602
Caminos PF RM	0,000441	0,000625	0,004195
Caminos PF OH	0,000294	0,000417	0,002797
Caminos LAT	0,00049	0,000695	0,004664
ZMT PE RM	0,000184	0,000261	0,001751
ZMT PE OH	0,000123	0,000174	0,001167
ZMT PF RM	0,000096	0,000136	0,000915
ZMT PF OH	0,000064	0,000091	0,00061
ZBT PF RM	0,000109	0,000154	0,001036
ZBT PF OH	0,000073	0,000103	0,000691
SE-BESS	0,000562	0,000797	0,005348
Instalación de Faena 1	0,000258	0,000366	0,002456
Instalación de Faena 2	0,000365	0,000518	0,003475
Instalación de Faena 3	0,000152	0,000215	0,001444
Área de Acopio Temporal 1	0,000379	0,000538	0,003613
Área de Acopio Temporal 2	0,000604	0,000858	0,005757
Área de Acopio Temporal 3	0,00023	0,000327	0,002191
Total	**0,01042**	**0,01479**	**0,09923**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5 Emisiones Asociadas a Carguío de Camiones

5.3.5.1 Factor de Emisión

El factor para esta actividad es presentado en la siguiente tabla.

Tabla 17. Factor de emisiones para la actividad de carga

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor	Factor	Unidad
Transferencia de material (Carga)	MP2,5	$0{,}05 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$	Datos de Estación Meteorológica Estación San Pedro de Melipilla 2025.	U: velocidad del viento promedio (m/s)	1,45	0,000005	kg/ton
				M: % humedad del material	10,4		
	MP10	$0{,}35 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$		U: velocidad del viento promedio (m/s)	1,45	0,00003	
				M: % humedad del material	10,4		
	MP30	$0{,}74 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo..	U: velocidad del viento promedio (m/s)	1,45	0,00007	
				M: % humedad del material	10,4		

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado a la carga de material corresponderá al material total de la actividad asociada a excavación y relleno.

Tabla 18. Nivel de actividad para la carga de material

Actividad	Volumen de Material [m³]	Densidad del Material [ton/m³]	Nivel de Actividad [ton/año]
Plataformas RM	420.088	1,5	630.132,5
Plataformas OH	199.285		298.927,1
Fundaciones RM	64.296		96.443,6

Actividad	Volumen de Material [m³]	Densidad del Material [ton/m³]	Nivel de Actividad [ton/año]
Fundaciones OH	42.864		64.295,8
Caminos PE RM	159.497		239.246,0
Caminos PE OH	106.332		159.497,3
Caminos PF RM	23.899		35.847,9
Caminos PF OH	9.024		13.536,6
Torres LAT	4.368		6.552,0
ZMT PE RM	15.635		23.453,0
ZMT PE OH	10.424		15.635,4
ZMT PF RM	7.820		11.730,3
ZMT PF OH	5.213		7.820,2
ZBT PF RM	8.851		13.277,1
ZBT PF OH	5.901		8.851,4
Proceso de Hincado RM	1.458		2.187,0
Proceso de Hincado OH	21.411		32.115,8
SE-BESS	61.025		91.536,8
Instalación de Faena 1	54.160		81.239,3
Instalación de Faena 2	10.796		16.193,7
Instalación de Faena 3	8.407		12.610,7
Área de Acopio Temporal 1 RM	8.418		12.627,6
Área de Acopio Temporal 2 RM	13.413		20.119,3
Área de Acopio Temporal 3	5.105		7.658,0
Carga áridos San Antonio	266.086		399.129,3
Carga áridos Melipilla	177.391		266.086,2
Total, Carga	**1.711.166**		**2.566.749,7**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas a esta actividad se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19. Emisiones asociadas a la actividad de carga de material

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,003097	0,020454	0,043246
Plataformas OH	0,001469	0,009703	0,020516

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Fundaciones RM	0,000474	0,003131	0,006619
Fundaciones OH	0,000316	0,002087	0,004413
Caminos PE RM	0,001176	0,007766	0,01642
Caminos PE OH	0,000784	0,005177	0,010946
Caminos PF RM	0,000176	0,001164	0,00246
Caminos PF OH	0,000067	0,000439	0,000929
Torres LAT	0,000032	0,000213	0,00045
ZMT PE RM	0,000115	0,000761	0,00161
ZMT PE OH	0,000077	0,000508	0,001073
ZMT PF RM	0,000058	0,000381	0,000805
ZMT PF OH	0,000038	0,000254	0,000537
ZBT PF RM	0,000065	0,000431	0,000911
ZBT PF OH	0,000044	0,000287	0,000607
Proceso de Hincado RM	0,000011	0,000071	0,00015
Proceso de Hincado OH	0,000158	0,001042	0,002204
SE-BESS	0,00045	0,002971	0,006282
Instalación de Faena 1	0,000399	0,002637	0,005576
Instalación de Faena 2	0,00008	0,000526	0,001111
Instalación de Faena 3	0,000062	0,000409	0,000865
Área de Acopio Temporal 1 RM	0,000062	0,00041	0,000867
Área de Acopio Temporal 2 RM	0,000099	0,000653	0,001381
Área de Acopio Temporal 3	0,000038	0,000249	0,000526
Carga áridos San Antonio	0,001962	0,012956	0,027393
Carga áridos Melipilla	0,001308	0,008637	0,018262
Total	**0,01262**	**0,08331**	**0,17615**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.6 Emisiones Asociadas a Descarga de Camiones

5.3.6.1 Factor de Emisión

El factor para esta actividad es presentado en la siguiente tabla.

Tabla 20. Factor de emisiones para la actividad de descarga

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor	Factor	Unidad
Transferencia de material (Descarga)	MP2,5		Datos de Estación Meteorológica	U: velocidad del viento	1,45	0,000005	kg/ton

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor	Factor	Unidad
		$0{,}05 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$	Estación San Pedro de Melipilla 2025	promedio (m/s)			
				M: % humedad del material	10,4		
	MP10	$0{,}35 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$		U: velocidad del viento promedio (m/s)	1,45	0,00003	
				M: % humedad del material	10,4		
	MP30	$0{,}74 \cdot 0{,}0016 \cdot \left(\frac{U}{2{,}2}\right)^{1{,}3} \div \left(\frac{M}{2}\right)^{1{,}4}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	U: velocidad del viento promedio (m/s)	1,45	0,00007	
				M: % humedad del material	10,4		

Fuente: Elaboración propia.

5.3.6.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado a la descarga de material corresponderá al material total de la actividad.

Tabla 21. Nivel de actividad para la descarga de material

Actividad	Volumen de Material [m³]	Densidad del Material [ton/m³]	Nivel de Actividad [ton/fase]
Plataformas RM	131.039	1,5	196.559,1
Plataformas OH	87.360		131.039,4
Caminos PE RM	57.269		85.904,1
Caminos PE OH	38.180		57.269,4
Caminos PF RM	5.213		7.819,2
Caminos PF OH	3.475		5.212,8
ZMT PE RM	14.956		22.433,4
ZMT PE OH	9.970		14.955,6
ZMT PF RM	7.820		11.730,6
ZMT PF OH	5.214		7.820,4

Actividad	Volumen de Material [m³]	Densidad del Material [ton/m³]	Nivel de Actividad [ton/fase]
ZBT PF RM	8.851		13.276,8
ZBT PF OH	5.901		8.851,2
SE-BESS	11.290		16.935,0
Instalación de Faena 1	159		238,5
Instalación de Faena 2	28.897		43.345,5
Instalación de Faena 3	342		513,0
Total, descarga	**415.936**		**623.904,0**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.6.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas a esta actividad se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22. Emisiones asociadas a la actividad de descarga de material

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Plataformas RM	0,000966	0,00638	0,01349
Plataformas OH	0,000644	0,004254	0,008993
Caminos PE RM	0,000422	0,002788	0,005896
Caminos PE OH	0,000282	0,001859	0,00393
Caminos PF RM	0,000038	0,000254	0,000537
Caminos PF OH	0,000026	0,000169	0,000358
ZMT PE RM	0,00011	0,000728	0,00154
ZMT PE OH	0,000074	0,000485	0,001026
ZMT PF RM	0,000058	0,000381	0,000805
ZMT PF OH	0,000038	0,000254	0,000537
ZBT PF RM	0,000065	0,000431	0,000911
ZBT PF OH	0,000044	0,000287	0,000607
SE-BESS	0,000083	0,00055	0,001162
Instalación de Faena 1	0,000001	0,000008	0,000016
Instalación de Faena 2	0,000213	0,001407	0,002975
Instalación de Faena 3	0,000003	0,000017	0,000035
Total	**0,00307**	**0,02025**	**0,04282**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica

5.3.7.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la erosión eólica, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a las emisiones producidas por la erosión eólica del material apilado.

Tabla 23. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Erosión eólica	MP2,5	$fe = k(s/1,5)(f/15)$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	k= MP10: 0,953 k= MP2,5: 0,146 k = MP30: 1,900 s: % de finos = 3,46 f: Porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,4 [m/s] a la altura media de la pila = 1,45
	MP10		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	
	MP30		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las hectáreas de acopio por los días al año que se mantiene el material apilado.

Tabla 24. Nivel de actividad erosión eólica

Área	Superficie (ha)	Días Año	Días Año 2	NA (ha/año) Año 1	NA (ha/año) Año 2
Botadero 1	1,88	0	365	0	686,2
Botadero 2	0,29	0	365	0	105,85
Botadero 3	0,96	0	365	0	350,4
Botadero 4	3,29	0	365	0	1200,85
Botadero 5	1,13	0	365	0	412,45

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad anual y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a la erosión eólica en la fase de operación.

Tabla 25. Emisiones asociadas a erosión eólica

Área	Emisiones (ton/año) Año 1			Emisiones (ton/año) Año 2		
	MP2,5	MP10	MP30	MP2,5	MP10	MP30
Botadero 1	0	0	0	0,02237	0,14602	0,29111
Botadero 2	0	0	0	0,00345	0,02252	0,04491
Botadero 3	0	0	0	0,01142	0,07456	0,14865
Botadero 4	0	0	0	0,03915	0,25553	0,50945
Botadero 5	0	0	0	0,01345	0,08777	0,17498
Total	**0**	**0**	**0**	**0,08984**	**0,58640**	**1,16910**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.8 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados

5.3.8.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presentan las fórmulas para el cálculo del factor asociado a esta actividad.

Tabla 26. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor
Tránsito de vehículos en caminos **no** pavimentados industriales	MP2,5	$0{,}15 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0{,}9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el camino	8,50
			Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	W: Peso promedio de los vehículos (t)	-
	MP10	$1{,}5 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0{,}9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el material	8,50
			Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	W: Peso promedio de los vehículos (t)	-
	MP30	$4{,}9 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0{,}7} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0{,}45}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el material	8,50
			Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e	W: Peso promedio de	-

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor
			Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	los vehículos (t)	

Fuente: Elaboración propia.

Peso promedio del camino (W):

Para estimar el peso (W) de la flota de vehículos que transitará por caminos no pavimentados se utiliza la fórmula dispuesta en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020), el cual indica la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\overline{\sum_j^n P_{\iota} \cdot N_{v_\iota}}}{\sum_j^n N_{v_j}}$$

Donde:

W: Peso promedio de la flota que transita por un determinado camino y año cronológico, en [t].

$\overline{P_i}$: Promedio entre el peso con y sin carga (en [t]), del vehículo que hace un determinado tipo de viaje i.

N_{v_i}: Número de viajes del tipo de viaje i, en el año cronológico en cuestión.

N_{v_j}: Número de viajes del tipo de viaje j, en el año cronológico en cuestión.

n: Cantidad de tipos de viajes en el año cronológico en cuestión.

Los cálculos de los pesos promedio correspondientes a la etapa de construcción, junto con sus resultados, se presentan en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión calculados para la etapa de construcción para el camino no pavimentado a utilizar.

Tabla 27. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados

Ruta No pavimentada	%de finos en el material (s)	Peso promedio W (t) Año 1	Factor de emisión (FA) Año 1			Peso promedio W (t) Año 2	Factor de emisión (FA) Año 1		
			MP2,5	MP10	MP30		MP2,5	MP10	MP30
1	3,46	29,21	0,04016	0,40156	1,31176	29,21	0,04016	0,40156	1,31176
2		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
3		28,83	0,03992	0,39920	1,30406	28,83	0,03992	0,39920	1,30406
4		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
5		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
6		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
7		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
8		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
9		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
10		16,50	0,03105	0,31054	1,01443	16,50	0,03105	0,31054	1,01443
11		28,83	0,03992	0,39920	1,30406	28,83	0,03992	0,39920	1,30406
12		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
13		31,12	0,04132	0,41319	1,34975	31,12	0,04132	0,41319	1,34975
14		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
15		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
16		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
17		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
18		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
19		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
20		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482

Ruta No pavimentada	%de finos en el material (s)	Peso promedio W (t) Año 1	Factor de emisión (FA) Año 1			Peso promedio W (t) Año 2	Factor de emisión (FA) Año 1		
			MP2,5	MP10	MP30		MP2,5	MP10	MP30
21		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
22		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
23		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
24		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,43	0,04150	0,41501	1,35571
25		31,38	0,04147	0,41474	1,35482	31,38	0,04147	0,41474	1,35482
26		31,52	0,04156	0,41557	1,35751	31,52	0,04156	0,41557	1,35751
27		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
28		29,21	0,04016	0,40156	1,31176	29,21	0,04016	0,40156	1,31176
29		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
30		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
31		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
32		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
33		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
34		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
35		28,83	0,03992	0,39920	1,30406	28,83	0,03992	0,39920	1,30406
36		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
37		15,74	0,03041	0,30407	0,99328	15,74	0,03041	0,30407	0,99328
38		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
39		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
40		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
41		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
42		28,63	0,03980	0,39795	1,29997	28,63	0,03980	0,39795	1,29997
43		28,83	0,03992	0,39920	1,30406	28,83	0,03992	0,39920	1,30406

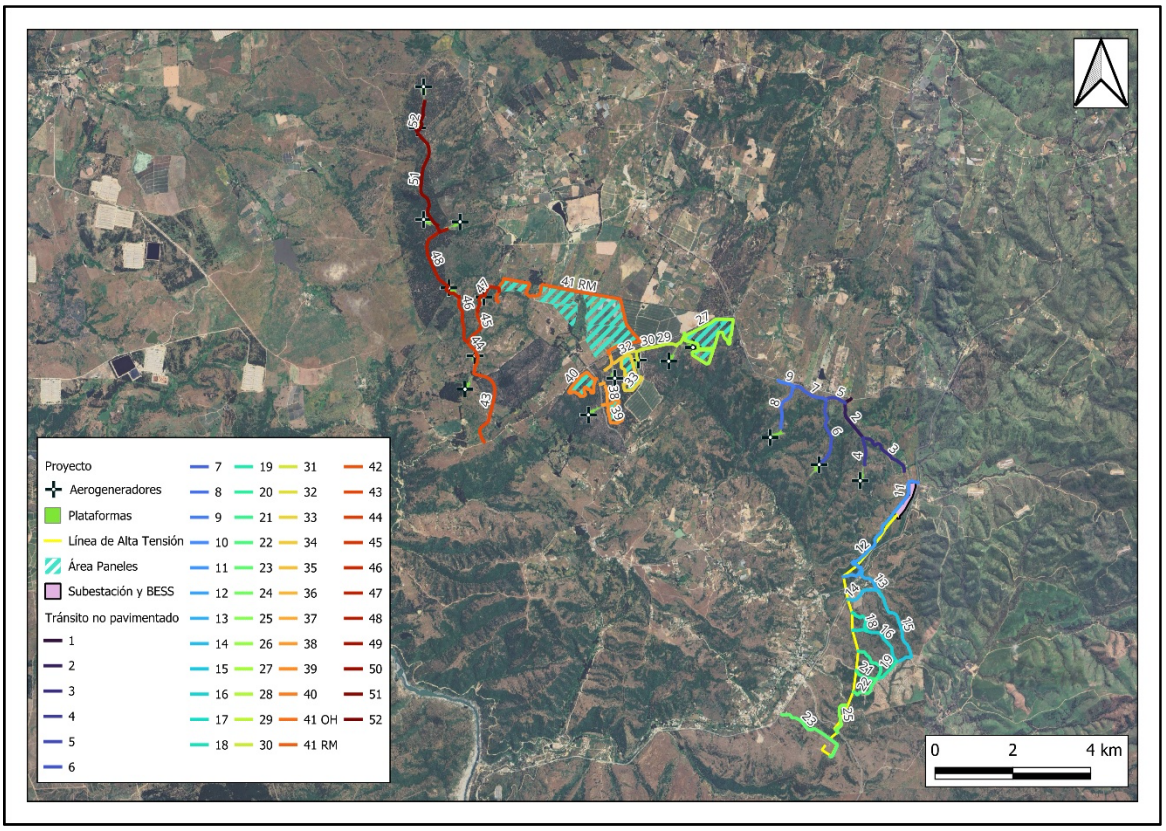
Ruta No pavimentada	%de finos en el material (s)	Peso promedio W (t) Año 1	Factor de emisión (FA) Año 1			Peso promedio W (t) Año 2	Factor de emisión (FA) Año 1		
			MP2,5	MP10	MP30		MP2,5	MP10	MP30
44		29,29	0,04021	0,40206	1,31340	29,29	0,04021	0,40206	1,31340
45		29,29	0,04021	0,40206	1,31338	29,29	0,04021	0,40206	1,31338
46		28,65	0,03981	0,39812	1,30053	28,65	0,03981	0,39812	1,30053
47		29,25	0,04018	0,40181	1,31258	29,25	0,04018	0,40181	1,31258
48		28,83	0,03992	0,39920	1,30406	28,83	0,03992	0,39920	1,30406
49		29,23	0,04017	0,40173	1,31231	29,23	0,04017	0,40173	1,31231
50		29,19	0,04015	0,40147	1,31148	29,19	0,04015	0,40147	1,31148
51		29,22	0,04016	0,40164	1,31203	29,22	0,04016	0,40164	1,31203
52		29,21	0,04016	0,40156	1,31176	29,21	0,04016	0,40156	1,31176

Fuente: Elaboración propia.

5.3.8.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorrido por los vehículos del Proyecto en caminos no pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente figura.

Figura 3. Caminos no pavimentados de la fase de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino no pavimentado de la fase de construcción, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

5.3.8.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas no pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 28. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino no pavimentado durante la fase de construcción

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Tránsito camino no pavimentado Año 1	0,64811	6,48114	21,17171

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Tránsito camino no pavimentado Año 2	0,64630	6,46289	21,11210
Total	**1,29441**	**12,94403**	**42,28382**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.9 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados

5.3.9.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el factor asociado a la actividad de tránsito por caminos pavimentos.

Tabla 29. Factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados

Actividad	Contaminante	Formula	Fuente	Parámetro
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP2,5	$0,15 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m^2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP10	$0,62 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m^2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP30	$3,23 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m^2)
				W: Peso promedio de los vehículos que transitan por las vías. Por defecto se puede usar un valor de 8 [t]

Fuente: Elaboración propia.

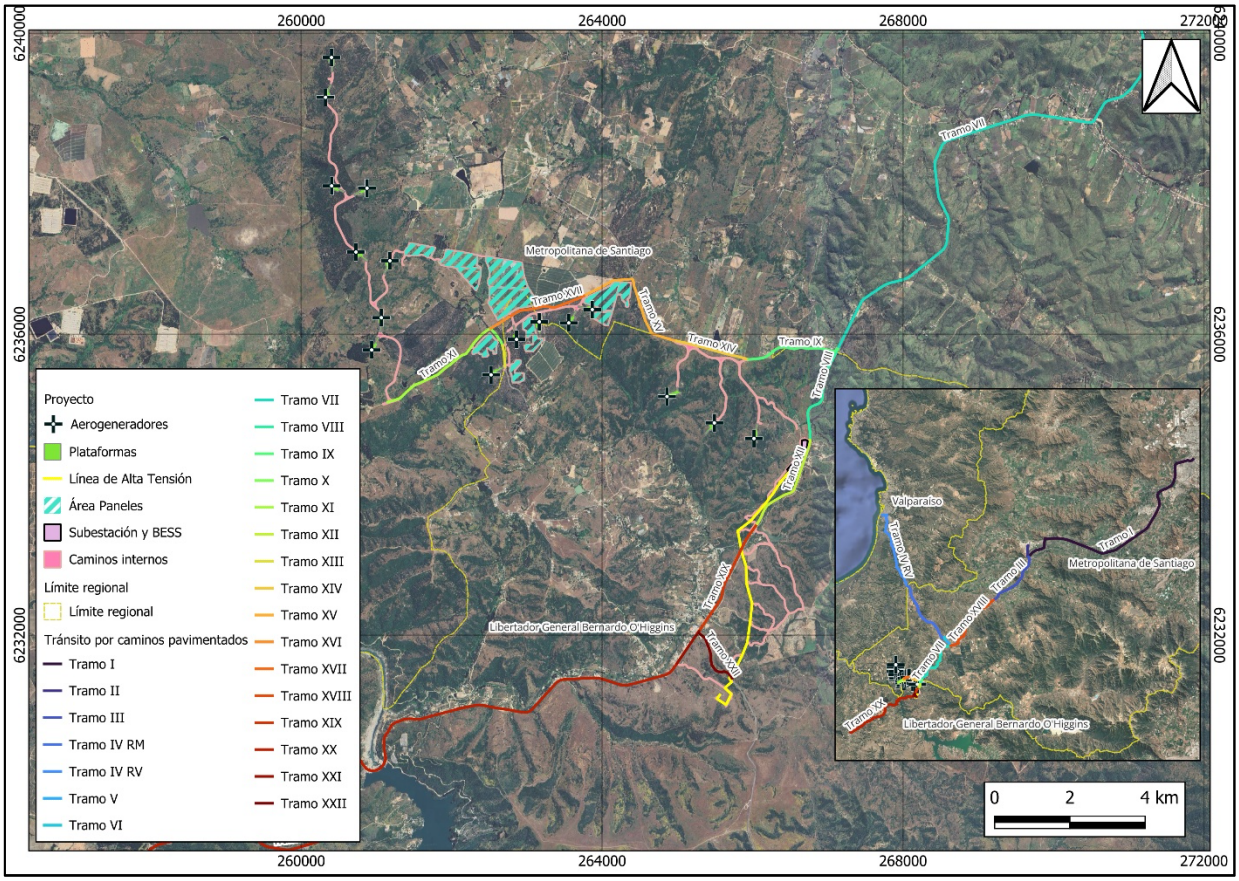
Carga de material fino de la superficie en camino (sL):

Para estimar la carga de material fino de la superficie en camino (sL) de los caminos pavimentados en que transitará la flota se utiliza el valor por defecto para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana, el cual corresponde a 0,7 g/m^2.

5.3.9.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos del Proyecto en caminos pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente imagen.

Figura 4. Caminos pavimentados de la fase de construcción



Fuente: Elaboración propia.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino pavimentado de la fase de construcción, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

5.3.9.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 30. Factor de emisión asociado a la actividad de tránsito por caminos pavimentados

Transporte	Contaminantes		
	FE MP2.5 [g/km]	FE MP10 [g/km]	FE MP30 [g/km]
Tránsito por caminos pavimentados	0,00100	0,00413	0,02151

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino pavimentado durante la fase de construcción

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Tránsito camino pavimentado Año 1	3,41976	14,13505	73,63898
Tránsito camino pavimentado Año 2	3,42056	14,13834	73,65615
Total	**6,84032**	**28,27338**	**147,29513**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.10 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos

5.3.10.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el factor de emisiones para esta actividad, en el Apéndice 1 se adjunta planilla con el detalle del inventario de emisiones.

Tabla 32. Factor de emisión por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Tecnología	Factores de Emisión (g/Km)				
		MP30; MP10 y MP2,5	NOx	SO2	NH3	CO
Buses interurbanos estándar ≤ 18 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000354	0,00257	0,0000074	0,0000029	0,00015
Diésel >2,0 [l] "Large-SUV-Executive"	PC Euro 5 – EC 715/2007	0,0000021	0,00061	0,0000022	0,0000019	0,00004
Vehículos pesados Diésel ≤ 7,5 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000106	0,000933	0,000003	0,000011	0,000047
Vehículos pesados Diésel 7,5 – 16 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000161	0,00151	0,0000047	0,000011	0,000071
Vehículos pesados Diésel 16 - 32 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000239	0,00218	0,0000063	0,000011	0,000105
Vehículos pesado s Diésel > 32 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000268	0,00263	0,0000075	0,000011	0,000121

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

5.3.10.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado a los viajes efectuados por rutas pavimentadas y no pavimentadas se detalla en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

5.3.10.3 Tasa de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las emisiones generadas por esta actividad; el desarrollo detallado de los cálculos y sus resultados se expone en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 33. Resumen emisiones asociadas a la combustión vehicular por caminos pavimentados y no pavimentados durante la fase de construcción

Tipo de camino	Contaminante Año 1						Contaminante Año 2					
	SOx	NOx	CO	MP 2,5	MP 10	PM 30	SOx	NOx	CO	MP 2,5	MP 10	PM 30
No pavimentado	0,00047	0,16877	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171	0,00047	0,16842	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171
Pavimentado	0,02296	7,89100	0,39354	0,08110	0,08110	0,08110	0,02262	7,77028	0,38787	0,07983	0,07983	0,07983
Total	**0,02342**	**8,05977**	**0,40132**	**0,08280**	**0,08280**	**0,08280**	**0,02308**	**7,93870**	**0,39565**	**0,08153**	**0,08153**	**0,08153**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.11 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta

La metodología utilizada para la estimación de emisiones es la sugerida por la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020) en su capítulo 6 y está basada en el "Median Life, Annual Activity, and Load Factor values for Nonroad Engine Emissions Modeling" (EPA,2002) y el capítulo 1.A.4 Non Road Mobile Machinery (EMEP/EEA, 2019b).

Cabe destacar que para efectos de este informe se considera que las maquinarias utilizadas son del Estándar EPA "Tier 2", por lo que los factores de emisión y otros parámetros se encuentran en el Estándar Europeo "Stage II", según la Tabla 6.5 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020). La ecuación para determinar las emisiones es la siguiente:

$$E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

Donde:

$E_{i,j}$: Emisiones del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/año).

h_i: Hora de utilización de la maquinaría i, en (h/año).

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

FD_i: Factor de deterioro de la maquinaria i, adimensional.

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

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

$FE_{Basei,j}$: Factor de emisión del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/kWh).

A su vez el factor de deterioro (FD_i), está dado por la siguiente formula.

$$FD = \frac{K}{VU} \cdot FD_{VU}$$

Donde:

K: Edad de la maquinaria (entre 0 y la vida útil), en años.

VU: Vida útil de la maquinaria, en años

FD_{VU}: factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria.

Edad de la maquinaria (K):

Se consideró una edad media de la maquinaria de 5 años.

Vida útil de la maquinaria (VU):

Se consideró una vida útil de todas las maquinarias de 10 años, de acuerdo con la tabla 6.2 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria (FD_{VU}:)

De manera conservadora se consideró que todas las maquinarías tenían un factor de deterioro de tecnología STAGE IIIA y V, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 34. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría

Tecnología	MP	NOX	CO	COV
STAGE IIIA, IIIB, IV Y V	0,473	0,008	0,151	0,027

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de carga de la maquinaria (FC):

Con respecto al FC_i (Factor de carga de la maquinaria), se utilizará 0,8 considerando un escenario conservador, según lo indicado en el "Caterpillar Performance Handbook".

Factor de ajuste transiente (TAF):

Para el Factor de ajuste transiente (TAFi), se utilizaron los valores presentados en la tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020), este factor se escogió de manera conservadora según el Factor de Carga de la maquinaría FC el cual corresponde a 0,8 y la tecnología STAGE IIIA, los valores utilizados para todas las maquinarias del proyecto se encuentran remarcados en la siguiente tabla.

Tabla 35. Factores por tipo de tecnología

Tecnología	FC	MP	NOX	CC	CO
STAGE IIIA	FC>0,45	1,47	1,04	1,01	1,53
STAGE V		1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de emisión del contaminante (FE_{Base}):

Para el caso de obtener los factores emisivos $FE_{Basei,j}$, según potencia de cada maquinaría, usando de manera conservadora la tecnología STAGE IIIA para cada contaminante, se utilizó la siguiente tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020).

Tabla 36. Factores por potencia y tecnología

Potencia [kW]	Tecnología	g/kWh					
		MP10	MP2,5	NOX	CC	SOX	CO
19 ≤ P 37	Stage IIIA	0,4	0,4	6,08	2,2	0,0079	0,6
56 ≤ P < 75	56 ≤ P < 75	0,2	0,2	3,810	260	0,0078	2,2
75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,2	0,2	3,24	255	0,0077	1,5
130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,1	0,1	3,24	250	0,0075	1,5

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

De la fórmula de emisión de la maquinaría fuera de ruta ($E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$) a continuación, en la siguiente tabla, se presenta el resultado del factor emisivo FE que se obtiene sin considerar la potencia P_i, el Nivel de Actividad h_i ni el factor de carga FC_i de la formula Ei,j, es decir la siguiente fórmula:

$$FE = (1 + FD_i) \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

5.3.11.1 Factor de Emisión

Los factores emisivos por tipo de maquinaria calculados según la metodología antes explicada se exponen a continuación:

Tabla 37. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de construcción

Maquinaria	Potencia [kW]	Tecnología	Factor de Emisión [g/kWh]					
			SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Excavadora hidráulica	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión mixer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Excavadora hidráulica	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Grúa montaje (750 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Grúa montaje (400 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Grúa montaje (150 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100

Maquinaria	Potencia [kW]	Tecnología	Factor de Emisión [g/kWh]					
			SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Bobcat	37 ≤ P < 56	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Hincadora	19 ≤ P < 37	Stage IIIA	0,0079	6,080	2,200	0,400	0,400	0,400
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Manipulador (manitou)	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Excavadora hidráulica	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Grúa horquilla	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Manipulador (manitou)	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Camión mixer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión grúa telescópica	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Camión mixer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Rodillo compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Camión grúa telescópica	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Camión mixer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Grúa 70 ton	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Winche-Freno hidráulico	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,240	1,500	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,810	2,200	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,240	1,500	0,100	0,100	0,100

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

5.3.11.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas anuales de utilización de cada maquinaria usada en el proyecto, por lo tanto corresponde a la multiplicación del número de maquinarias por las horas de uso de cada una. En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad correspondiente a las horas anuales por cada tipo de maquinaria.

Tabla 38. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de construcción

Tipo de Maquinaria	Cantidad	Nivel de actividad (h/año) Año 1	Nivel de actividad (h/año) Año 2
Motoniveladora	1	300	300
Retroexcavadora	2	300	300
Bulldozer	1	300	300
Rodillo compactador	1	300	300
Cargador frontal	2	240	240
Camión grúa	2	240	240
Motoniveladora	2	150	150
Cargador frontal	2	150	150
Retroexcavadora	2	150	150
Bulldozer	2	150	150
Retroexcavadora	2	200	200
Bulldozer	2	200	200
Rodillo compactador	1	150	150
Motoniveladora	1	150	150
Motoniveladora	3	780	780
Bulldozer	4	740	740
Retroexcavadora	3	680	680
Rodillo compactador	2	604	604
Retroexcavadora	2	335	335
Excavadora hidráulica	2	335	335
Bulldozer	1	450	450
Motoniveladora	1	450	450
Camión mixer	2	150	150
Retroexcavadora	3	200	200
Excavadora hidráulica	3	200	200
Camión grúa	2	100	100
Grúa montaje (750 ton)	2	750	750
Grúa montaje (400 ton)	2	750	750
Grúa montaje (150 ton)	2	750	750
Motoniveladora	1	200	200

Tipo de Maquinaria	Cantidad	Nivel de actividad (h/año) Año 1	Nivel de actividad (h/año) Año 2
Retroexcavadora	1	150	150
Rodillo compactador	1	200	200
Bobcat	2	50	50
Retroexcavadora	2	50	50
camión grúa	2	50	50
Hincadora	4	160	160
Camión grúa	2	180	180
Manipulador (manitou)	2	135	135
Retroexcavadora	3	150	150
Excavadora hidráulica	3	100	100
Camión grúa	2	75	75
Grúa horquilla	2	110	110
Camión grúa	2	215	215
Manipulador (manitou)	2	160	160
Retroexcavadora	2	290	290
Camión mixer	1	160	160
Rodillo compactador	1	50	50
Camión grúa telescópica	1	130	130
Retroexcavadora	2	290	290
Camión mixer	1	160	160
Rodillo compactador	1	240	240
Camión grúa telescópica	1	250	250
Retroexcavadora	2	410	410
Camión mixer	2	165	165
Camión grúa	2	820	820
Grúa 70 ton	2	165	165
Winche-Freno hidráulico	2	320	320
Retroexcavadora	4	200	200
Bulldozer	4	200	200
Cargador frontal	4	200	200
Camión grúa	4	200	200

Fuente: Elaboración propia.

5.3.11.3 Tasa de Emisión

Las emisiones para esta actividad se presentan en la siguiente tabla y fueron calculados según la formula general de estimación de emisiones, es decir multiplicando el factor emisivo por el nivel de actividad.

Tabla 39. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de construcción

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año) Año 1						Emisiones (ton/año) Año 2					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Motoniveladora	0,00035	0,07713	0,05628	0,00829	0,00829	0,00829	0,00035	0,07713	0,05628	0,00829	0,00829	0,00829
Retroexcavadora	0,00027	0,06779	0,06169	0,00620	0,00620	0,00620	0,00027	0,06779	0,06169	0,00620	0,00620	0,00620
Bulldozer	0,00058	0,13072	0,09537	0,00702	0,00702	0,00702	0,00058	0,13072	0,09537	0,00702	0,00702	0,00702
Rodillo compactador	0,00037	0,08110	0,05805	0,00825	0,00825	0,00825	0,00037	0,08110	0,05805	0,00825	0,00825	0,00825
Cargador frontal	0,00056	0,12601	0,09194	0,00677	0,00677	0,00677	0,00056	0,12601	0,09194	0,00677	0,00677	0,00677
Camión grúa	0,00045	0,10057	0,07198	0,00511	0,00511	0,00511	0,00045	0,10057	0,07198	0,00511	0,00511	0,00511
Motoniveladora	0,00018	0,03857	0,02814	0,00414	0,00414	0,00414	0,00018	0,03857	0,02814	0,00414	0,00414	0,00414
Cargador frontal	0,00035	0,07876	0,05746	0,00423	0,00423	0,00423	0,00035	0,07876	0,05746	0,00423	0,00423	0,00423
Retroexcavadora	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310
Bulldozer	0,00029	0,06536	0,04769	0,00351	0,00351	0,00351	0,00029	0,06536	0,04769	0,00351	0,00351	0,00351
Retroexcavadora	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413
Bulldozer	0,00039	0,08715	0,06358	0,00468	0,00468	0,00468	0,00039	0,08715	0,06358	0,00468	0,00468	0,00468
Rodillo compactador	0,00019	0,04055	0,02903	0,00412	0,00412	0,00412	0,00019	0,04055	0,02903	0,00412	0,00412	0,00412
Motoniveladora	0,00018	0,03857	0,02814	0,00414	0,00414	0,00414	0,00018	0,03857	0,02814	0,00414	0,00414	0,00414
Motoniveladora	0,00091	0,20055	0,14632	0,02155	0,02155	0,02155	0,00091	0,20055	0,14632	0,02155	0,02155	0,02155
Bulldozer	0,00143	0,32245	0,23526	0,01732	0,01732	0,01732	0,00143	0,32245	0,23526	0,01732	0,01732	0,01732
Retroexcavadora	0,00060	0,15366	0,13982	0,01404	0,01404	0,01404	0,00060	0,15366	0,13982	0,01404	0,01404	0,01404
Rodillo compactador	0,00074	0,16328	0,11688	0,01661	0,01661	0,01661	0,00074	0,16328	0,11688	0,01661	0,01661	0,01661
Retroexcavadora	0,00030	0,07570	0,06888	0,00692	0,00692	0,00692	0,00030	0,07570	0,06888	0,00692	0,00692	0,00692

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año) Año 1						Emisiones (ton/año) Año 2					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Excavadora hidráulica	0,00045	0,09883	0,07210	0,01062	0,01062	0,01062	0,00045	0,09883	0,07210	0,01062	0,01062	0,01062
Bulldozer	0,00087	0,19608	0,14306	0,01054	0,01054	0,01054	0,00087	0,19608	0,14306	0,01054	0,01054	0,01054
Motoniveladora	0,00053	0,11570	0,08442	0,01243	0,01243	0,01243	0,00053	0,11570	0,08442	0,01243	0,01243	0,01243
Camión mixer	0,00045	0,10149	0,07405	0,00545	0,00545	0,00545	0,00045	0,10149	0,07405	0,00545	0,00545	0,00545
Retroexcavadora	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413
Excavadora hidráulica	0,00027	0,05900	0,04305	0,00634	0,00634	0,00634	0,00027	0,05900	0,04305	0,00634	0,00634	0,00634
Camión grúa	0,00019	0,04195	0,03061	0,00225	0,00225	0,00225	0,00019	0,04195	0,03061	0,00225	0,00225	0,00225
Grúa montaje (750 ton)	0,00455	1,02507	0,74789	0,05508	0,05508	0,05508	0,00455	1,02507	0,74789	0,05508	0,05508	0,05508
Grúa montaje (400 ton)	0,00378	0,85254	0,62201	0,04581	0,04581	0,04581	0,00378	0,85254	0,62201	0,04581	0,04581	0,04581
Grúa montaje (150 ton)	0,00234	0,52776	0,38505	0,02836	0,02836	0,02836	0,00234	0,52776	0,38505	0,02836	0,02836	0,02836
Motoniveladora	0,00023	0,05142	0,03752	0,00553	0,00553	0,00553	0,00023	0,05142	0,03752	0,00553	0,00553	0,00553
Retroexcavadora	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310
Rodillo compactador	0,00025	0,05407	0,03870	0,00550	0,00550	0,00550	0,00025	0,05407	0,03870	0,00550	0,00550	0,00550
Bobcat	0,00003	0,00684	0,00623	0,00063	0,00063	0,00063	0,00003	0,00684	0,00623	0,00063	0,00063	0,00063
Retroexcavadora	0,00004	0,01130	0,01028	0,00103	0,00103	0,00103	0,00004	0,01130	0,01028	0,00103	0,00103	0,00103
camión grúa	0,00009	0,02098	0,01530	0,00113	0,00113	0,00113	0,00009	0,02098	0,01530	0,00113	0,00113	0,00113
Hincadora	0,00007	0,02844	0,01622	0,00326	0,00326	0,00326	0,00007	0,02844	0,01622	0,00326	0,00326	0,00326
Camión grúa	0,00034	0,07551	0,05509	0,00406	0,00406	0,00406	0,00034	0,07551	0,05509	0,00406	0,00406	0,00406
Manipulador (manitou)	0,00019	0,04092	0,02986	0,00440	0,00440	0,00440	0,00019	0,04092	0,02986	0,00440	0,00440	0,00440
Retroexcavadora	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310	0,00013	0,03390	0,03084	0,00310	0,00310	0,00310
Excavadora hidráulica	0,00013	0,02950	0,02152	0,00317	0,00317	0,00317	0,00013	0,02950	0,02152	0,00317	0,00317	0,00317
Camión grúa	0,00014	0,03146	0,02296	0,00169	0,00169	0,00169	0,00014	0,03146	0,02296	0,00169	0,00169	0,00169
Grúa horquilla	0,00010	0,02233	0,01629	0,00240	0,00240	0,00240	0,00010	0,02233	0,01629	0,00240	0,00240	0,00240
Camión grúa	0,00040	0,09019	0,06580	0,00485	0,00485	0,00485	0,00040	0,09019	0,06580	0,00485	0,00485	0,00485

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año) Año 1						Emisiones (ton/año) Año 2					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Manipulador (manitou)	0,00022	0,04850	0,03539	0,00521	0,00521	0,00521	0,00022	0,04850	0,03539	0,00521	0,00521	0,00521
Retroexcavadora	0,00026	0,06553	0,05963	0,00599	0,00599	0,00599	0,00026	0,06553	0,05963	0,00599	0,00599	0,00599
Camión mixer	0,00050	0,11259	0,08214	0,00605	0,00605	0,00605	0,00050	0,11259	0,08214	0,00605	0,00605	0,00605
Rodillo compactador	0,00006	0,01352	0,00968	0,00138	0,00138	0,00138	0,00006	0,01352	0,00968	0,00138	0,00138	0,00138
Camión grúa telescópica	0,00041	0,09148	0,06674	0,00492	0,00492	0,00492	0,00041	0,09148	0,06674	0,00492	0,00492	0,00492
Retroexcavadora	0,00026	0,06553	0,05963	0,00599	0,00599	0,00599	0,00026	0,06553	0,05963	0,00599	0,00599	0,00599
Camión mixer	0,00050	0,11259	0,08214	0,00605	0,00605	0,00605	0,00050	0,11259	0,08214	0,00605	0,00605	0,00605
Rodillo compactador	0,00030	0,06488	0,04644	0,00660	0,00660	0,00660	0,00030	0,06488	0,04644	0,00660	0,00660	0,00660
Camión grúa telescópica	0,00078	0,17592	0,12835	0,00945	0,00945	0,00945	0,00078	0,17592	0,12835	0,00945	0,00945	0,00945
Retroexcavadora	0,00036	0,09265	0,08431	0,00847	0,00847	0,00847	0,00036	0,09265	0,08431	0,00847	0,00847	0,00847
Camión mixer	0,00052	0,11611	0,08471	0,00624	0,00624	0,00624	0,00052	0,11611	0,08471	0,00624	0,00624	0,00624
Camión grúa	0,00153	0,34399	0,25097	0,01848	0,01848	0,01848	0,00153	0,34399	0,25097	0,01848	0,01848	0,01848
Grúa 70 ton	0,00053	0,11879	0,08667	0,00638	0,00638	0,00638	0,00053	0,11879	0,08667	0,00638	0,00638	0,00638
Winche-Freno hidráulico	0,00051	0,11172	0,08151	0,01201	0,01201	0,01201	0,00051	0,11172	0,08151	0,01201	0,01201	0,01201
Retroexcavadora	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413	0,00018	0,04519	0,04113	0,00413	0,00413	0,00413
Bulldozer	0,00039	0,08715	0,06358	0,00468	0,00468	0,00468	0,00039	0,08715	0,06358	0,00468	0,00468	0,00468
Cargador frontal	0,00047	0,10501	0,07662	0,00564	0,00564	0,00564	0,00047	0,10501	0,07662	0,00564	0,00564	0,00564
Camión grúa	0,00037	0,08390	0,06121	0,00451	0,00451	0,00451	0,00037	0,08390	0,06121	0,00451	0,00451	0,00451
Total	**0,03242**	**7,37641**	**5,51012**	**0,49712**	**0,49712**	**0,49712**	**0,03242**	**7,37641**	**5,51012**	**0,49712**	**0,49712**	**0,49712**

Fuente: Elaboración propia.

.

Tabla 40. Resumen emisiones asociada a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de construcción

Total emisiones Maquinaria Fuera de Ruta	Emisiones (ton/año)					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Total año 1	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712
Total año 2	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712
Total emisiones	**0,06484**	**14,75282**	**11,02024**	**0,99424**	**0,99424**	**0,99424**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.12 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos

5.3.12.1 Factor de Emisión

El factor asociado a esta actividad corresponderá a la potencia que tendrá el grupo electrógeno. Para esta fase se consideran 19 equipos, de los cuales dos son de 150 kW, dos son de 250 kW y quince de 10 kW.

Tabla 41. Factores de emisión para grupos electrógenos

Combustible	Factor de Emisión [kg/kg comb]					
	MP30	MP10	MP2,5	CO	NOx	SOx
Diésel potencia menor a 600 HP o 447 kW	0,0060783	0,0060783	0,0060783	0,0186271	0,0864700	0,0056862

Fuente: Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana, 2020.

5.3.12.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible determinados en función de las horas de operación y el rendimiento de los grupos electrógenos.

Tabla 42. Nivel de actividad grupo electrógeno

Tipo de Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de operación (horas totales) Año 1	Tiempo de operación (horas totales) Año 2	Consumo combustible (Lt/hr)	Consumo combustible [Lt/año] Año 1	Consumo combustible [Lt/año] Año 2	NA [kg/año] Año 1	NA [kg/año] Año 2
GE en IF1	1	150	2.760	2.760	30	82.800	82.800	70.380	70.380
GE en IF2	1	250	2.760	2.760	30	82.800	82.800	70.380	70.380
GE En Planta de hormigón (IF2)	1	250	2.760	920	48,8	134.688	44.896	114.484,8	38.161,6
GE en IF3	1	150	2.760	2.760	30	82.800	82.800	70.380	70.380
Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	10	10	27.600	13.800	3,6	99.360	49.680	84.456	42.228
Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	5	10	13.800	6.900	3,6	49.680	24.840	42.228	21.114

Fuente: Elaboración propia.

5.3.12.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 43. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos

Tipo de Equipo	Emisiones Año 1 (ton/año)				Emisiones Año 2 (ton/año)			
	SOx	NOx	CO	MP2,5; MP 10 y MP 30	SOx	NOx	CO	MP2,5; MP 10 y MP 30
GE en IF1	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779
GE en IF2	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779
GE En Planta de hormigón (IF2)	0,65098	9,89950	2,13252	0,69587	0,21699	3,29983	0,71084	0,23196
GE en IF3	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779	0,40020	6,08576	1,31098	0,42779
Frentes móviles de trabajo Parque Eólico	0,48023	7,30291	1,57317	0,51335	0,24012	3,65146	0,78659	0,25667
Frentes de trabajo móviles Parque Fotovoltaico	0,24012	3,65146	0,78659	0,25667	0,12006	1,82573	0,39329	0,12834
Total	**2,57192**	**39,11114**	**8,42520**	**2,74927**	**1,77775**	**27,03429**	**5,82364**	**1,90034**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.13 Resumen de Emisiones para la Fase de Construcción

En la siguiente tabla se presenta el resumen de emisiones para la fase de construcción del Proyecto.

Tabla 44. Resumen de emisiones para la fase de construcción del Proyecto

Actividad	Emisiones totales Fase de Construcción (ton/año) Año 1						Emisiones totales Fase de Construcción (ton/año) Año 2					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	1,28154	1,81871	12,20510	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,23606	1,57375	1,57375	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01949	0,18398	0,62858	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01042	0,01479	0,09923	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,01262	0,08331	0,17615	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00307	0,02025	0,04282	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Erosión Eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,64811	6,48114	21,17171	0,00000	0,00000	0,00000	0,64630	6,46289	21,11210
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	3,41976	14,13505	73,63898	0,00000	0,00000	0,00000	3,42056	14,13834	73,65615
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00047	0,16877	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171	0,00047	0,16842	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171
Combustión tránsito camino pavimentado	0,02296	7,89100	0,39354	0,08110	0,08110	0,08110	0,02293	7,88193	0,39324	0,08104	0,08104	0,08104
Motor maquinaria	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712
GE	2,57192	39,11114	8,42520	2,74927	2,74927	2,74927	1,77775	27,03429	5,82364	1,90034	1,90034	1,90034
Total	**2,62776**	**54,54732**	**14,33664**	**8,96026**	**27,64017**	**112,86551**	**1,83357**	**42,46105**	**11,73478**	**6,63691**	**23,66784**	**98,41757**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Resumen emisiones totales para la fase de construcción del Proyecto

Emisiones	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Año 1	2,62776	54,54732	14,33664	8,96026	27,64017	112,86551
Año 2	1,83357	42,46105	11,73478	6,54707	23,08144	97,24847
Total	**4,46133**	**97,00837**	**26,07142**	**15,50733**	**50,72161**	**210,11398**

Fuente: Elaboración propia.

5.3.14 Emisiones Fase de Construcción – PPDA Región Metropolitana

Según el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) de la Región Metropolitana, en su artículo 64, establece que los proyectos que superen los umbrales de emisiones indicados en la "Tabla VI-14: Emisión máxima proyectos" deben compensar sus emisiones de Material Particulado (MP10 y MP2,5), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Dióxido de Azufre (SO2). Los valores máximos permitidos sin obligación de compensación son 2,5 t/año para MP10 , 2 t/año para MP2,5, 8 t/año para NOx y 10 t/año para SO_2.

De acuerdo con la estimación de emisiones del Proyecto presentados en las siguientes tablas, los valores calculados se encuentran sobre umbrales, por lo que se requiere compensación de emisiones conforme a la normativa vigente.

Tabla 46. Emisiones del Proyecto Fase de Construcción dentro área del PPDA Región Metropolitana

Actividad	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	0,09651	0,13696	0,91913
Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,13664	0,91093	0,91093
Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01129	0,10655	0,36405
Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00603	0,00856	0,05747
Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00712	0,04702	0,09941
Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00187	0,01238	0,02617
Erosión Eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,33942	3,39427	11,08794
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	2,54693	10,52734	54,84400
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00025	0,08884	0,00410	0,00090	0,00090	0,00090
Combustión tránsito camino pavimentado	0,01713	5,88966	0,29335	0,06049	0,06049	0,06049
Motor maquinaria	0,02592	5,89112	4,38719	0,39913	0,39913	0,39913
GE	2,57192	39,11114	8,42520	2,74927	2,74927	2,74927
TOTAL AÑO 1	**2,61521**	**50,98076**	**13,10984**	**6,35561**	**18,35381**	**71,51889**
Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Actividad	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Erosión Eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,02582	0,16854	0,33602
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,33787	3,37865	11,03691
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	2,54710	10,52800	54,84747
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00025	0,08843	0,00409	0,00090	0,00090	0,00090
Combustión tránsito camino pavimentado	0,01711	5,88302	0,29312	0,06045	0,06045	0,06045
Motor maquinaria	0,02592	5,89112	4,38719	0,39914	0,39914	0,39914
GE	1,77775	27,03429	5,82364	1,90034	1,90034	1,90034
TOTAL AÑO 2	**1,82103**	**38,89687**	**10,50805**	**5,27161**	**16,43601**	**68,58122**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Emisiones del Proyecto fase de construcción dentro área del PPDA Región Metropolitana

	MP2.5 equivalente	MP10 equivalente
Año 1	13,27201	25,27021
Año 2	10,46901	21,63341
Total Fase de construcción	23,74103	46,90362

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Cálculo de Emisiones para la Fase de Operación

5.4.1 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica

5.4.1.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la erosión eólica, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a las emisiones producidas por la erosión eólica del material apilado.

Tabla 48. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Erosión eólica	MP2,5	$fe = k(s/1,5)(f/15)$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	k= MP10: 0,953 k= MP2,5: 0,146 k = MP30: 1,900 s: % de finos = 3,46 f: Porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,4 [m/s] a la altura media de la pila = 1,45
	MP10		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	
	MP30		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las hectáreas de acopio por los días al año que se mantiene el material apilado.

Tabla 49. Nivel de actividad Erosión eólica

Área	Superficie (ha)	Días al año	NA (ha/año)
Botadero 1	1,88	365	686,2
Botadero 2	0,29	365	105,85
Botadero 3	0,96	365	350,4
Botadero 4	3,29	365	1200,85
Botadero 5	1,13	365	412,45

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad anual y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a la erosión eólica en la fase de operación.

Tabla 50. Emisiones asociadas a erosión eólica

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Botadero 1	0,02237	0,14602	0,29111
Botadero 2	0,00345	0,02252	0,04491
Botadero 3	0,01142	0,07456	0,14865
Botadero 4	0,03915	0,25553	0,50945
Botadero 5	0,01345	0,08777	0,17498
Total	**0,08984**	**0,58640**	**1,16910**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados

En este acápite se evalúan las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, en las que se destacan los tránsitos de inspecciones y mantenciones. En la siguiente tabla se muestran los siguientes escenarios y qué porcentaje tiene cada método.

5.4.2.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el factor asociado a esta actividad.

Tabla 51. Fórmula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Tránsito de vehículos en caminos **no** pavimentados	MP2,5	$0{,}15 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: % de finos = 3,46 W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP10	$1{,}5 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$		s: % de finos = 3,46 W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP30	$4{,}9 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$		s: % de finos = 3,46 W: Peso promedio de los vehículos (t)

Fuente: Elaboración propia.

Peso promedio del camino (W):

Para estimar el peso (w) de la flota de vehículos que transitará por caminos no pavimentados se utiliza la fórmula dispuesta en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020), el cual indica la siguiente fórmula.

$$W = \sum_{i}^{n} \left[\overline{P_i} \cdot \left(\frac{N_{v_i} \cdot d_i}{\sum_{j}^{n} N_{v_j} \cdot d_j} \right) \right]$$

Donde:

W: Peso promedio de la flota que transita por un determinado camino y año cronológico, en [t].

$\overline{P_i}$: Promedio entre el peso con y sin carga (en [t]), del vehículo que hace un determinado tipo de viaje i.

N_{v_i}: Número de viajes del tipo de viaje i, en el año cronológico en cuestión.

N_{v_j}: Número de viajes del tipo de viaje j, en el año cronológico en cuestión.

n: Cantidad de tipos de viajes en el año cronológico en cuestión.

Los cálculos de los pesos promedio correspondientes a la etapa de operación, junto con sus resultados, se presentan en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión calculados para la etapa de operación para los caminos no pavimentados a utilizar:

Tabla 52. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados

Ruta No pavimentada	% de finos (s)	Factor de emisión (FA)		
		MP2,5	MP10	MP30
10	3.46	0,02735	0,27350	0,89344
11		0,02735	0,27350	0,89344
26		0,03272	0,32716	1,06873
27		0,03272	0,32716	1,06873
33		0,03272	0,32716	1,06873
34		0,03272	0,32716	1,06873
36		0,03272	0,32716	1,06873
38		0,03272	0,32716	1,06873
39		0,03272	0,32716	1,06873
40		0,03272	0,32716	1,06873
41		0,03272	0,32716	1,06873

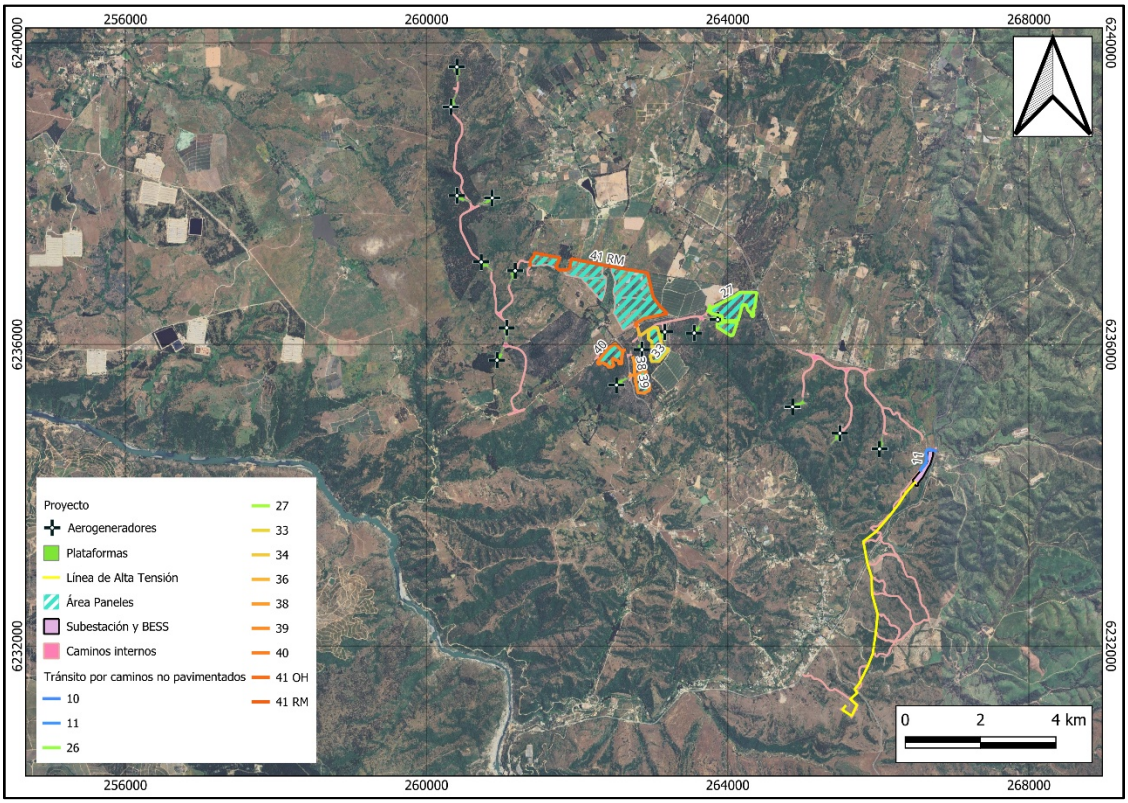
Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorrido por los vehículos del Proyecto en caminos no pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente figura.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino no pavimentado de la fase de operación, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Figura 5. Caminos no pavimentados de la fase de operación



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas no pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 53. Emisiones asociadas al tránsito por caminos no pavimentados durante la fase de operación

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Tránsito camino no pavimentado	**0,00970**	**0,09699**	**0,31683**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados

5.4.3.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el factor asociado a la actividad de tránsito por caminos pavimentos.

Tabla 54. Fórmula factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP2,5	$0,15 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP10	$0,62 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP30	$3,23 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos que transitan por las vías. Por defecto se puede usar un valor de 8 [t]

Fuente: Elaboración propia.

% de finos en el camino (s):

Tal como se indicó en la sección 5.3.9 de este documento, para estimar la carga de material fino de la superficie en camino (sL) de los caminos pavimentados en que transitará la flota se utiliza el valor por defecto para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana, el cual corresponde a 0,7 g/m^2.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión calculados para la etapa de operación para los tres caminos pavimentados a utilizar:

Tabla 55. Cálculo de factor de emisión caminos pavimentados

Ruta Pavimentada	Peso promedio W (t)	% de finos (s)	Factor de emisión (FA)		
			MP2,5	MP10	MP30
Rutas pavimentadas fase de operación	8	0,7	0,00100	0,00413	0,02151

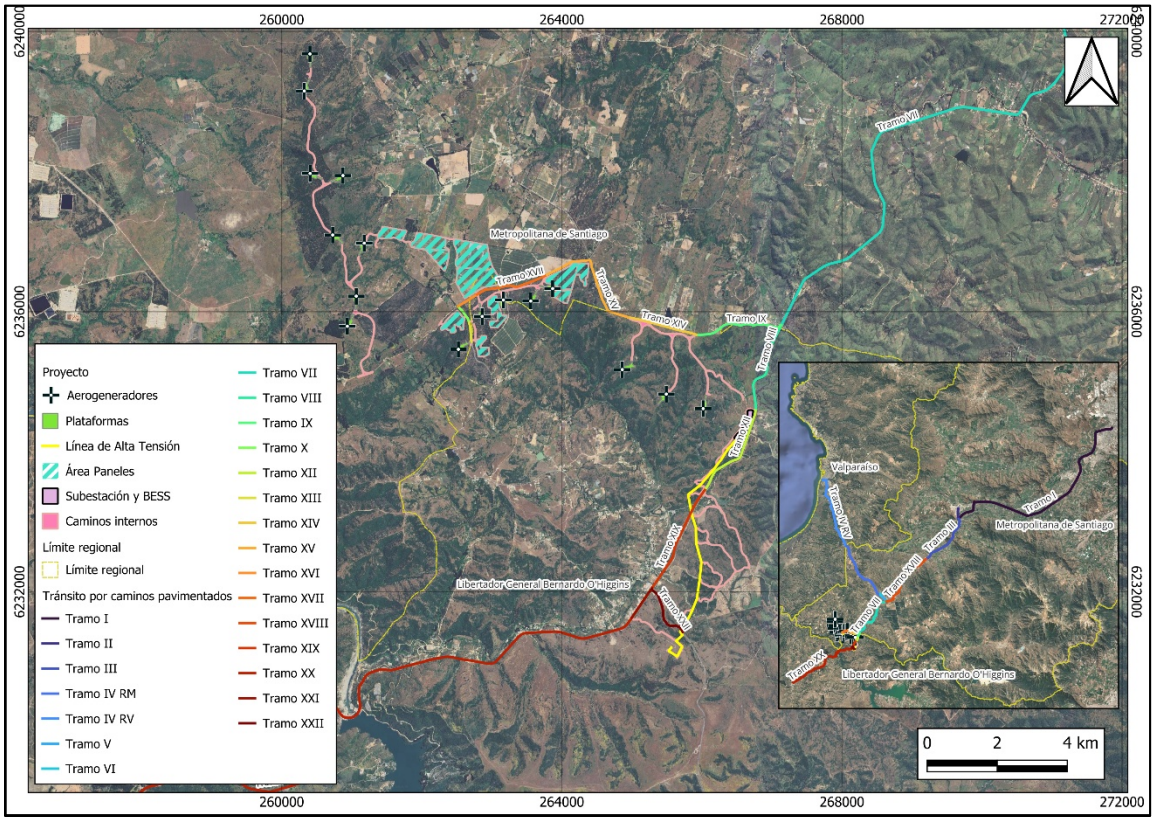
Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos del Proyecto en caminos pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente imagen.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino pavimentado de la fase de operación, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Figura 6. Caminos pavimentados de la fase de operación



Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 56. Emisiones para el tránsito vehicular por camino pavimentado para la fase de operación

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Tránsito camino pavimentado	**0,02156**	**0,08912**	**0,46427**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos

5.4.4.1 Factor de Emisión

Los factores asociados a esta actividad dependerán del tipo de vehículo y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 57. Factor de emisiones para la actividad de combustión de vehículos

Tipo de vehículo	Tecnología	Factores de Emisión (g/Km)				
		MP30; MP10 y MP2,5	NOx	SO2	NH3	CO
Diésel > 2,0 [l] "Large-SUV-Executive"	PC Euro 5 - EC 715/2007	0,0000021	0,00061	0,0000022	0,0000019	0,00004
Vehículos pesados Diésel 16 - 32 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000239	0,00218	0,0000063	0,000011	0,000105
Vehículos pesados Diésel > 32 [t]|	HD Euro V - 2008	0,0000268	0,00263	0,0000075	0,000011	0,000121

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado a los viajes efectuados por rutas pavimentadas y no pavimentadas se detalla en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

5.4.4.3 Tasa de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las emisiones generadas por esta actividad; el desarrollo detallado de los cálculos y sus resultados se expone en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 58. Emisiones asociadas a la combustión de vehículos en la fase de operación

Tipo de Transporte	Emisión (ton/año)					
	SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00004	0,00948	0,00136	0,00002	0,00002	0,00002
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00010	0,03682	0,00182	0,00039	0,00039	0,00039

Fuente: Elaboración propia.

5.4.5 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta

La metodología utilizada para la estimación de emisiones es la sugerida por la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020) en su capítulo 6 y está basada en el "Median Life, Annual Activity, and Load Factor values for Nonroad Engine Emissions Modeling" (EPA,2002) y el capítulo 1.A.4 Non Road Mobile Machinery (EMEP/EEA, 2019b).

Cabe destacar que para efectos de este informe se considera que las maquinarias utilizadas son del Estándar EPA "Tier 2", por lo que los factores de emisión y otros parámetros se encuentran en el Estándar Europeo "Stage II", según la Tabla 6.5 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020). La ecuación para determinar las emisiones es la siguiente:

$$E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

Donde:

$E_{i,j}$: Emisiones del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/año).

h_i: Hora de utilización de la maquinaría i, en (h/año).

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

FD_i: Factor de deterioro de la maquinaria i, adimensional.

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

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

$FE_{Basei,j}$: Factor de emisión del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/kWh).

A su vez el factor de deterioro (FD_i), está dado por la siguiente formula.

$$FD = \frac{K}{VU} \cdot FD_{VU}$$

Donde:

K: Edad de la maquinaria (entre 0 y la vida útil), en años.

VU: Vida útil de la maquinaria, en años

FD_{VU}: factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria.

Edad de la maquinaria (K):

Se consideró una edad media de la maquinaria de 5 años.

Vida útil de la maquinaria (VU):

Se consideró una vida útil de todas las maquinarias de 10 años, de acuerdo con la tabla 6.2 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria (FD_{VU}:)

De manera conservadora se consideró que todas las maquinarías tenían un factor de deterioro de tecnología STAGE IIIA y V, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 59. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría

Tecnología	MP	NOX	CO	COV
STAGE IIIA, IIIB, IV Y V	0,473	0,008	0,151	0,027

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de carga de la maquinaria (FC):

Con respecto al FC_i (Factor de carga de la maquinaria), se utilizará 0,8 considerando un escenario conservador, según lo indicado en el "Caterpillar Performance Handbook".

Factor de ajuste transiente (TAF):

Para el Factor de ajuste transiente (TAFi), se utilizaron los valores presentados en la tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020), este factor se escogió de manera conservadora según el Factor de Carga de la maquinaría FC el cual corresponde a 0,8 y la tecnología STAGE IIIA, los valores utilizados para todas las maquinarias del proyecto se encuentran remarcados en la siguiente tabla.

Tabla 60. Factores por tipo de tecnología

Tecnología	FC	MP	NOX	CC	CO
STAGE IIIA	FC>0,45	1,47	1,04	1,01	1,53

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de emisión del contaminante (FE_{Base}):

Para el caso de obtener los factores emisivos $FE_{Basei,j}$, según potencia de cada maquinaría, usando de manera conservadora la tecnología STAGE IIIA para cada contaminante, se utilizó la siguiente tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020).

Tabla 61. Factores por potencia y tecnología

Potencia [kW]	Tecnología	g/kWh					
		MP10	MP2,5	NOX	CC	SOX	CO
8 ≤ P < 19	Stage V	0,4	0,4	6,080	270	0,0081	3,960
56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,2	0,2	3,810	260	0,0078	2,2
130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,1	0,1	3,24	250	0,0075	1,5

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

De la fórmula de emisión de la maquinaría fuera de ruta ($E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$) a continuación, en la siguiente tabla, se presenta el resultado del factor emisivo FE que se obtiene sin considerar la potencia P_i, el Nivel de Actividad h_i ni el factor de carga FC_i de la formula Ei,j, es decir la siguiente fórmula:

$$FE = (1 + FD_i) \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

5.4.5.1 Factor de Emisión

Los factores emisivos por tipo de maquinaria calculados según la metodología antes explicada se exponen a continuación:

Tabla 62. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de operación

Maquinaria	Potencia [Kw]	Tecnología	Factor de Emisión [g/kWh]					
			SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Tractor corta césped	9	Stage V	0,4	0,4	6,080	270	0,0081	3,960
Cargador frontal	194	Stage IIIA	0,1	0,1	3,24	250	0,0075	1,5
Tractor 5090EN	69	Stage IIIA	0,2	0,2	3,810	260	0,0078	2,2

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

5.4.5.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas anuales de utilización de cada maquinaria usada en el proyecto, por lo tanto, corresponde a la multiplicación del número de maquinarias por las horas de uso de cada una. En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad correspondiente a las horas anuales por cada tipo de maquinaria.

Tabla 63. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de operación

Tipo de Maquinaria	Cantidad	Nivel de Actividad (h/año)
Tractor corta césped	2	100
Cargador frontal	1	20
Tractor 5090EN	3	300

Fuente: Elaboración propia.

5.4.5.3 Tasa de Emisión

Las emisiones para esta actividad se presentan en la siguiente tabla y fueron calculados según la formula general de estimación de emisiones, es decir multiplicando el factor emisivo por el nivel de actividad.

Tabla 64. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de operación

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año)					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Tractor corta césped	0,00001	0,00442	0,00454	0,00051	0,00051	0,00051
Cargador frontal	0,00005	0,01049	0,00751	0,00053	0,00053	0,00053
Tractor 5090EN	0,00026	0,06588	0,05995	0,00602	0,00602	0,00602
Total	**0,00032**	**0,08079**	**0,07199**	**0,00706**	**0,00706**	**0,00706**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.6 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos

5.4.6.1 Factor de Emisión

El factor asociado a esta actividad corresponderá a la potencia que tendrá el grupo electrógeno. Para esta fase se considera un equipo de 250 KVA.

Tabla 65. Factores de emisión para grupos electrógenos

Combustible	Factor de Emisión [kg/kg comb]					
	MP30	MP10	MP2,5	CO	NOx	SOx
Diésel potencia menor a 600 HP o 447 kW	0,0060783	0,0060783	0,0060783	0,0186271	0,0864700	0,0056862

Fuente: Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana, 2020.

5.4.6.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible determinados en función de las horas de operación y el rendimiento de los grupos electrógenos.

Tabla 66. Nivel de actividad grupo electrógeno

Tipo de Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de operación (horas totales/año)	Consumo combustible (Lt/hr)	Consumo combustible [Lt/año]	NA [kg/año]
Generador	1	250	400	52,4	20.960	17.816

Fuente: Elaboración propia.

5.4.6.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 67. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos

Tipo de Equipo	Emisiones (ton/fase) Año 1					
	SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Generador	**0,10131**	**1,54055**	**0,33186**	**0,10829**	**0,10829**	**0,10829**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.7 Resumen de Emisiones para la Fase de Operación

En la siguiente tabla se presenta el resumen de emisiones para la fase de operación del Proyecto.

Tabla 68. Resumen de emisiones para la fase de operación del Proyecto

Actividad	Emisiones Totales Fase de Operación (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Erosión Eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,00969	0,09693	0,31664
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,02156	0,08912	0,46427
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00004	0,00949	0,00136	0,00002	0,00002	0,00002
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00010	0,03682	0,00182	0,00039	0,00039	0,00039

Actividad	Emisiones Totales Fase de Operación (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Motor Maquinaria	0,00032	0,08079	0,07199	0,00706	0,00706	0,00706
GE	0,10131	1,54055	0,33186	0,10829	0,10829	0,10829
Total	**0,10177**	**1,66766**	**0,40704**	**0,23685**	**0,88821**	**2,06577**

Fuente: Elaboración propia.

5.4.8 Emisiones Fase de Operación – PPDA Región Metropolitana

Según el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) de la Región Metropolitana, en su artículo 64, establece que los proyectos que superen los umbrales de emisiones indicados en la "Tabla VI-14: Emisión máxima proyectos" deben compensar sus emisiones de Material Particulado (MP10 y MP2,5), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Dióxido de Azufre (SO2). Los valores máximos permitidos sin obligación de compensación son 2,5 t/año para MP10 , 2 t/año para MP2,5, 8 t/año para NOx y 10 t/año para SO_2.

De acuerdo con la estimación de emisiones del Proyecto presentados en la siguiente tabla, los valores calculados se encuentran por debajo de estos umbrales, por lo que no se requiere compensación de emisiones conforme a la normativa vigente.

Tabla 69. Emisiones del Proyecto fase de operación dentro del área del PPDA Región Metropolitana

Actividad	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Erosión Eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,03724	0,24310	0,48467
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,00313	0,03127	0,10215
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,01830	0,07564	0,39405
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00007	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00009	0,03082	0,00151	0,00033	0,00033	0,00033
Motor maquinaria	0,00032	0,08079	0,07199	0,00706	0,00706	0,00706
GE	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
TOTAL AÑO 1	**0,00041**	**0,11168**	**0,07351**	**0,06606**	**0,35740**	**0,98825**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70. Material particulado equivalente de acuerdo a PPDA región Metropolitana

	MP2.5 equivalente	MP10 equivalente
Fase de Operación 1 año	0,07936	0,37070

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Cálculo de Emisiones para la Fase de Cierre

A continuación, se presentan las emisiones generadas por el cierre del proyecto.

5.5.1 Emisiones Asociadas a Nivelación

5.5.1.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la actividad de nivelación, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Es importante mencionar que la variable "S" en la formula corresponde a la velocidad media de operación de la niveladora, para lo cual se ha considerado una velocidad media de operación de 11,4 km/h según la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Este factor corresponde a la nivelación del terreno, actividad realizada en construcción para asegurar un cierto nivel sobre una superficie, ya sea horizontal o con cierta pendiente, mediante el uso de maquinaria:

Tabla 71. Factor de emisiones (FE) para la actividad de nivelación

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	FE	Unidad
Nivelación del terreno	MP2,5	$(0,031)\cdot(0,0034)\cdot[(S)^{2,5}]$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	0,04625	kg/km
	MP10	$(0,60)\cdot(0,0056)\cdot[(S)^{2,0}]$		0,43667	
	MP30	$(1)\cdot(0,0034)\cdot[(S)^{2,5}]$		1,49190	

S: velocidad media de operación de la niveladora (11,4 km/h).
Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por la maquinaria que realiza la nivelación. Este valor se determina a partir del área (ha) a nivelar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas el rendimiento de la niveladora para el cual se considera como referencia una hoja de 3,71 m de ancho, con lo que se obtiene un rendimiento de 2,7 km/ha para 1 pasada según la formula recomendada en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020), se consideran para este caso de manera muy conservadora dos pasadas, con lo cual se obtienen el siguiente nivel de actividad.

Tabla 72. Nivel de actividad por nivelación

Área	Superficie (m²)	Rendimiento maquinaria (km/ha)	NA (km/año)
Instalación de Faena 1	19.075	2,7	10,43
Instalación de Faena 2	26.986		14,75
Instalación de Faena 3	11.217		6,13
Caminos PE RM	135.151,2		73,89
Caminos PE OH	90.100,8		49,26
Caminos PF RM	32.581,8		17,81
Caminos PF OH	21.721,2		11,88
Caminos LAT	36.220		19,80

Área	Superficie (m²)	Rendimiento maquinaria (km/ha)	NA (km/año)
Superficie Total a Nivelar	**373.053**		**203,97**

*Nota: el Nivel de Actividad considera dos pasadas de la maquina por lo que está multiplicado por dos.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a nivelación durante la fase de construcción.

Tabla 73. Emisiones asociadas a nivelación (ton/fase)

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Instalación de Faena 1	0,00048	0,00455	0,01556
Instalación de Faena 2	0,00068	0,00644	0,02201
Instalación de Faena 3	0,00028	0,00268	0,00915
Caminos PE RM	0,00342	0,03227	0,11024
Caminos PE OH	0,00228	0,02151	0,07350
Caminos PF RM	0,00082	0,00778	0,02658
Caminos PF OH	0,00055	0,00519	0,01772
Caminos LAT	0,00092	0,00865	0,02954
Total	**0,00943**	**0,08907**	**0,30430**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Emisiones Asociadas a Compactación

5.5.2.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la actividad de compactación, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a la compactación del terreno, actividad realizada en construcción para aumentar la densidad del suelo, por medio del paso de maquinaria pesada sobre la superficie. Según el AP-42, para esta actividad se puede utilizar la misma fórmula que la excavación.

Tabla 74. Factor de emisiones para la compactación

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	Parámetro	Valor	FE	Unidad
Compactación del terreno	MP2,5	$\frac{0{,}105x2{,}6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$	Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,05760	kg/km
				M: Humedad	10,4		
	MP10	$\frac{0{,}75x0{,}45(s)^{1,5}}{(M)^{1,4}}$		s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,08174	
				M: Humedad	10,4		
	MP30			s: Porcentaje de finos en el suelo	3,46	0,54854	

Actividad	Contaminante	Formula o Parámetro FE	Fuente	Parámetro	Valor	FE	Unidad
		$\frac{1x2,6(s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$		M: Humedad	10,4		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas totales de funcionamiento efectivas de la maquinaría. Este valor se determina a partir del área (ha) a compactar en el proyecto, las cuales deben ser multiplicadas con el rendimiento de la máquina, para un compactador tipo 4 con ancho de tambor de 2,13 m, se obtiene un rendimiento de 4,7 km/ha, con una velocidad de operación de la maquinaria de 6 km/h promedio y 3 pasadas. La siguiente tabla indica las emisiones asociadas a esta actividad.

Tabla 75. Nivel de actividad compactación

Área	Superficie (m²/fase)	Rendimiento maquinaria (km/ha)[5]	NA (h/año)
Caminos PE RM	135151,2	3,57	31,73
Caminos PE OH	90100,8		21,15
Camions PF RM	32581,8		7,65
Caminos PF OH	21721,2		5,10
Caminos LAT	36220		8,50
Instalación de Fanea 1	19075		4,48
Instalación de Fanea 2	26986		6,33
Instalación de Fanea 3	11217		2,63
Superficie Total Por Compactar	**373.053**		**87,57**

Fuente: Elaboración propia

5.5.2.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a nivelación durante la fase de construcción.

Tabla 76. Emisiones asociadas a compactación (ton/fase)

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Caminos PE RM	0,00183	0,00260	0,01742
Caminos PE OH	0,00122	0,00173	0,01162
Camions PF RM	0,00044	0,00063	0,00420
Caminos PF OH	0,00029	0,00042	0,00280
Caminos LAT	0,00049	0,00070	0,00467

[4] Compactador modelo CAT, referencia disponible en https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230166.html

[5] Valor recomendado por Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la Región Metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020)

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Instalación de Faena 1	0,00026	0,00037	0,00246
Instalación de Faena 2	0,00037	0,00052	0,00348
Instalación de Faena 3	0,00015	0,00022	0,00145
Total	**0,00505**	**0,00717**	**0,04809**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3 Emisiones Asociadas a Erosión Eólica

5.5.3.1 Factor de Emisión

En la tabla a continuación, se presenta el factor utilizado para la erosión eólica, así como también la fuente desde donde fue obtenida esta fórmula y/o factor.

Este factor corresponde a las emisiones producidas por la erosión eólica del material apilado.

Tabla 77. Factor de emisiones (FE) para la actividad de erosión eólica

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Erosión eólica	MP2,5	$fe = k(s/1,5)(f/15)$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	k= MP10: 0,953 k= MP2,5: 0,146 k = MP30: 1,900 s: % de finos = 3,46 f: Porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,4 [m/s] a la altura media de la pila = 1,45
	MP10		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	
	MP30		Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020)	

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las hectáreas de acopio por los días al año que se mantiene el material apilado.

Tabla 78. Nivel de actividad erosión eólica

Área	Superficie (ha)	Días al año	NA (ha/año)
Botadero 1	1,88	365	686,2
Botadero 2	0,29	365	105,85
Botadero 3	0,96	365	350,4
Botadero 4	3,29	365	1200,85
Botadero 5	1,13	365	412,45

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3.3 Tasa de Emisión

En consideración al nivel de actividad anual y el factor recomendado, en la tabla a continuación se presentan las emisiones asociadas a la erosión eólica en la fase de operación,

Tabla 79. Emisiones asociadas a erosión eólica

Área	Emisiones (ton/año)		
	MP2,5	MP10	MP30
Botadero 1	0,02237	0,14602	0,29111
Botadero 2	0,00345	0,02252	0,04491
Botadero 3	0,01142	0,07456	0,14865
Botadero 4	0,03915	0,25553	0,50945
Botadero 5	0,01345	0,08777	0,17498
Total	**0,08984**	**0,58640**	**1,16910**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos no Pavimentados

5.5.4.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presentan las fórmulas para el cálculo del factor asociado a esta actividad.

Tabla 80. Formula factor de emisiones para la actividad de tránsito vehicular por caminos no pavimentados

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro	Valor
Tránsito de vehículos en caminos **no** pavimentados industriales	MP2,5	$0{,}15 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental Apéndice 1. Análisis de laboratorio del Capítulo 3.1.2.2 del EIA Caracterización físico química del suelo.	s: %de finos en el camino	3,46
				W: Peso promedio de los vehículos (t)	
	MP10	$1{,}5 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$		s: %de finos en el material	3,46
				W: Peso promedio de los vehículos (t)	
	MP30	$4{,}9 \cdot 281{,}9 \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{W}{2{,}72}\right)^{0,45}$		s: %de finos en el material	3,46
				W: Peso promedio de los vehículos (t)	

Fuente: Elaboración propia.

<u>Peso promedio del camino (W):</u>

Para estimar el peso (W) de la flota de vehículos que transitará por caminos no pavimentados se utiliza la fórmula dispuesta en la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020), el cual indica la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\overline{\sum_j^n P_{\iota} \cdot N_{v_i}}}{\sum_j^n N_{v_j}}$$

Donde:

W: Peso promedio de la flota que transita por un determinado camino y año cronológico, en [t].

$\overline{P_i}$: Promedio entre el peso con y sin carga (en [t]), del vehículo que hace un determinado tipo de viaje i.

N_{v_i}: Número de viajes del tipo de viaje i, en el año cronológico en cuestión.

N_{v_j}: Número de viajes del tipo de viaje j, en el año cronológico en cuestión.

n: Cantidad de tipos de viajes en el año cronológico en cuestión.

Los cálculos de los pesos promedio correspondientes a la etapa de cierre, junto con sus resultados, se presentan en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión calculados para la etapa de construcción para el camino no pavimentado a utilizar:

Tabla 81. Cálculo de factor de emisión caminos no pavimentados

Ruta No pavimentada	Peso promedio W (t)	%de finos en el material (s)	Factor de emisión (FA)		
			MP2,5	MP10	MP30
1	42,53	3,46	0,04758	0,47582	1,55435
2	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
3	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
4	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
5	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
6	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
7	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
8	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
9	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
10	6,72		0,02074	0,20745	0,67767
11	19,64		0,03361	0,33609	1,09789
12	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
13	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
14	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
15	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
16	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
17	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
18	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
19	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
20	18,50		0,03272	0,32716	1,06873

Ruta No pavimentada	Peso promedio W (t)	%de finos en el material (s)	Factor de emisión (FA)		
			MP2,5	MP10	MP30
21	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
22	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
23	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
24	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
25	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
26	30,51		0,04098	0,40979	1,33865
27	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
28	42,53		0,04758	0,47582	1,55435
29	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
30	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
31	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
32	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
33	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
34	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
35	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
36	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
37	6,19		0,01999	0,19990	0,65302
38	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
39	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
40	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
41	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
42	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
43	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
44	42,95		0,04779	0,47794	1,56128
45	42,83		0,04773	0,47735	1,55933
46	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
47	42,77		0,04770	0,47701	1,55824
48	18,50		0,03272	0,32716	1,06873
49	42,69		0,04766	0,47665	1,55705
50	42,44		0,04753	0,47535	1,55281
51	42,61		0,04763	0,47625	1,55576
52	42,53		0,04758	0,47582	1,55435

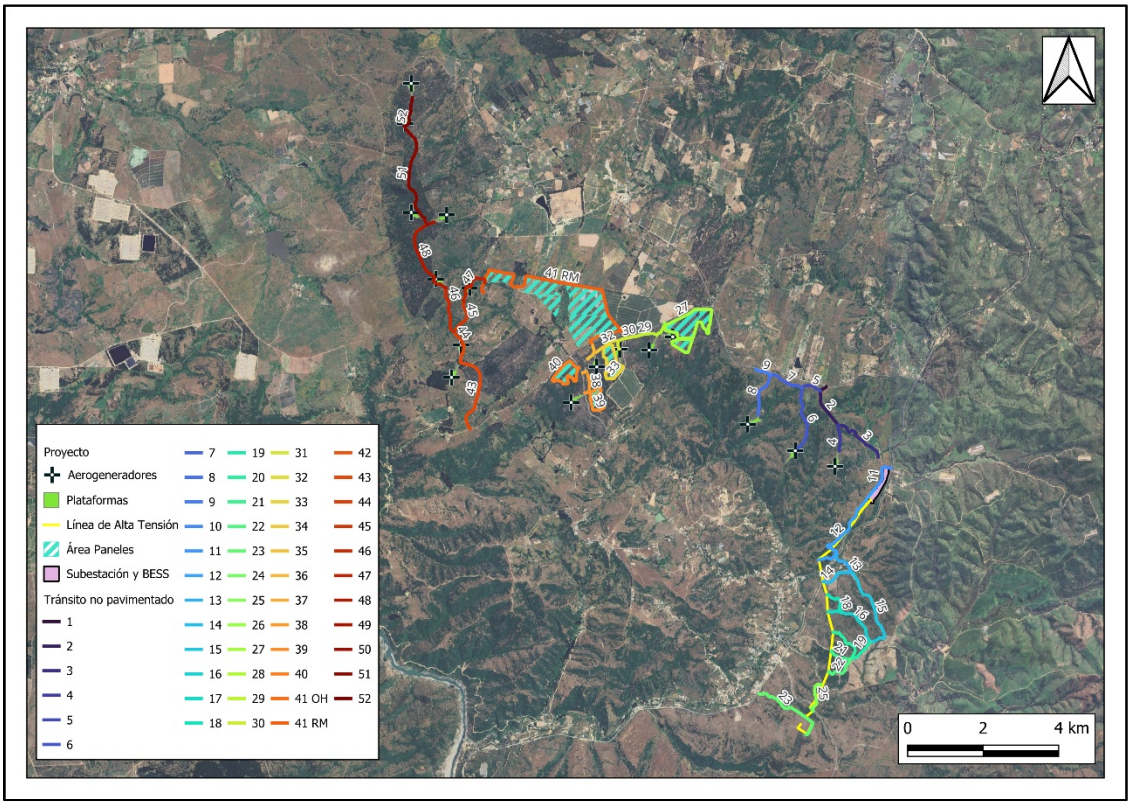
Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorrido por los vehículos del Proyecto en caminos no pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente figura.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino no pavimentado de la fase de cierre, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Figura 7. Caminos no pavimentados de la fase de cierre



Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas no pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 82. Emisiones asociadas al tránsito vehicular por camino no pavimentado durante la fase de cierre

Transporte	Abatimiento %	Emisiones (ton/año)		
		MP2.5 (ton/año)	MP10 (ton/año)	MP30 (ton/año)
Tránsito camino no pavimentado	75	0,03206	0,32078	1,04791

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5 Emisiones Asociadas al Tránsito de Vehículos por Caminos Pavimentados

5.5.5.1 Factor de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el factor asociado a la actividad de tránsito por caminos pavimentos.

Tabla 83. Fórmula factor de emisiones para la actividad de tránsito por caminos pavimentados

Actividad	Contaminante	Fórmula	Fuente	Parámetro
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP2,5	$0,15 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020) e Informe final servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el servicio de evaluación ambiental	sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP10	$0,62 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos (t)
	MP30	$3,23 \cdot (sL)^{0,91} (W*1,102311)^{1,02}$		sL: Carga de material fino de la superficie en camino (g/m2)
				W: Peso promedio de los vehículos que transitan por las vías. Por defecto se puede usar un valor de 8 [t]

Fuente: Elaboración propia.

% de finos en el camino (s):

Tal como se indicó en la sección 5.3.9 de este documento, para estimar la carga de material fino de la superficie en camino (sL) de los caminos pavimentados en que transitará la flota se utiliza el valor por defecto para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana, el cual corresponde a 0,7 g/m^2.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión calculados para la etapa de operación para los tres caminos pavimentados a utilizar.

Tabla 84. Cálculo de factor de emisión caminos pavimentados

Ruta Pavimentada	Peso promedio W (t)	% de finos (s)	Factor de emisión (FA)		
			MP2,5	MP10	MP30
Transporte caminos pavimentados	8	0,7	0,00100	0,00413	0,02151

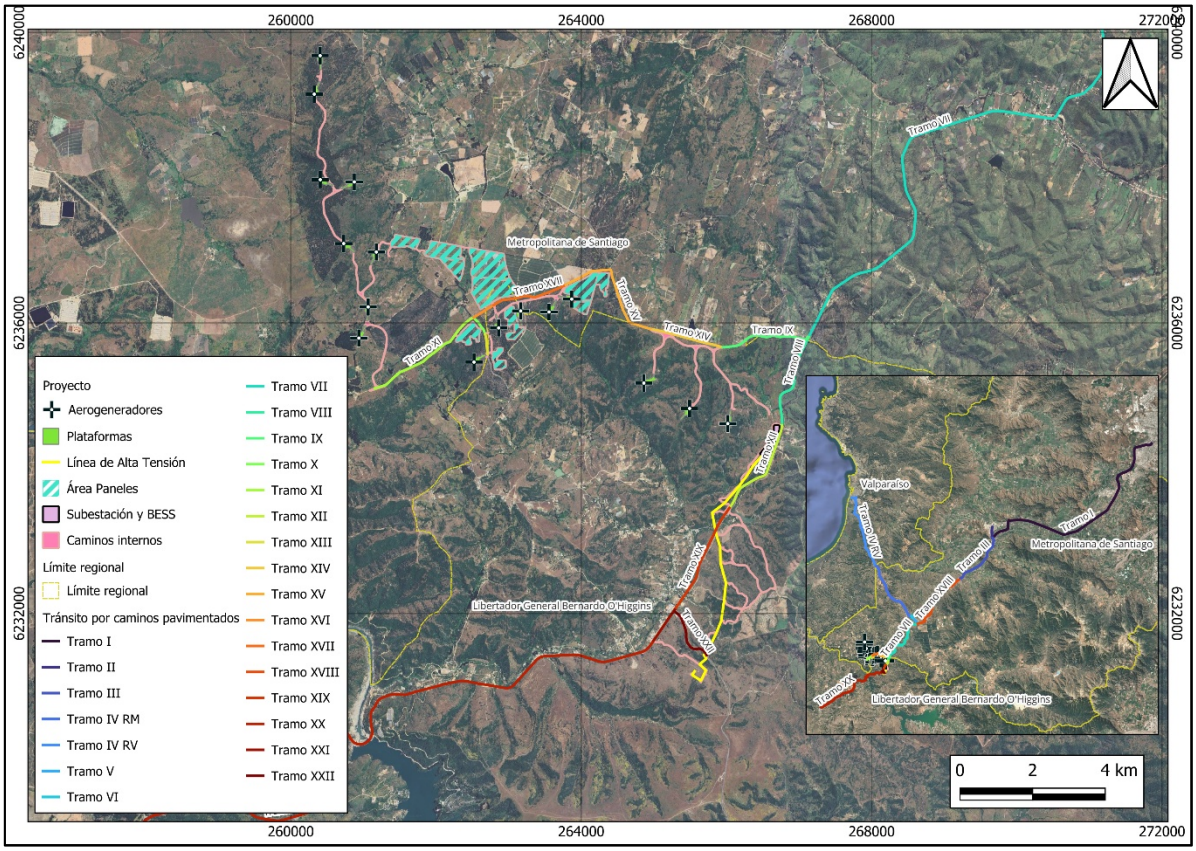
Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.2 Nivel de Actividad

En nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos del Proyecto en caminos pavimentados, estas corresponden al camino de acceso al proyecto y a los caminos internos, como se observa en la siguiente imagen.

Los viajes totales de ida y vuelta, la distancia promedio a recorrer y el nivel de actividad correspondiente a los flujos vehiculares por el camino pavimentado de la fase de cierre, se presentan con detalle en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Figura 8. Caminos pavimentados de la fase de cierre



Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.3 Tasa de Emisión

A continuación, se expone el resumen de las emisiones asociadas al tránsito por rutas pavimentadas, mientras que el desarrollo detallado de los cálculos y resultados se presenta en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 85. Emisiones para el tránsito vehicular por camino pavimentado para la fase de cierre

Transporte	Emisiones [ton/año]		
	MP2,5	MP10	MP30
Transporte caminos pavimentados	1,28926	5,32893	27,76195

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6 Emisiones Asociadas a la Combustión de Vehículos

5.5.6.1 Factor de Emisión

Los factores asociados a esta actividad dependerán del tipo de vehículo y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 86. Factor de emisiones para la actividad de combustión de vehículos

Tipo de vehículo	Tecnología	Factores de Emisión (g/Km)				
		MP30; MP10 y MP2,5	NOx	SO2	NH3	CO
Buses interurbanos estándar ≤ 18 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000354	0,00257	0,0000074	0,0000029	0,00015
Diésel >2,0 [l] "Large-SUV-Executive"	PC Euro 5 – EC 715/2007	0,0000021	0,00061	0,0000022	0,0000019	0,00004
Vehículos pesados Diésel ≤ 7,5 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000106	0,000933	0,000003	0,000011	0,000047
Vehículos pesados Diésel 7,5 – 16 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000161	0,00151	0,0000047	0,000011	0,000071
Vehículos pesados Diésel 16 - 32 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000239	0,00218	0,0000063	0,000011	0,000105
Vehículos pesado s Diésel > 32 [t]	HD Euro V - 2008	0,0000268	0,00263	0,0000075	0,000011	0,000121

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad asociado a los viajes efectuados por rutas pavimentadas y no pavimentadas se detalla en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

5.5.6.3 Tasa de Emisión

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las emisiones generadas por esta actividad; el desarrollo detallado de los cálculos y sus resultados se expone en el Anexo 1. Estimación de Emisiones del EIA.

Tabla 87. Emisiones asociadas a la combustión de vehículos en la fase de cierre

Tipo de Transporte	Emisión (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00766	0,00803	0,00045	0,00013	0,00013	0,00007
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00553	1,68983	0,12078	0,01735	0,01735	0,01735
Total	**0,01319**	**1,69786**	**0,12123**	**0,01748**	**0,01748**	**0,01741**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.7 Emisiones Asociadas a la Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta

La metodología utilizada para la estimación de emisiones es la sugerida por la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020) en su capítulo 6 y está basada en el "Median Life, Annual Activity, and Load Factor values for Nonroad Engine Emissions Modeling" (EPA,2002) y el capítulo 1.A.4 Non Road Mobile Machinery (EMEP/EEA, 2019b).

Cabe destacar que para efectos de este informe se considera que las maquinarias utilizadas son del Estándar EPA "Tier 2", por lo que los factores de emisión y otros parámetros se encuentran en el Estándar Europeo

"Stage II", según la Tabla 6.5 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020). La ecuación para determinar las emisiones es la siguiente:

$$E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

Donde:

$E_{i,j}$: Emisiones del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/año).

h_i: Hora de utilización de la maquinaría i, en (h/año).

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

FD_i: Factor de deterioro de la maquinaria i, adimensional.

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

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

$FE_{Basei,j}$: Factor de emisión del contaminante j, de la maquinaria i, en (g/kWh).

A su vez el factor de deterioro (FD_i), está dado por la siguiente formula.

$$FD = \frac{K}{VU} \cdot FD_{VU}$$

Donde:

K: Edad de la maquinaria (entre 0 y la vida útil), en años.

VU: Vida útil de la maquinaria, en años

FD_{VU}: factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria.

Edad de la maquinaria (K):

Se consideró una edad media de la maquinaria de 5 años.

Vida útil de la maquinaria (VU):

Se consideró una vida útil de todas las maquinarias de 10 años, de acuerdo a la tabla 6.2 de la Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de deterioro a la vida útil de la maquinaria (FD_{VU}:)

De manera conservadora se consideró que todas las maquinarías tenían un factor de deterioro de tecnología STAGE IIIA y V, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 88. Factores de deterioro relativo a la vida útil de maquinaría

Tecnología	MP	NOX	CO	COV
STAGE IIIA, IIIB, IV Y V	0,473	0,008	0,151	0,027

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de carga de la maquinaria (FC):

Con respecto al FC_i (Factor de carga de la maquinaria), se utilizará 0,8 considerando un escenario conservador, según lo indicado en el "Caterpillar Performance Handbook".

Factor de ajuste transiente (TAF):

Para el Factor de ajuste transiente (TAFi), se utilizaron los valores presentados en la tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020), este factor se escogió de manera conservadora según el Factor de Carga de la maquinaría FC el cual corresponde a 0,8 y la tecnología STAGE IIIA, los valores utilizados para todas las maquinarias del proyecto se encuentran remarcados en la siguiente tabla.

Tabla 89. Factores por tipo de tecnología

Tecnología	FC	MP	NOX	CC	CO
STAGE IIIA	FC>0,45	1,47	1,04	1,01	1,53

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

Factor de emisión del contaminante (FE_{Base}):

Para el caso de obtener los factores emisivos $FE_{Basei,j}$, según potencia de cada maquinaría, usando de manera conservadora la tecnología STAGE IIIA para cada contaminante, se utilizó la siguiente tabla extraída de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana (octubre 2020).

Tabla 90. Factores por potencia y tecnología

Potencia [kW]	Tecnología	g/kWh					
		MP10	MP2,5	NOX	CC	SOX	CO
56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,2	0,2	3,810	260	0,0078	2,2
75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,2	0,2	3,24	255	0,0077	1,5
130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,1	0,1	3,24	250	0,0075	1,5

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

De la fórmula de emisión de la maquinaría fuera de ruta ($E_{i,j} = h_i \cdot P_i \cdot (1 + FD_i) \cdot FC_i \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$) a continuación, en la siguiente tabla, se presenta el resultado del factor emisivo FE que se obtiene sin considerar la potencia P_i, el Nivel de Actividad h_i ni el factor de carga FC_i de la formula Ei,j, es decir la siguiente fórmula:

$$FE = (1 + FD_i) \cdot TAF_i \cdot FE_{Basei,j}$$

5.5.7.1 Factor de Emisión

Los factores emisivos por tipo de maquinaria calculados según la metodología antes explicada se exponen a continuación.

Tabla 91. Maquinaria a utilizar por el Proyecto para la fase de cierre

Maquinaria	Potencia [kW]	Tecnología	Factor de Emisión [g/kWh]					
			SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Bulldozer	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Rodillo Compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Grúa montaje (750 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Grúa montaje (400 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Grúa montaje (150 ton)	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Excavadora hidráulica	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Motoniveladora	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Rodillo Compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Manipulador (manitou)	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Grúa Horquilla	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Manipulador (manitou)	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Grúa Horquilla	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Grúa Horquilla	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Camión grúa telescópica	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Camión grúa	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100
Grúa horquilla	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Retroexcavadora	56 ≤ P < 75	Stage IIIA	0,0078	3,8100	2,20	0,200	0,200	0,200
Rodillo Compactador	75 ≤ P < 130	Stage IIIA	0,0077	3,2400	1,50	0,200	0,200	0,200
Cargador frontal	130 ≤ P < 560	Stage IIIA	0,0075	3,2400	1,50	0,100	0,100	0,100

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas en la región metropolitana (SEREMI MMA RM, octubre 2020).

5.5.7.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde a las horas anuales de utilización de cada maquinaria usada en el proyecto, por lo tanto corresponde a la multiplicación del número de maquinarias por las horas de uso de cada una. En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad correspondiente a las horas anuales por cada tipo de maquinaria.

Tabla 92. Nivel de actividad de maquinaria para la fase de operación

Tipo de Maquinaria	Cantidad	Nivel de Actividad (h/año)
Motoniveladora	1	600
Retroexcavadora	2	1200
Bulldozer	1	600
Rodillo Compactador	1	600
Cargador frontal	2	960
Camión grúa	2	960
Grúa montaje (750 ton)	2	3000
Grúa montaje (400 ton)	2	3000
Grúa montaje (150 ton)	2	3000
Retroexcavadora	3	900
Excavadora hidráulica	3	1200
Cargador frontal	2	600
Motoniveladora	2	800
Rodillo Compactador	3	900
Manipulador (manitou)	5	1000
Grúa Horquilla	4	1120
Camión grúa	4	600
Manipulador (manitou)	5	1000
Grúa Horquilla	2	400
Camión grúa	4	600
Camión grúa	4	800
Grúa Horquilla	4	800
Retroexcavadora	2	400
Camión grúa telescópica	1	500
Camión grúa	2	600
Retroexcavadora	2	400
Camión grúa	2	800
Grúa horquilla	2	600
Retroexcavadora	2	600
Retroexcavadora	4	1200

Tipo de Maquinaria	Cantidad	Nivel de Actividad (h/año)
Rodillo Compactador	3	900
Cargador frontal	3	1200

Fuente: Elaboración propia.

5.5.7.3 Tasa de Emisión

Las emisiones para esta actividad se presentan en la siguiente tabla y fueron calculados según la formula general de estimación de emisiones, es decir multiplicando el factor emisivo por el nivel de actividad.

Tabla 93. Emisiones asociadas a la combustión maquinaria fuera de ruta para la fase de cierre

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año)					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Motoniveladora	0,00070	0,15427	0,11255	0,01658	0,01658	0,01658
Retroexcavadora	0,00213	0,54232	0,49350	0,04956	0,04956	0,04956
Bulldozer	0,00116	0,26144	0,19075	0,01405	0,01405	0,01405
Rodillo Compactador	0,00074	0,16239	0,11848	0,01745	0,01745	0,01745
Cargador frontal	0,00447	1,00810	0,73551	0,05416	0,05416	0,05416
Camión grúa	0,00367	0,80544	0,58765	0,08655	0,08655	0,08655
Grúa montaje (750 ton)	0,03636	8,20058	5,98309	0,44060	0,44060	0,44060
Grúa montaje (400 ton)	0,03024	6,82029	4,97604	0,36644	0,36644	0,36644
Grúa montaje (150 ton)	0,01872	4,22208	3,08040	0,22684	0,22684	0,22684
Retroexcavadora	0,00239	0,61010	0,55518	0,05575	0,05575	0,05575
Excavadora hidráulica	0,00483	1,06202	0,77484	0,11412	0,11412	0,11412
Cargador frontal	0,00279	0,63007	0,45969	0,03385	0,03385	0,03385
Motoniveladora	0,00187	0,41138	0,30014	0,04421	0,04421	0,04421
Rodillo Compactador	0,00333	0,73075	0,53315	0,07852	0,07852	0,07852
Manipulador (manitou)	0,00690	1,51562	1,10579	0,16286	0,16286	0,16286
Grúa Horquilla	0,00414	0,90937	0,66347	0,09772	0,09772	0,09772
Camión grúa	0,00446	1,00680	0,73456	0,05409	0,05409	0,05409
Manipulador (manitou)	0,00690	1,51562	1,10579	0,16286	0,16286	0,16286
Grúa Horquilla	0,00071	0,18077	0,16450	0,01652	0,01652	0,01652
Camión grúa	0,00446	1,00680	0,73456	0,05409	0,05409	0,05409
Camión grúa	0,00595	1,34241	0,97941	0,07213	0,07213	0,07213
Grúa Horquilla	0,00296	0,64955	0,47391	0,06980	0,06980	0,06980
Retroexcavadora	0,00071	0,18077	0,16450	0,01652	0,01652	0,01652
Camión grúa telescópica	0,00156	0,35184	0,25670	0,01890	0,01890	0,01890
Camión grúa	0,00223	0,50340	0,36728	0,02705	0,02705	0,02705
Retroexcavadora	0,00071	0,18077	0,16450	0,01652	0,01652	0,01652

Tipo de maquinaria	Emisiones (ton/año)					
	SOx	NOx	CO	MP2.5	MP10	MP30
Camión grúa	0,00298	0,67120	0,48971	0,03606	0,03606	0,03606
Grúa horquilla	0,00111	0,24358	0,17772	0,02617	0,02617	0,02617
Retroexcavadora	0,00106	0,27116	0,24675	0,02478	0,02478	0,02478
Retroexcavadora	0,00425	1,08463	0,98699	0,09911	0,09911	0,09911
Rodillo Compactador	0,00333	0,73075	0,53315	0,07852	0,07852	0,07852
Cargador frontal	0,00834	1,88045	1,37197	0,10103	0,10103	0,10103
Total	**0,17616**	**39,84672**	**29,62219**	**2,73342**	**2,73342**	**2,73342**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.8 Emisiones Asociadas al Uso de Grupos Electrógenos

5.5.8.1 Factor de Emisión

El factor asociado a esta actividad corresponderá a la potencia que tendrá el grupo electrógeno. Para esta fase se consideran dos equipos, uno de 250 kW y otro de 150 kW.

Tabla 94. Factores de emisión para grupos electrógenos

Combustible	Factor de Emisión [kg/kg comb]					
	MP30	MP10	MP2,5	CO	NOx	SOx
Diésel potencia menor a 600 HP o 447 kW	0,0060783	0,0060783	0,0060783	0,0186271	0,0864700	0,0056862

Fuente: Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana, 2020.

5.5.8.2 Nivel de Actividad

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible determinados en función de las horas de operación y el rendimiento de los grupos electrógenos.

Tabla 95. Nivel de actividad grupo electrógeno

Tipo de Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de operación (horas totales)	Consumo combustible (Lt/hr)	Consumo combustible [Lt/año]	NA [kg/año]
GE en IF1	1	150	2760	5,3	14.628	12.433,8
GE en IF2	1	250	2760	33,2	91.632	77.887,2

Fuente: Elaboración propia.

5.5.8.3 Tasa de Emisión

Las emisiones asociadas, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 96. Emisiones asociadas al uso de grupos electrógenos

Tipo de Equipo	Emisiones (ton/fase)					
	SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
GE en IF1	0,07070	1,07515	0,23161	0,07558	0,07558	0,07558

Tipo de Equipo	Emisiones (ton/fase)					
	SOx	NOx	CO	MP2,5	MP10	MP30
GE en IF2	0,44288	6,73491	1,45081	0,47342	0,47342	0,47342
Total	**0,51358**	**7,81006**	**1,68242**	**0,54900**	**0,54900**	**0,54900**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.9 Resumen de Emisiones para la Fase de Cierre

En la siguiente tabla se presenta el resumen de emisiones para la fase de cierre del Proyecto.

Tabla 97. Resumen de emisiones para la fase de cierre

Actividad	Emisiones Totales Fase de Cierre (ton/año)					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00943	0,08907	0,30430
Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00505	0,00717	0,04809
Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,03204	0,32061	1,04725
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	1,28926	5,32893	27,76195
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00001	0,00765	0,00039	0,00007	0,00007	0,00007
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00553	1,68983	0,12078	0,01735	0,01735	0,01735
Motor Maquinaria	0,17616	39,84672	29,62219	2,73342	2,73342	2,73342
GE	0,51358	7,81006	1,68242	0,54900	0,54900	0,54900
Total	**0,69528**	**49,35426**	**31,42578**	**4,72544**	**9,63199**	**33,63052**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.10 Emisiones Fase de Cierre – PPDA Región Metropolitana

Según el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) de la Región Metropolitana, en su artículo 64, establece que los proyectos que superen los umbrales de emisiones indicados en la "Tabla VI-14: Emisión máxima proyectos" deben compensar sus emisiones de Material Particulado (MP10 y MP2,5), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Dióxido de Azufre (SO2). Los valores máximos permitidos sin obligación de compensación son 2,5 t/año para MP10 , 2 t/año para MP2,5, 8 t/año para NOx y 10 t/año para SO_2.

De acuerdo con la estimación de emisiones del Proyecto presentados en las siguientes tablas, los valores calculados se encuentran sobre umbrales, por lo que se requiere compensación de emisiones conforme a la normativa vigente.

En la siguiente tabla se encuentran las emisiones que están dentro de esta área.

Tabla 98. Emisiones del Proyecto fase de cierre dentro del área del PPDA Región Metropolitana

Actividad	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00541	0,05104	0,17439

Actividad	Contaminantes					
	SO2	NOX	CO	MP2.5	MP10	MP30
Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00411	0,02756
Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,03724	0,24310	0,48467
Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,01871	0,18733	0,61191
Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,95071	3,92958	20,47180
Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00001	0,00479	0,00022	0,00005	0,00005	0,00005
Combustión tránsito camino pavimentado	0,00407	1,24116	0,08859	0,01274	0,01274	0,01274
Motor Maquinaria	0,01927	4,39469	3,32047	0,30793	0,30793	0,30793
GE	0,51358	7,81006	1,68242	0,54900	0,54900	0,54900
Total	**0,53692**	**13,45070**	**5,09169**	**1,88468**	**5,28488**	**22,64005**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99. Material particulado equivalente en el área del PPDA Región Metropolitana

	MP2.5 equivalente	MP10 equivalente
Fase de Cierre	3,65021	7,05042

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Resumen Emisiones por Año y Fase del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados totales por fase del Proyecto, considerando que la fase de construcción tendrá una duración de 24 meses, para la operación se proyecta una vida útil de 30 años y el cierre tendrá una duración de 12 meses.

Tabla 100. Emisiones totales por fase del Proyecto.

Fase	Fuente	Emisiones (ton/año)					
		SO2	NOX	CO	MP2,5	MP10	MP30
Construcción Año 1	Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	1,28154	1,81871	12,20510
	Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,23606	1,57375	1,57375
	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01949	0,18398	0,62858
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01042	0,01479	0,09923
	Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,01262	0,08331	0,17615
	Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00307	0,02025	0,04282
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,64811	6,48114	21,17171
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	3,41976	14,13505	73,63898
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00047	0,16877	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,02296	7,89100	0,39354	0,08110	0,08110	0,08110
	Motor maquinaria	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712
	GE	2,57192	39,11114	8,42520	2,74927	2,74927	2,74927
Construcción Año 2	Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,64630	6,46289	21,11210
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	3,42056	14,13834	73,65615
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00047	0,16842	0,00778	0,00171	0,00171	0,00171
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,02293	7,88193	0,39324	0,08104	0,08104	0,08104

Fase	Fuente	Emisiones (ton/año)					
		SO2	NOX	CO	MP2,5	MP10	MP30
	Motor maquinaria	0,03242	7,37641	5,51012	0,49712	0,49712	0,49712
	GE	1,77775	27,03429	5,82364	1,90034	1,90034	1,90034
Operación	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,00969	0,09693	0,31664
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,02156	0,08912	0,46427
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00004	0,00949	0,00136	0,00002	0,00002	0,00002
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,00010	0,03682	0,00182	0,00039	0,00039	0,00039
	Motor Maquinaria	0,00032	0,08079	0,07199	0,00706	0,00706	0,00706
	GE	0,10131	1,54055	0,33186	0,10829	0,10829	0,10829
Cierre	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00943	0,08907	0,30430
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00505	0,00717	0,04809
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,08984	0,58640	1,16910
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,03204	0,32061	1,04725
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	1,28926	5,32893	27,76195
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00001	0,00765	0,00039	0,00007	0,00007	0,00007
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,00553	1,68983	0,12078	0,01735	0,01735	0,01735
	Motor Maquinaria	0,17616	39,84672	29,62219	2,73342	2,73342	2,73342
	GE	0,51358	7,81006	1,68242	0,54900	0,54900	0,54900
Total Fase Construcción		**4,46133**	**97,00837**	**26,07142**	**15,59717**	**51,30801**	**211,28308**
Total Fase Operación		**0,10177**	**1,66766**	**0,40704**	**0,23685**	**0,88821**	**2,06577**
Total Fase Cierre		**0,69528**	**49,35426**	**31,42578**	**4,72544**	**9,63199**	**33,63052**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101. Emisiones del Proyecto – PPDA región Metropolitana

Fase	Fuente	Emisiones (ton/año)					
		SO2	NOX	CO	MP2,5	MP10	MP30
Construcción Año 1	Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	0,09651	0,13696	0.91913
	Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,13664	0,91093	0.91093
	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,01129	0,10655	0.36405
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00603	0,00856	0.05747
	Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00712	0,04702	0.09941

Fase	Fuente	Emisiones (ton/año)					
		SO2	NOX	CO	MP2,5	MP10	MP30
	Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00187	0,01238	0.02617
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,33942	3,39427	11.08794
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	2,54693	10,52734	54.84400
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00025	0,08884	0,00410	0,00090	0,00090	0.00090
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,01713	5,88966	0,29335	0,06049	0,06049	0.06049
	Motor maquinaria	0,02592	5,89112	4,38719	0,39913	0,39913	0.39913
	GE	2,57192	39,11114	8,42520	2,74927	2,74927	2.74927
Construcción Año 2	Excavación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Escarpe	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Carga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Descarga	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,02582	0,16854	0,33602
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,33787	3,37865	11.03691
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	2,54710	10,52800	54.84747
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00025	0,08843	0,00409	0,00090	0,00090	0.00090
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,01711	5,88302	0,29312	0,06045	0,06045	0.06045
	Motor maquinaria	0,02592	5,89112	4,38719	0,39914	0,39914	0.39914
	GE	1,77775	27,03429	5,82364	1,90034	1,90034	1.90034
Operación año	Motor Maquinaria	0,00032	0,08079	0,07199	0,00706	0,00706	0.00706
	GE	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,03724	0,24310	0,48467
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,00313	0,03127	0.10215
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,01830	0,07564	0.39405
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00007	0,00000	0,00000	0,00000	0.00000
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,00009	0,03082	0,00151	0,00033	0,00033	0.00033

Fase	Fuente	Emisiones (ton/año)					
		SO2	NOX	CO	MP2,5	MP10	MP30
Cierre	Nivelación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00541	0,05104	0.17439
	Compactación	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00411	0.02756
	Erosión eólica	0,00000	0,00000	0,00000	0,03724	0,24310	0,48467
	Tránsito camino no pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,01871	0,18733	0.61191
	Tránsito camino pavimentado	0,00000	0,00000	0,00000	0,95071	3,92958	20.47180
	Combustión tránsito camino no pavimentado	0,00001	0,00479	0,00022	0,00005	0,00005	0.00005
	Combustión tránsito camino pavimentado	0,00407	1,24116	0,08859	0,01274	0,01274	0.01274
	Motor Maquinaria	0,01927	4,39469	3,32047	0,30793	0,30793	0.30793
	GE	0,51358	7,81006	1,68242	0,54900	0,54900	0.54900
Total Fase Construcción		**4,43625**	**89,87763**	**23,61789**	**11,62722**	**34,78982**	**140,10011**
Total Fase Operación		**0,00041**	**0,11168**	**0,07351**	**0,06606**	**0,35740**	**0,98825**
Total Fase Cierre		**0,53692**	**13,45070**	**5,09169**	**1,88468**	**5,28488**	**22,64005**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102. Material particulado equivalente – PPDA región Metropolitana

Fase	MP2.5 equivalente	MP10 equivalente	Compensar
Fase de Construcción Año 1	13,27201	25,27021	Sí
Fase de Construcción Año 2	10,46901	21,63341	Sí
Fase de Operación año	0,07936	0,37070	No
Fase de Cierre	3,65021	7,05042	Sí

Fuente: Elaboración propia.

6 CONCLUSIONES

La fase del Proyecto que genera una mayor tasa de emisiones atmosféricas corresponde a la fase de construcción, en la cual existe mayor cantidad de actividades asociadas a movimientos de tierra y tránsitos tanto por caminos no pavimentados como pavimentados. El componente atmosférico que presenta el valor más alto de esta actividad es el MP30, con una emisión de 211,28 ton/fase. La actividad con mayor porcentaje de emisión para el componente MP30, es el tránsito por caminos pavimentados aportando 147,29 ton/fase.

Con respecto al material particulado MP10, la actividad con mayor aporte es el tránsito por camino pavimentado con 28,27 ton/fase y le sigue el tránsito por caminos no pavimentados, aportando 12,94 ton/fase.

En términos del material particulado MP2.5 la actividad que más aporta es el tránsito por caminos pavimentados con 6,84 ton/fase, mientras que el grupo electrógeno aporta 4,64 ton/fase.

La actividad con mayor emisión de los gases en la fase de construcción corresponde a los grupos electrógenos con SO2 4,34; NOX 66,14 y CO 14,24 ton/fase.

En el caso de la fase de operación, la actividad con mayor tasa de emisión para el material particulado MP2.5 y MP10 es el grupo electrógeno, mientras que la mayor tasa de emisión para el MP30 es el tránsito por caminos pavimentados. Para el caso de la fase de cierre, los mayores aportes de emisiones se encuentran en las actividades de tránsito por caminos pavimentados y la combustión de maquinaria fuera de ruta.

En relación con el Plan de Descontaminación de la región Metropolitana, y considerando la estimación de emisiones generadas por el proyecto, el Proyecto deberá compensar lo estipulado en la Tabla 102. **Material particulado equivalente – PPDA región Metropolitana**.

Además, de acuerdo con los resultados obtenidos en el anexo de Modelación de Calidad de aire, se realiza la evaluación del criterio de significancia por aumento de concentraciones de MP10 y de acuerdo a esto, se determina que el Proyecto presenta valores bajo los niveles de significancia, por lo que se descarta la posible afectación a la salud de la población, dado su magnitud, duración y alcance.

Los cálculos se hicieron considerando distancias reales, y considerando niveles de carga de finos, caminos pavimentados y no pavimentados, flujos de transporte y carga de materiales e insumos para las distintas fases del Proyecto.

Adicionalmente, con el fin de disminuir las emisiones de material particulado, el Titular considera implementar las siguientes medidas:

- Se aplicará un supresor de polvo, en los caminos internos y de acceso no pavimentados previo al inicio de las actividades de transporte, durante las fases de construcción y cierre.
- Se exigirá una cobertura a los materiales que sean transportados en camiones tolva tal como lo exige la ley.
- Se exigirá velocidad de los vehículos en los caminos no pavimentados de máximo, 30 Km/h.

Finalmente, de acuerdo con lo exigido por la Ley todos los vehículos y maquinarias contarán con las mantenciones recomendadas por el fabricante y con su revisión técnica al día; lo anterior se exigirá bajo cláusulas contractuales con las empresas contratistas a cargo de las faenas de construcción, operación y cierre del Proyecto.

7 REFERENCIAS

- BS Consultores, 2015. “Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental”. (Informe Recopilación, 2015)
- Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana (octubre, 2020).
- Environmental Protection Agency of United States. “AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States”. (AP-42)
- EMEP-EEA air pollutant emission inventory guidebook