Anexo 6.

Estudio de Estimación de Emisiones Atmosféricas

ÍNDICE

A. PRESENTACIÓN 1
B. OBJETIVO 2
C. METODOLOGÍA 3
C.1. Definición del área de estudio 5
C.2. Parque Eólico 5
C.2.1. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Construcción Parque Eólico 5
C.2.2. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Operación Parque Eólico 7
C.2.3. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Cierre Parque Eólico 8
C.3. Línea de Transmisión Eléctrica 9
C.3.1. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Construcción Línea de Transmisión Eléctrica. 9
C.3.2. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Operación Línea de Transmisión Eléctrica. 10
C.3.3. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Cierre Línea de Transmisión Eléctrica. 10
D. RESULTADOS 11
D.1. Área de estudio 11
D.2. Emisiones Parque Eólico 13
D.2.1. Emisiones Fase de Construcción 13
D.2.2. Emisiones Fase de Operación 47
D.2.3. Emisiones Fase de Cierre 58
D.2.4. Resumen emisiones parque eólico 77
D.3. Emisiones Línea de Transmisión Eléctrica 78
D.3.1. Emisiones Fase de Construcción 78
D.3.2. Emisiones Fase de Operación 101
D.3.3. Emisiones Fase de Cierre 101
D.3.4. Resumen emisiones línea de transmisión eléctrica 115
D.4. Resumen Emisiones del Proyecto 116
D.5. Análisis normativo del artículo 48 del D.S. 4/2019 del MMA 116
E. CONCLUSIONES 121
F. BIBLIOGRAFÍA 123
G. APÉNDICE: PROPUESTA COMPENSACIÓN DE EMISIONES 124

FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto Parque Eólico Rinconada. 2
Figura 2. Área de estudio Proyecto Parque Eólico Rinconada. 12
Figura 3. Rutas Internas Fase Construcción Parque Eólico. 21
Figura 4. Rutas Pavimentadas Fase de Construcción, Parque Eólico 28
Figura 5. Rutas Externas Fase de Construcción Parque Eólico 40
Figura 6. Zoom Rutas Externas Fase de Construcción Parque Eólico 41
Figura 7. Ruta interna Fase de Operación 50
Figura 8. Ruta Externa Fase de cierre Parque Eólico 72
Figura 9. Ruta Internas Fase de Construcción Línea de Transmisión 84
Figura 10. Ruta Externa Fase de Construcción Línea de Transmisión 95

Figura 11. Emisiones que se emplazarán en la comuna de Los Ángeles 118
Figura 12. Zoom actividades emisoras emplazadas en comuna de Los Ángeles. 119

TABLAS

Tabla 1. Cronograma del Proyecto 4
Tabla 2. Cronograma en Fase de Construcción del Parque Eólico 5
Tabla 3. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Construcción Parque Eólico 6
Tabla 4. Rendimiento o capacidad de vehículos y maquinarias 6
Tabla 5. Densidad del material 7
Tabla 6. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Operación Parque Eólico 8
Tabla 7. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de cierre. 9
Tabla 8. Cronograma en Fase de Construcción de la Línea de Transmisión 9
Tabla 9. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Construcción Línea de Transmisión Eléctrica 10
Tabla 10. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de cierre Línea de Transmisión Eléctrica 11
Tabla 11. Nivel de actividad y emisiones generadas por el escarpe, Fase de Construcción Parque Eólico 14
Tabla 12. Nivel de actividad y emisiones generadas por la excavación, Fase de Construcción Parque Eólico 15
Tabla 13. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto 16
Tabla 14. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 16
Tabla 15. Transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto 17
Tabla 16. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 17
Tabla 17. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 19
Tabla 18. Peso ponderado de la flota en vías no pavimentadas 20
Tabla 19. Distancias a recorrer en kilómetros en Fase de Construcción, Parque Eólico ... 22
Tabla 20. Zonas con aplicación de supresor de polvo 23
Tabla 21. Distancias promedio a recorrer Fase de Construcción, Parque Eólico 24
Tabla 22. Distancias internas en kilómetros a utilizar acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de Construcción, Parque Eólico 24
Tabla 23. Números de viajes a realizar durante la Fase de Construcción para vehículos pesados 25
Tabla 24. Número de viajes acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de Construcción, Parque Eólico 26
Tabla 25. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 26
Tabla 26. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 26
Tabla 27. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 27

Tabla 28. Número de viajes en rutas pavimentadas en Fase de Construcción, Parque Eólico 29
Tabla 29. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 29
Tabla 30. Factor de emisión retroexcavadora 30
Tabla 31. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la retroexcavadora, Fase de Construcción Parque Eólico 31
Tabla 32. Factor de emisión bombas hormigoneras 31
Tabla 33. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de bomba hormigonera, Fase de Construcción Parque Eólico 32
Tabla 34. Factor de emisión bulldozer 32
Tabla 35. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del bulldozer, Fase de Construcción Parque Eólico 33
Tabla 36. Factor de emisión motoniveladora 33
Tabla 37. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la motoniveladora, Fase de Construcción Parque Eólico 34
Tabla 38. Factor de emisión rodillo compactador 34
Tabla 39. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo compactador, Fase de Construcción Parque Eólico 35
Tabla 40. Factor de emisión grúa montaje 80 metros 35
Tabla 41. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 80 metros, Fase de Construcción Parque Eólico 35
Tabla 42. Factor de emisión grúas montaje 125 metros 36
Tabla 43. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase de Construcción Parque Eólico 36
Tabla 44. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel 37
Tabla 45. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase de Construcción Parque Eólico 37
Tabla 46. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año) 38
Tabla 47. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 38
Tabla 48. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Construcción 42
Tabla 49. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad 42
Tabla 50. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico 43
Tabla 51. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3 44
Tabla 52. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase de Construcción Parque Eólico 44
Tabla 53. Resumen emisiones Fase de Construcción Parque Eólico 45
Tabla 54. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase Operación 47
Tabla 55. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto 48
Tabla 56. Números de viajes a realizar durante la Fase de Operación para vehículos pesados 51
Tabla 57. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto en la Fase de Operación 51
Tabla 58. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel 52

Tabla 59. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase Operación 52
Tabla 60. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año) 53
Tabla 61. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase Operación .. 53
Tabla 62. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Operación 54
Tabla 63. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad, Fase Operación . 55
Tabla 64. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de Operación 55
Tabla 65. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3 56
Tabla 66. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de Operación. 56
Tabla 67. Resumen emisiones Fase de Operación 57
Tabla 68. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico 59
Tabla 69. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico 59
Tabla 70. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico 61
Tabla 71. Peso ponderado de la flota en vías no pavimentadas, Fase de cierre. 62
Tabla 72. Distancias promedio en kilómetros a recorrer Fase de cierre, Parque Eólico 63
Tabla 73 Distancias internas en kilómetros a utilizar acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de cierre, Parque Eólico 63
Tabla 74. Números de viajes a realizar durante la Fase de cierre para vehículos pesados 64
Tabla 75. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico 64
Tabla 76. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico64
Tabla 77. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico 65
Tabla 78. Factor de emisión grúa montaje 80 metros 66
Tabla 79. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de cierre Parque Eólico 66
Tabla 80. Factor de emisión grúas montaje 125 metros..... 66
Tabla 81. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase cierre Parque Eólico 67
Tabla 82. Factor de emisión excavadora con martillo hidráulico 67
Tabla 83. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la excavadora con martillo hidráulico, Fase de cierre Parque Eólico 67
Tabla 84. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel 68
Tabla 85. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Parque Eólico 69
Tabla 86. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año) 69
Tabla 87. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de cierre, Parque Eólico 70
Tabla 88. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de cierre Parque Eólico 73

Tabla 89. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3 73
Tabla 90. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Parque Eólico. 74
Tabla 91. Resumen emisiones Fase de cierre Parque Eólico 75
Tabla 92. Resumen Emisiones Fase de Construcción Parque Eólico (t/año) 77
Tabla 93. Resumen Emisiones Fase de Operación (t/año) 77
Tabla 94. Resumen Emisiones Fase de cierre Parque Eólico (t/año) 77
Tabla 95. Resumen Emisiones Totales Parque Eólico (t/año) 78
Tabla 96. Nivel de actividad y emisiones generadas por la excavación, Fase de Construcción Línea de Transmisión 79
Tabla 97. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Línea de Transmisión 80
Tabla 98. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 80
Tabla 99. Transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Línea de transmisión 81
Tabla 100. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 81
Tabla 101. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 82
Tabla 102. Distancias por ruta a utilizar en Fase de Construcción, Línea de Transmisión Eléctrica 85
Tabla 103. Números de viajes a realizar durante la Fase de Construcción para vehículos pesados, Línea de Transmisión 85
Tabla 104. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 86
Tabla 105. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 86
Tabla 106. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión 86
Tabla 107. Factor de emisión retroexcavadora, Línea de Transmisión 87
Tabla 108. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la retroexcavadora, Fase Construcción Línea Transmisión 88
Tabla 109. Factor de emisión de bombas hormigoneras, Línea de Transmisión 88
Tabla 110. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de bomba hormigonera, Fase Construcción Línea Transmisión 89
Tabla 111. Factor de emisión rodillo compactador, Línea de Transmisión 89
Tabla 112. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo compactador, Fase Construcción Línea Transmisión 90
Tabla 113. Factor de emisión grúa montaje 80 metros 90
Tabla 114. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de Construcción Línea de Transmisión 90
Tabla 115. Factor de emisión grúas montaje 125 metros 91
Tabla 116. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase de Construcción Línea de Transmisión 91
Tabla 117. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel, Línea Transmisión 92
Tabla 118. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase Construcción Línea Transmisión 92

Tabla 119. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año) 93
Tabla 120. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase Construcción Línea Transmisión 93
Tabla 121. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Construcción, Línea de Transmisión 96
Tabla 122. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad, Fase de Construcción Línea de Transmisión 96
Tabla 123. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de Construcción Línea de Transmisión 97
Tabla 124. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3 98
Tabla 125. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de Construcción. 98
Tabla 126. Resumen emisiones Fase de Construcción Línea de Transmisión 99
Tabla 127. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Línea de Transmisión 102
Tabla 128. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión 102
Tabla 129. Distancias por ruta a utilizar en Fase de cierre, Línea de Transmisión Eléctrica 103
Tabla 130. Números de viajes a realizar durante la Fase de cierre para vehículos pesados 103
Tabla 131. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión 104
Tabla 132. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión 104
Tabla 133. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión 104
Tabla 134. Factor de emisión grúa montaje 80 metros 105
Tabla 135. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de cierre Línea de Transmisión 106
Tabla 136. Factor de emisión grúas montaje 125 metros 106
Tabla 137. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase cierre Línea de Transmisión 107
Tabla 138. Factor de emisión excavadora con martillo hidráulico 107
Tabla 139. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la excavadora con martillo hidráulico, Fase de cierre Línea de Transmisión .. 107
Tabla 140. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel 108
Tabla 141. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Línea de Transmisión 109
Tabla 142. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año) 109
Tabla 143. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de cierre, Línea de Transmisión 110
Tabla 144. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de cierre Línea de Transmisión 111
Tabla 145. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3 111
Tabla 146. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Línea de Transmisión. 112
Tabla 147. Resumen emisiones Fase de cierre Línea de Transmisión 113

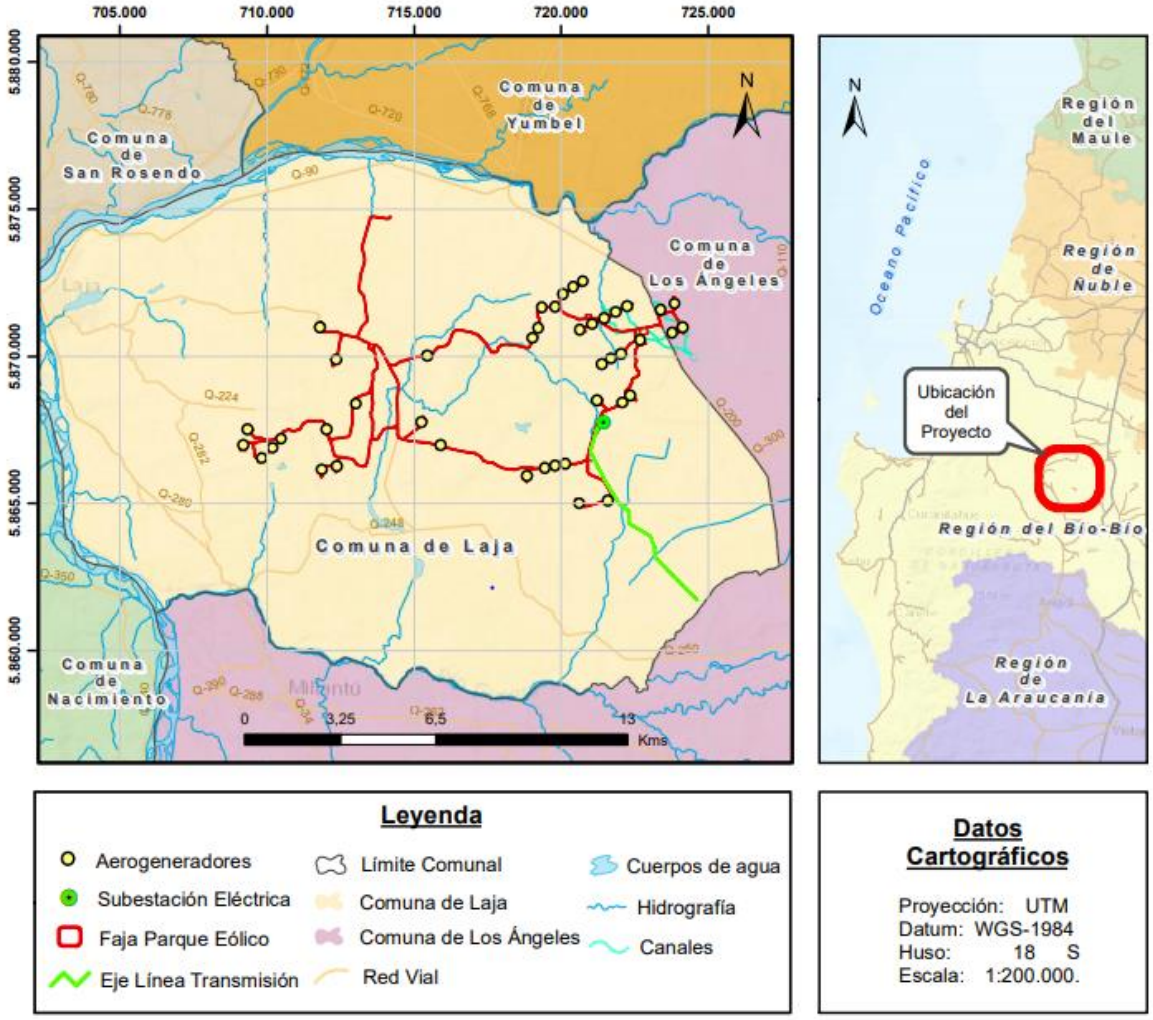
Tabla 148. Resumen Emisiones Fase de Construcción Línea de Transmisión (t/año) 115
Tabla 149. Resumen Emisiones Fase de cierre Línea de Transmisión (t/año) 115
Tabla 150. Resumen Emisiones Totales Línea de Transmisión (t/año) 115
Tabla 151. Resumen Emisiones Totales Proyecto "Parque Eólico Rinconada (t/año) 116
Tabla 152. Emisiones por año (t/año) en Los Ángeles 120

A. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde a la estimación de emisiones atmosféricas del Proyecto "Parque Eólico Rinconada" generadas en las fases de construcción, operación y abandono del Proyecto. Se estimarán las tasas de emisión anuales de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases (CO, NOx, SOx y HC), con especial atención en aquellos que son normados por la legislación vigente (Plan de Descontaminación Atmosférica, PDA, para la comuna de Los Ángeles DS N°4/2019), esto con tal de dar cumplimiento a los requerimientos para la componente calidad de aire, al momento de ingresar el proyecto al SEIA.

El proyecto cuenta con la instalación de 43 aerogeneradores y una Línea de Transmisión con 21 torres. Además, la implementación de dos instalaciones de faenas, dos plantas de hormigón y una subestación elevadora.

En la siguiente Figura se presenta la ubicación del proyecto:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Ubicación del Proyecto Parque Eólico Rinconada.

B. OBJETIVO

El presente estudio, tiene como objetivo estimar las emisiones atmosféricas generadas por el Proyecto "Parque Eólico Rinconada" en sus distintas Fases y comparar con límites establecidos en Planes de Descontaminación Atmosférica vigentes.

C. METODOLOGÍA

La metodología aplicada a la estimación de emisiones es la recomendada por EPA, la que se basa en la siguiente relación:

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

Donde:

E = Emisión
Na = Nivel de Actividad
fe = Factor de emisión
Ea = Eficiencia de Abatimiento

En relación con los niveles de actividad (Na), éstos fueron estimados de acuerdo a la información proporcionada por el titular del Proyecto. Los niveles son específicos para cada acción del Proyecto en sus distintas Fases, de esta forma, cuando los niveles de actividad dependen de trayectorias se trabajó sobre el supuesto de la distancia máxima posible a recorrer de modo de posicionarnos en el peor escenario.

Por otro lado, el factor de emisión (fe) fue estimado en base a lo dispuesto en el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015) y Guía para Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana", publicada en 2012 por el Ministerio del Medio Ambiente. Cabe mencionar que el compendio de factores de emisión tiene sustento en las recomendaciones hechas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA), definidas en la guía AP-42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors en sus distintos capítulos.

Además, en el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015) es posible encontrar valores por defecto para parámetros importantes en la estimación de las emisiones como: contenido de finos, porcentaje de humedad, entre otros. Respecto a otros factores de relevancia como: días de precipitación, velocidad del viento, etc., fueron estimados en base a la información extraída de estaciones

meteorológicas disponibles cercanas a las comunas de Laja (Estación Laja[1]) y Los Ángeles (Estación Human[2]).

Para este caso, se ha considerado como sistema de abatimiento el efecto de la precipitación (lluvia) y un supresor de polvo en los caminos, tal como se presenta en la **Figura 3**. Para la estimación de la eficiencia del abatimiento fue consultado el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015), documento que sugiere parámetros y metodología de cálculo para tales efectos. Finalmente, la tasa de emisión anual es estimada entregando su valor final en t/año.

Cabe destacar que, para cada fase del proyecto el cálculo de estimación de emisiones atmosféricas fue separada para Parque Eólico (PE) y Línea de Transmisión (LT), producto de las diferencias en las dimensiones, actividades y acciones de las obras.

Además, estas emisiones se dividieron (para cada fase), en directas aquellas que se producen dentro del área de emplazamiento del proyecto e indirectas que se generan fuera del área de emplazamiento del proyecto.

Para la estimación de emisiones atmosféricas en fase de operación, las emisiones generadas por la Línea de Transmisión fueron agregadas a las de Parque Eólico, ya que en éstas se consideraba la mantención, traslado de trabajadores y transporte de residuos de baja magnitud.

En la **Tabla 1** se presenta el cronograma del proyecto de acuerdo a sus fases.

Tabla 1. Cronograma del Proyecto

Fase	Año 1 - 2	Año 3 - 32	Año 33	Año 34
Construcción (24 meses)				
Operación (30 años)				
Abandono (18 meses)				

Fuente: Elaboración propia.

[1] Información obtenida de Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA) https://sinca.mma.gob.cl/
[2] Información obtenida de Red Agroclimática Nacional (AGROMET) https://www.agromet.cl/

C.1. Definición del área de estudio

El área de estudio corresponde al área donde el proyecto se emplazará y aquellas rutas donde se trasportarán las partes y piezas de los aerogeneradores y de la línea de transmisión. Este se ubica principalmente en la comuna de Laja, con un pequeño tramo y caminos de acceso en la comuna de Los Ángeles. Respecto a las rutas utilizadas para el transporte de partes y piezas provendrán de Puerto Lirquén, ubicado en Penco.

C.2. Parque Eólico

C.2.1. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Construcción Parque Eólico.

Se realizó una estimación de las emisiones para cada año de construcción del Parque Eólico cuyas actividades corresponden a construcción de instalaciones de faenas, habilitación de caminos, montaje de aerogeneradores, etc., de acuerdo con el siguiente cronograma.

Tabla 2. Cronograma en Fase de Construcción del Parque Eólico

Actividades constructivas	Año 1											Año 2											
Mecánica de suelo																							
Construcción de IF1, PH1 y PH2																							
Habilitación de Caminos																							
Obra Civil Plataformas & Fundaciones																							
Redes de interconexión internas																							
Montaje AG																							
Construcción Subestación Eléctrica																							
Puesta en Marcha PE & S/E LT																							
Cierre y retiro de IF1, PH1 y PH2																							

Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, para el periodo de construcción se consideraron las actividades de: escarpe, carga y descarga de material, excavaciones, tránsito de vehículos, combustión de motores y vehículos pesados, entre otros, generando distintos contaminantes según la actividad, tal como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 3. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Construcción Parque Eólico

Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directas	Escarpe	MP_{10}
	Transferencia (Carga y descarga de material)	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Excavaciones (movimientos de tierra)	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Acopio de material	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Uso de grupos electrógenos	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NO_X y SO_x
	Combustión interna de motores de vehículos y maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SO_x
Indirectas	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de vehículos fuera del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SO_x

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del número de viajes para el transporte de los insumos necesarios en la fase de construcción del parque eólico se realizó en base a la cantidad de volúmenes de material a transportar (**Anexo 9. Estudio de Aporte vial, del EIA**) y la capacidad y/o potencia de cada uno de los vehículos a utilizar, lo que se indica en la **Tabla 4.** Cabe señalar que estos valores son fundamentales al momento de calcular los viajes a realizar a los diversos destinos que se estiman para el proyecto, y por ende definir la estimación de emisiones por tránsito de vehículos, tanto dentro como fuera del área de emplazamiento del proyecto.

Tabla 4. Rendimiento o capacidad de vehículos y maquinarias

Maquinaria/vehículos	Capacidad, Potencia o Tonelaje	Unidad
Tolva	25,5	t
Rampla	23,5	t
Mixer	25	t
Recolector de Basura	15	t
Semi-Remolque	34,5	t
Sobre dimensionado	22,45	t
Aljibe	22	t
Camión pluma	21,5	t

Maquinaria/vehículos	Capacidad, Potencia o Tonelaje	Unidad
Ambulancia	4	t
Camioneta	3,46	t
Bus	34,5	t
Retroexcavadora	67	kW
Rodillo compactador	10,4	kW
Bulldozer	161	kW
Motoniveladora	93	kW
Bomba hormigonera	61	kW
Grúa Montaje 80 m	151	kW
Grúa Montaje 125 m	455	kW
Grupos Electrógenos	50-100	kVA
Excavadora con martillo hidráulico	107	kW

Fuente: Elaboración propia.

Para el cambio de unidades dimensionales, en el caso del material a transportar, se utilizaron las siguientes densidades.

Tabla 5. Densidad del material[3]

Material	Densidad (t/m³)
Material de escarpe y excavaciones	1,80
Hormigón	3,00
Escombros de Construcción	1,00
Hormigón	1,70
Diésel	0,815

Fuente: Elaboración propia.

C.2.2. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Operación Parque Eólico

La estimación de emisiones en esta Fase corresponde al transporte de personal, residuos, mantenciones de aerogeneradores y subestación. Cabe señalar que dentro de estas emisiones también se contemplan aquellas generadas por la mantención de Línea de transmisión. La duración de esta fase corresponde a 30 años.

[3] Obtenidos desde: http://www.euroimportadora.com.mx/SYS_user/tips_tecnicos/es/Peso_Especifico_de_Materiales.pdf

En la **Tabla 6** se evidencian todas las actividades consideradas para la fase de Operación.

Tabla 6. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Operación Parque Eólico

Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directas	Transporte de residuos	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Uso de grupo electrógeno	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NO_X y SOx
	Tránsito de vehículos en caminos no pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos dentro del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SOx
Indirectas	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados fuera del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos fuera del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SOx

Fuente: Elaboración propia.

C.2.3. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Cierre Parque Eólico

Para estimar las emisiones correspondientes a la Fase de cierre, se consideraron las actividades propias del cierre de una obra de ingeniería, tales como el desmantelamiento de los aerogeneradores e instalaciones del Parque Eólico y la duración que tendrá esta fase que corresponde a 18 meses.

En la **Tabla 7**, se exponen las actividades consideradas para esta Fase del Proyecto.

Tabla 7. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de cierre.

Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directas	Tránsito de vehículos en caminos no pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos y maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SOx
	Carga de material	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Uso de grupos electrógenos	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NO_X y SOx
Indirectas	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados fuera del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos fuera del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SO_x

Fuente: Elaboración propia.

C.3. Línea de Transmisión Eléctrica

C.3.1. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Construcción Línea de Transmisión Eléctrica.

Se realizó una estimación de las emisiones para cada año de construcción de la Línea de Transmisión Eléctrica de acuerdo con las actividades que contempla la construcción de esta obra, correspondiente a obras civiles y fundaciones de línea de transmisión, montaje de torres, construcción de subestación eléctrica, etc., de acuerdo al cronograma de la **Tabla 8**.

Tabla 8. Cronograma en Fase de Construcción de la Línea de Transmisión

Actividades constructivas	Año 1											Año 2											
Mecánica de suelo																							
Construcción de IF2																							
Habilitación de caminos																							
Construcción faja de servidumbre																							
Obra civil & Fundaciones LT																							
Montaje de Torres e Instalación Conductores																							
Puesta en Marcha PE & S/E LT																							
Cierre y retiro de IF 2																							

Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, para el periodo de construcción se consideraron las actividades de: escarpe, carga y descarga de material, excavaciones, tránsito de vehículos,

combustión de motores y vehículos pesados, entre otros, generando distintos contaminantes según la actividad, tal como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de Construcción Línea de Transmisión Eléctrica

Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directas	Carga y descarga de material	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Excavaciones (movimientos de tierra)	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Acopio de material	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos y maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SOx
Indirectas	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de vehículos fuera del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SO_X

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del número de viajes para el transporte de los insumos necesarios se realizó en base a la cantidad de volúmenes de material a transportar (**Anexo 9. Aporte vial del EIA**), la capacidad de cada uno de los vehículos (**Tabla 4**) y densidades de los diversos materiales (**Tabla 5**).

C.3.2. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Operación Línea de Transmisión Eléctrica.

Las estimaciones de emisiones en esta Fase son consideradas dentro de la estimación realizada para Fase de Operación del Parque Eólico, por lo cual no se presentan cálculos, ya que en la Línea de Transmisión se consideran actividades de mantención, traslado de personal y residuos que para este caso se desprecian.

C.3.3. Estimación de emisiones atmosféricas Fase de Cierre Línea de Transmisión Eléctrica.

Para estimar las emisiones correspondientes a la Fase de cierre, se consideraron las actividades propias del cierre de una obra de ingeniería, tales como el desmantelamiento de las instalaciones.

En la **Tabla 10**, se exponen las actividades consideradas para la Fase cierre del Proyecto.

Tabla 10. Emisiones de contaminantes por actividad en Fase de cierre Línea de Transmisión Eléctrica

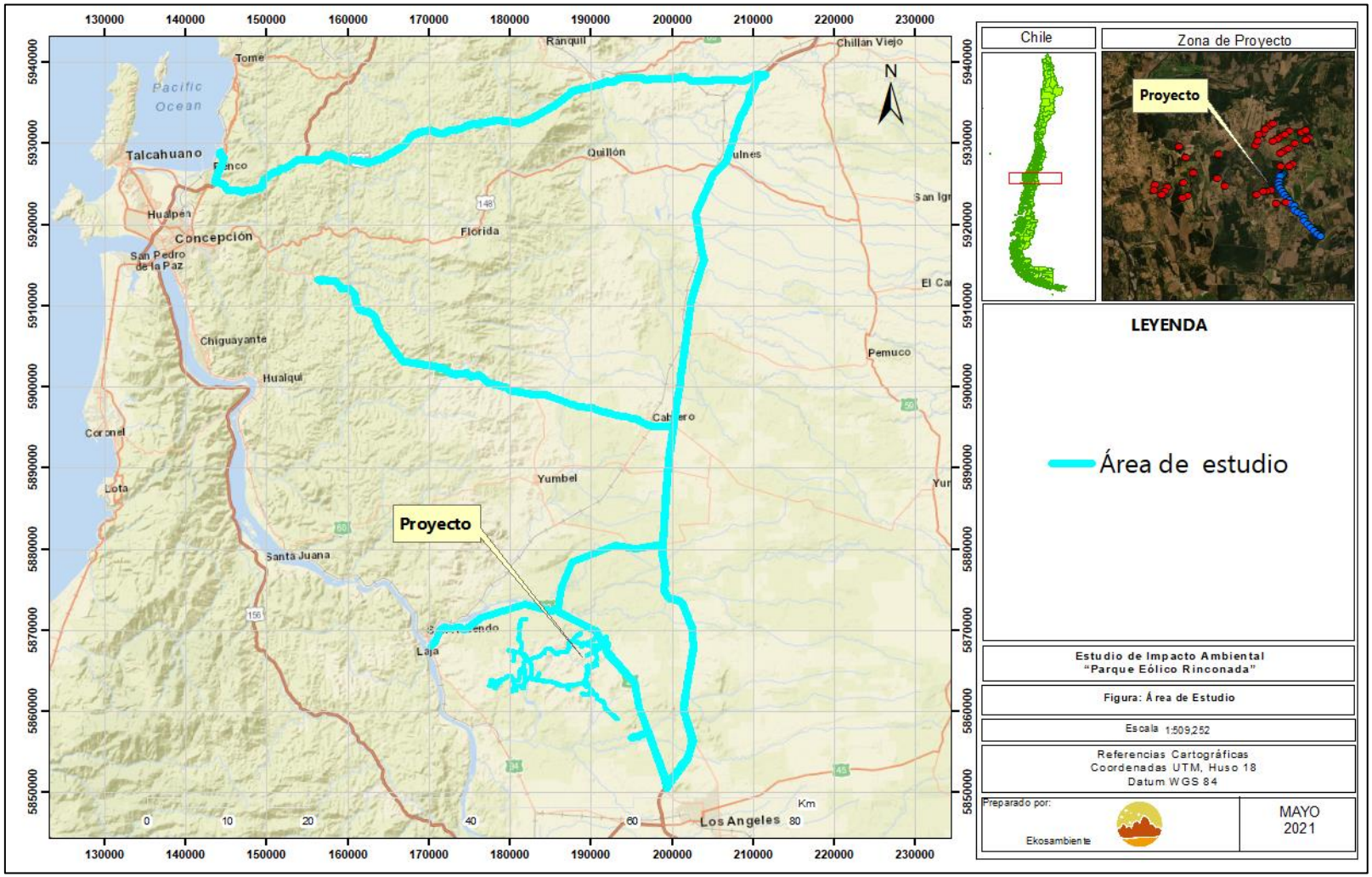
Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directas	Tránsito de vehículos en caminos no pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados dentro del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos y maquinarias dentro del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SOx
	Carga y descarga de material	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Erosión pila de acopio de material que se genere de actividades de desmantelamiento	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Uso de grupos electrógenos	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, NO_X y SOx
Indirectas	Tránsito de vehículos en caminos pavimentados fuera del recinto	MP_{10} y $MP_{2,5}$
	Combustión interna de motores de vehículos fuera del recinto	MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, HC, NO_X y SO_x

Fuente: Elaboración propia.

D. RESULTADOS

D.1. Área de estudio

En la siguiente figura se presenta el área de estudio, considerada para estimación de emisiones atmosféricas para el Proyecto Parque Eólico Rinconada.



Fuente: elaboración propia

Figura 2. Área de estudio Proyecto Parque Eólico Rinconada.

D.2. Emisiones Parque Eólico

D.2.1. Emisiones Fase de Construcción

D.2.1.1. Emisiones directas en fase de construcción

Las emisiones atmosféricas directas en la Fase de Construcción del Parque Eólico, son aquellas que tienen lugar dentro del área del Proyecto y que principalmente provienen del movimiento de tierra, uso de maquinaria fuera de ruta (son aquellas actividades generadas por las maquinarias de acuerdo a las Guías de Estimación de Emisiones de la SEREMI de Medioambiente) y la circulación de vehículos por caminos internos no pavimentados.

A continuación, se presentan las emisiones estimadas de las distintas actividades que se desarrollarán en los años de construcción.

- **Escarpe**

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de material particulado, producto de la preparación de terrenos y retiro de cobertura vegetal, fue extraído de la Tabla 5 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015 y es el siguiente:

$$\boldsymbol{FE\ MP\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 5,70}$$

Cabe destacar, que este factor corresponde a uno estimado para partículas totales en suspensión, sin embargo, para efectos del cálculo se supondrá que este valor es igual a la emisión de MP_{10} generada por el escarpe. Este supuesto, sobreestima las emisiones y por tanto supone un peor escenario de evaluación.
El nivel de actividad queda determinado según la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Na = A \times d}$$

Donde,
A, es el área a escarpar, expresado en hectáreas.
d, es la distancia que recorre la maquinaria para escarpar, expresado en km/ha.

Según la "Guía para Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana", publicada en 2012 por el Ministerio del Medio Ambiente, este valor correspondería a 3,57 km/ha.
Toda la actividad de escarpe se realizará durante el primer año de construcción, de este modo se considera un peor escenario.

En consecuencia, de lo anterior, en la **Tabla 11** se presentan las áreas de escarpe y la tasa de emisión generada.

Tabla 11. Nivel de actividad y emisiones generadas por el escarpe, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Actividades constructivas	Superficie de escarpe (ha)	Nivel de actividad (km/año)	Emisión MP_{10} (kg/año)
1	Construcción de IF1 e IF2	10,660	339,12	**1.933,00**
	Habilitación de caminos	54,519		
	Obras civiles plataformas & fundaciones	29,813		
2	-[4]	0	0,00	**0,00**

Fuente: Elaboración propia.

- **Excavaciones**

Para efectos de estimar las emisiones de material particulado producto de las excavaciones, se utilizó las ecuaciones que se presentan a continuación, con el fin de obtener el factor de emisión, de acuerdo a la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, en la cual se define el factor de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$ correspondiente al movimiento de tierra.

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\ \left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{h}}\right) = \mathbf{0,45}\ \times \mathbf{0,75}\ \times \frac{\boldsymbol{s^{1,5}}}{\boldsymbol{M^{1,4}}} = \mathbf{0,609}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5}\ \left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{h}}\right) = \mathbf{2,6}\ \times \mathbf{0,105}\ \times \frac{\boldsymbol{s^{1,2}}}{\boldsymbol{M^{1,3}}} = \mathbf{0,312}$$

Donde,

s, es el porcentaje de finos del suelo. En este caso se usó el valor por defecto recomendado de 8,5 %.

M, es el porcentaje de humedad del material. Se usó el valor de 6,5%

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado por la cantidad de volumen a extraer, relacionado con el rendimiento de la retroexcavadora correspondiente a 71 m^3/h. Cabe destacar que a modo de considerar un escenario conservador se baraja estimar las emisiones producto de esta actividad solo en el año 1, sin

[4] No se consideran actividades constructivas con respecto a escarpe para el año 2 y 3, porque ésta es la primera actividad a realizar para instalación de faenas y obras civiles, por lo tanto, son considerados en el primer año de construcción.

embargo, lo que ocurrirá en la realidad es que esta actividad se irá desarrollando por etapas a medida transcurre la fase de construcción.

En la **Tabla 12**, se muestra el volumen de material a excavar, el nivel de actividad y las emisiones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ generadas por esta actividad.

Tabla 12. Nivel de actividad y emisiones generadas por la excavación, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Actividades constructivas	Volumen de material a excavar (m³)	Nivel de actividad (h/año)	Emisión (kg/año)	
				MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	Habilitación de caminos	46.021,61	1.927,63	**1.173,14**	**602,15**
	Obra civil plataformas & fundaciones	81.660,44			
	Construcción subestación eléctrica	691,17			
	Redes de interconexión	8.488,80			
2	Habilitación de caminos	25.102,69	1.691,01	**1.029,13**	**528,23**
	Obra civil plataformas & fundaciones	81.660,44			
	Construcción subestación eléctrica	565,51			
	Redes de interconexión	12.733,20			

Fuente: Elaboración propia.

- **Transferencia de material**

Para estimar el factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental de 2015, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$, utilizados para la transferencia de material, siguen la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,35\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 9,84\ \times\ 10^{-5}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,053\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 1,49\ \times\ 10^{-5}}$$

Donde,
U, es la velocidad del viento, equivalente a 2,05 m/s calculada como la velocidad promedio anual (2019) obtenido de Estación Human, propiedad de INIA – AGROMET.
M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó 6,5%.

Se estimaron las emisiones provocadas por la carga y descarga de material.

En la **Tabla 13**, se presentan las cantidades a cargar durante la duración de esta Fase. Cabe señalar que dentro de estos materiales se encuentran las excavaciones las cuales son cargadas y posteriormente descargada, puesto que mayoritariamente serán utilizadas en el mismo sector

Tabla 13. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto

Actividades constructivas	Material	Año 1 (t)	Año 2 (t)
Construcción de IF1 e IF2	Escarpe	19.188,00	0,00
	Residuos domiciliarios	149,76	149,76
	Lona de embalaje	5,50	5,50
	Escombros	71,50	71,50
	Restos de cables	83,50	83,50
	Fierro embalaje	227,00	227,00
Habilitación de caminos	Corte en cerro	82.838,89	45.184,85
	Escarpe	63.498,65	34.635,63
Obra civil plataforma & fundaciones	Escarpe	26.831,67	26.831,67
Redes de interconexión	Excavación	15.279,84	22.919,76

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la **Tabla 14** se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la carga de material.

Tabla 14. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (t/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	208.174,31	20,48	3,10
2	130.109,16	12,80	1,94

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 15**, se presentan las cantidades a descargar durante la duración de la Fase de construcción.

Tabla 15. Transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto

Actividades constructivas	Material	Cantidad Año 1 (t)	Cantidad Año 2 (t)
Construcción de IF1 e IF2	Base compactada (grava)	34.112,00	0,00
	Base compactada suelo seleccionado	27.183,00	0,00
Habilitación de caminos	Terraplén	74.964,13	40.889,53
	Base compactada (grava)	98.775,67	53.877,64
	Base compactada suelo seleccionado	78.711,86	42.933,74
Obra civil plataforma & fundaciones	Base compactada (grava)	42.167,52	42.167,52
	Base compactada suelo seleccionado	33.602,24	33.602,24
	Hormigón	101.908,73	101.908,73
	Pilas grava	5.529,20	5.529,20
Redes de interconexión	Cama de arena	14.430,96	21.646,44
Montaje AG	Excavaciones no excedentes[5]	0	13.941,75

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, de acuerdo a los valores que se presentan en la tabla anterior, a continuación, en la **Tabla 16** se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la descarga de material.

Tabla 16. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (ton/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	511.385,32	50,32	7,62
2	356.496,79	35,08	5,31

Fuente: Elaboración propia.

- **Erosión de pilas de acopio**

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de erosión de pilas de acopio, producto del almacenamiento de agregados (arena), fue extraído de la Tabla 7 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización

[5] Hace mención a material reutilizado en la misma obra, el cual por tanto es cargado y descargado dentro del área de emplazamiento del proyecto.

de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015, el cual es el siguiente:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \mathbf{0,95}\ \times \frac{\boldsymbol{s}}{\mathbf{1,5}} \times \frac{\boldsymbol{f}}{\mathbf{15}} = \mathbf{8,14}\ \times\ \mathbf{10^{-3}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \mathbf{0,95}\ \times \frac{\boldsymbol{s}}{\mathbf{1,5}} \times \frac{\boldsymbol{f}}{\mathbf{15}} = \mathbf{1,20}\ \times\ \mathbf{10^{-3}}$$

Donde,

s, es el porcentaje contenido de material fino (menor a 75 µm) del material acopiado. En este caso se usó el valor por defecto 8,5%.

f, es el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,36 m/s a la altura media de la pila. Los cuales corresponden a 2,27%, en base a los datos disponibles y recopilados de la Estación Human para el año 2019. Estación utilizada, puesto que corresponde a la estación más cercana que cuenta con estos datos disponibles

Cuando las precipitaciones son iguales o mayores a 0,254 mm el factor de emisión, tanto para material particulado grueso como fino, quedo definido como:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \mathbf{0}$$

Por ende, para la emisión por erosión, serán descontados los días con estas condiciones, los cuales corresponden a 74 días, referidos al año 2019 de la estación Human, de propiedad de INIA-AGROMET, y extrapolados de manera igualitaria para los años 1 y 2, en relación al año 3 dado que se ejecutarán solo 11 meses estos corresponderían a 67 días.

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado por el área (17.850 m^2) diaria que, en este caso en virtud de la duración de esta fase del proyecto, correspondería a 520 días-ha, para cada año 1. Como se asume que el acopio será el tiempo mencionado, descontando los días de precipitaciones mayores a 0,254 mm (p), el valor del nivel de actividad queda referido a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Na}\left(\frac{\boldsymbol{ha\ día}}{\boldsymbol{año}}\right) = \frac{\boldsymbol{ha} \times (\boldsymbol{t} - \boldsymbol{p})}{\boldsymbol{tiempo\ a\ utilizar}\ (\mathbf{1}\ \boldsymbol{año})}$$

En la siguiente Tabla se muestran los valores anuales de emisiones producto del acopio de material dentro del área del Proyecto.

Tabla 17. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Área de acopio (ha)	Días/año	Días con Precipitación mayor a 0,254 mm	Nivel de actividad (ha-día/año)	Emisión (kg/año)	
					MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	1,785	365	74	520	4,23	0,62
2	1,785	365	74	520	4,23	0,62

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto**

La estimación del factor de emisión del MP_{10} y $MP_{2,5}$ para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4.7 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 7,12 \times 10^{-1}$$

$$FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 7,12 \times 10^{-2}$$

Donde:
s, es el porcentaje de finos del suelo, en este caso se usó 8,5%, valor por defecto.
W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (t).

La **Tabla 18** muestra el peso promedio de la flota que transitará durante toda la Fase de Construcción. En este caso corresponde únicamente a la flota del Proyecto que transitará en zonas no pavimentadas, calculado como el peso ponderado entre los pesos con y sin carga de cada tipo de vehículo relacionado con el número de viajes, tal como se presenta a continuación. Es importante señalar, que a modo de ser más prolijos con la entrega de información y estimar las emisiones de manera más certera, para el cálculo del peso promedio de la flota, fueron incorporados los viajes que se estiman para la construcción de la línea de transmisión eléctrica (dado que se utilizarán las mismas rutas).
Para el cálculo del nivel de actividad (emisiones asociadas), estos viajes se presentan en el acápite que desglosa las emisiones correspondientes a la línea de transmisión.

Tabla 18. Peso ponderado de la flota en vías no pavimentadas

Vehículo	Peso flota		
	Peso promedio (t)	Número de viajes	Peso Ponderado (t)
Tolva	25,5	15.445	9,617
Rampla	23,5	4	0,298
Mixer	25	8.493	5,184
Sobre dimensionado	22,45	593	0,325
Cama baja	22,75	30	0,017
Aljibe	22	1.662	0,893
Semi remolque	34,5	128	0,108
Rampla	23,5	516	0,348
Pluma	21,5	18	0,009
Ambulancia	4,0	506	0,049
Camioneta	3,46	11.638	0,983
Bus	34,5	1.738	1,464
Peso Ponderado (Total)			**19,030**

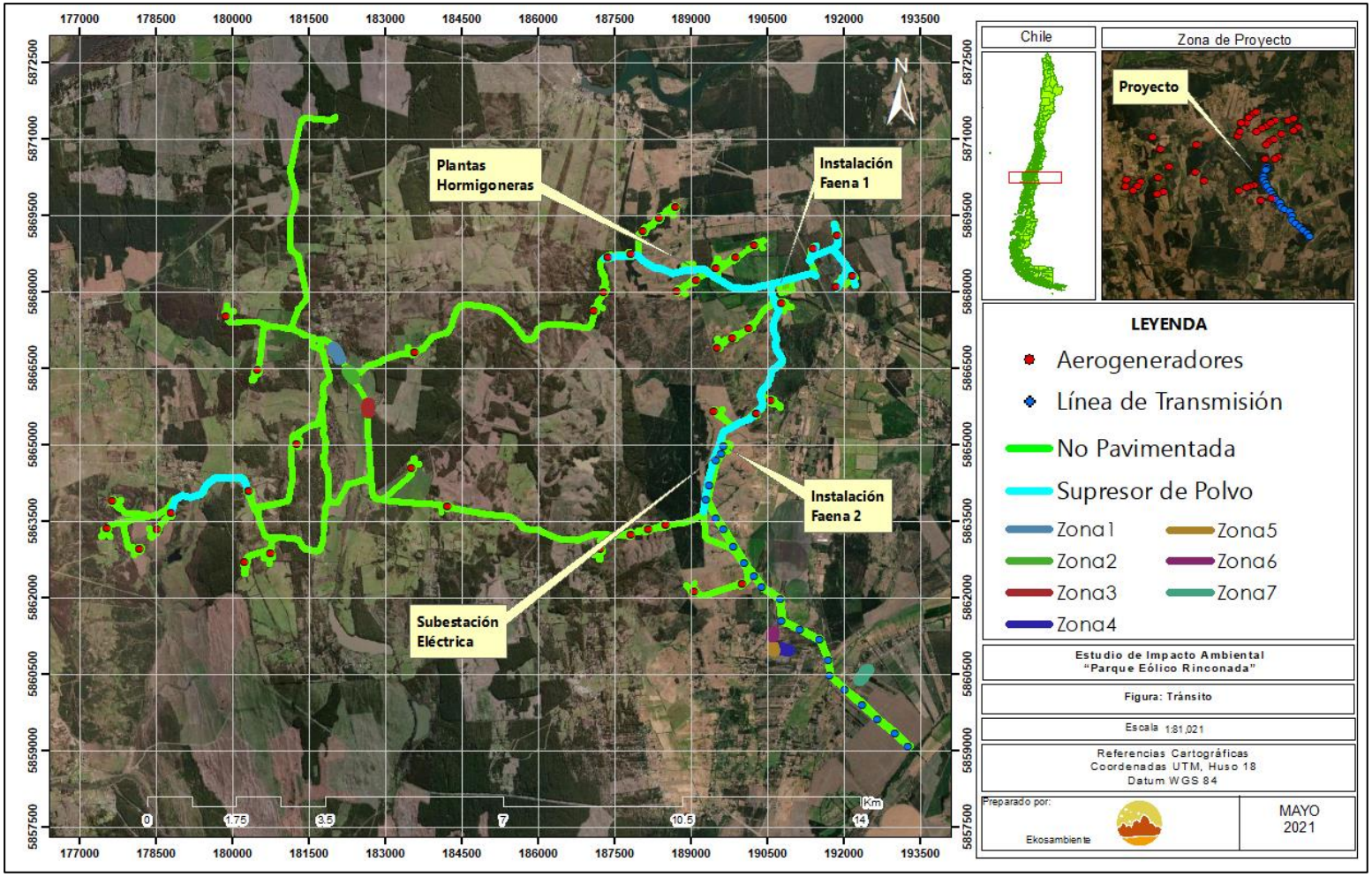
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

$$Fe_{lluvia} = FE \times (1 - \frac{P}{365})$$

Donde **P** corresponde a la precipitación que para este caso es de 74 días.

Además, se consideraron rutas a las cuales se les aplicará un supresor de polvo para abatir las emisiones en un 93%, los tramos de aplicación se presentan en la **Figura 3**. Cabe destacar que tanto el factor de abatimiento por lluvia y uso de supresor de polvo se consideraron al momento de calcular las emisiones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Rutas Internas Fase Construcción Parque Eólico.

A fin de determinar el nivel de actividad del tránsito en vías no pavimentadas se trazaron todas las rutas consideradas dentro del Proyecto. Tal como se presentó en la **Figura 3**. Para dichas rutas, se realizó un cálculo promedio a modo de estimar de la manera más certera las emisiones producidas por esta actividad, en la **Tabla 19**, se presentan los tramos en conjunto a sus distancias en kilómetros a recorrer, las cuales se clasifican además acorde al tipo de ruta a utilizar (pavimentada, no pavimentada, con uso de supresor de polvo).

Tabla 19. Distancias a recorrer en kilómetros en Fase de Construcción, Parque Eólico

Aerogenerador (AE)	Desde Instalación de Faenas (IF)			Desde Planta de Hormigón (PH)		
	Ruta NP[6]	Ruta SUP[7]	Ruta PAV[8]	Ruta NP	Ruta SUP	Ruta PAV
1	7,501	3,568	2,636	7,501	1,009	2,636
2	8,279	3,568	1,917	8,279	1,009	1,917
3	5,936	3,568		5,936	1,009	
4	9,585	3,568	0,848	9,585	1,009	0,848
5	12,619	7,328	-	12,619	9,050	-
6	12,845	7,328	-	12,845	9,050	-
7	13,026	7,328	-	13,026	9,050	-
8	11,780	7,597	-	11,78	9,050	-
9	11,155	7,597	-	11,155	9,050	-
10	11,155	5,508	-	11,155	6,961	-
11	11,043	5,508	-	11,043	6,961	-
12	10,544	5,508	-	10,544	6,961	-
13	7,645	5,508	-	7,645	6,961	-
14	5,469	5,508	-	5,469	6,961	-
15	1,130	3,568	-	1,13	1,009	-
16	0,732	3,568	-	0,732	1,009	-
17	-	3,568	-	-	1,009	-
18	-	3,568	-	-	1,009	-
19	0,739	2,884	-	0,739	1,174	-
20	0,969	2,884	-	0,969	1,174	-
21	1,345	2,884	-	1,345	1,174	-
22	0,734	1,370	-	0,734	0,327	-
23	0,465	1,370	-	0,465	0,327	-

[6] NP= No pavimentado
[7] SUP= Supresor de polvo
[8] PAV= Pavimentado
AE=Aerogenerador
IF= Instalación de Faenas
PH= Planta Hormigonera

Aerogenerador (AE)	Desde Instalación de Faenas (IF)			Desde Planta de Hormigón (PH)		
	Ruta NP[6]	Ruta SUP[7]	Ruta PAV[8]	Ruta NP	Ruta SUP	Ruta PAV
24	0,410	1,140	-	0,41	0,555	-
25	0,627	1,140	-	0,627	0,555	-
26	1,238	1,140	-	1,238	0,555	-
27	-	0,927	0,180	-	2,869	0,180
28	-	1,193	0,180	-	3,149	0,180
29	-	1,968	0,180	-	3,913	0,180
30	-	2,035	0,180	-	3,980	0,180
31	0,380	0,617	-	0,380	2,043	-
32	0,762	0,617	-	0,762	2,043	-
33	1,136	0,617	-	1,136	2,043	-
34	1,450	0,617	-	1,450	2,043	-
35	0,504	2,615	-	0,504	4,041	-
36	-	3,309	-	-	4,735	-
37	0,529	3,642	-	0,529	5,068	-
38	0,998	5,508	-	0,998	6,961	-
39	1,354	5,508	-	1,354	6,961	-
40	1,714	5,508	-	1,714	6,961	-
41	2,499	5,508	-	2,499	6,961	-
42	2,077	5,508	-	2,077	6,961	-
43	3,074	5,508	-	3,074	6,961	-

Fuente: Elaboración propia.

A las rutas antes mencionada (**ver Tabla 19**) y tal como se verifica en la **Figura 3,** se agregan unos trazados a los cuales se les aplicarán supresor de polvo (ver **carta 10. Cruces-Accesos-Atraviesos-Rutas de transporte y aplicación de medida**), los que se encuentran emplazados cercanos a las comunidades que allí habitan. Cabe mencionar que estas rutas, solo tendrán un uso esporádico, mayores antecedentes se presentan en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Zonas con aplicación de supresor de polvo

Zona	Camino	Longitud (m)
Zona 1	Q-250	237
Zona 2	Q-250	197
Zona 3	Q-250	170
Zona 4	Vecinal	139
Zona 5	Vecinal	67
Zona 6	Vecinal	104
Zona 7	Vecinal	241

En base a lo presentado en la tabla precedente, se calcularon las distancias promedio que se utilizarán en la estimación, las que se presentan a continuación:

Tabla 21. Distancias promedio a recorrer Fase de Construcción, Parque Eólico

Ruta	Desde Instalación de Faena (km)			Desde Planta de hormigón (km)		
	Ruta NP[9]	Ruta SUP[10]	Ruta PAV[11]	Ruta NP	Ruta SUP	Ruta PAV
Ida	4,540	3,704	0,874	4,540	3,992	0,874
Vuelta	4,540	3,704	0,874	4,540	3,992	0,874
Total	**9,080**	**7,408**	**1,749**	**9,080**	**7,984**	**1,749**

Fuente: Elaboración propia.

A dichas rutas, se le suman 2 tramos de rutas no pavimentadas que utilizarán supresor de polvo correspondientes al ingreso hacia la instalación de faena 1, cuya distancia ida y vuelta es de 1,228 km; y la distancia a recorrer entre la instalación de faena 1 e instalación de faena 2 con 8,192 km totales.

A modo de resumen en la **Tabla 22** presenta todas las distancias que se utilizarán al momento de calcular las emisiones.

Tabla 22. Distancias internas en kilómetros a utilizar acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de Construcción, Parque Eólico

Tramo	Hasta IF1	Desde Instalación de Faena 1 a Aerogeneradores	Desde Planta Hormigón hacia AG[12]	Desde Instalación de Faena 1 a 2
No pavimentado	0,000	9,080	9,080	0,000
Pavimentado	0,000	1,749	1,749	0,000
Con supresor	1,228	7,408	7,984	8,192

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante los años de construcción. Estos, a su vez, estarán

[9] NP= No pavimentado
[10] SUP= Supresor de polvo
[11] PAV= Pavimento
[12] AG=Aerogeneradores

determinados por la cantidad de materiales a transportar, la capacidad de los camiones o vehículos que realizarán la acción (ver **Tabla 4**) y la información entregada por el titular.

En la **Tabla 23**, se muestran los números de viajes a realizar dentro del área del Proyecto, según los distintos destinos para cada año en la Fase de Construcción, que contempla viajes por rutas pavimentadas, no pavimentadas y con supresor de polvo.

Tabla 23. Números de viajes a realizar durante la Fase de Construcción para vehículos pesados

Tipo de viajes	Año 1	Año 2
Hormigón	11,600	3,750
Traslado de maquinaria	64	68
Hormigón	8,418	0
Combustible	123	100
Puerto	457	102
Baños químicos	27	9
Agua industrial	342	386
Agua potable	56	71
Residuos	45	50
Ambulancia	242	264
Personal camioneta	4529	3967
Personal bus	707	563

Fuente: Elaboración propia.

Es así, como en base a la **Tabla 23** y de acuerdo al tipo de ruta a utilizar, se estimó el número de viajes por caminos no pavimentados y no pavimentados con uso de supresor de polvo para ambos años que durará la Fase de Construcción. Esto se presenta a continuación en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Número de viajes acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de Construcción, Parque Eólico

Año	Tramo	Hasta IF1	Desde IF1 a aerogeneradores	Desde planta de hormigón	Desde IF1 A IF2
1	No pavimentado	0	7.235	5.051	0
	Con supresor	18.192	12.057	8.418	45
2	No pavimentado	0	2.312	0	0
	Con supresor	9.330	3.852	0	50

Fuente: Elaboración propia.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto y las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto. En la **Tabla 25** y **Tabla 26**, se muestra el nivel de actividad y las tasas de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para tránsito en vías no pavimentadas y tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo respectivamente.

Tabla 25. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	111.562,34	63.105,95	6.310,60
2	20.993,99	11.875,38	1.187,54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	179.241,87	7.097,25	709,73
2	40.403,71	1.599,82	159,98

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, en la **Tabla 27**, se presenta la tasa de emisión producidos por el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas.

Tabla 27. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Emisión (kg/año)	
	MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	70.203,20	7.020,32
2	13.475,21	1.347,52

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas dentro del área del proyecto**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,62}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 4,00 \times 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,15}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 9,67 \times 10^{-5}}$$

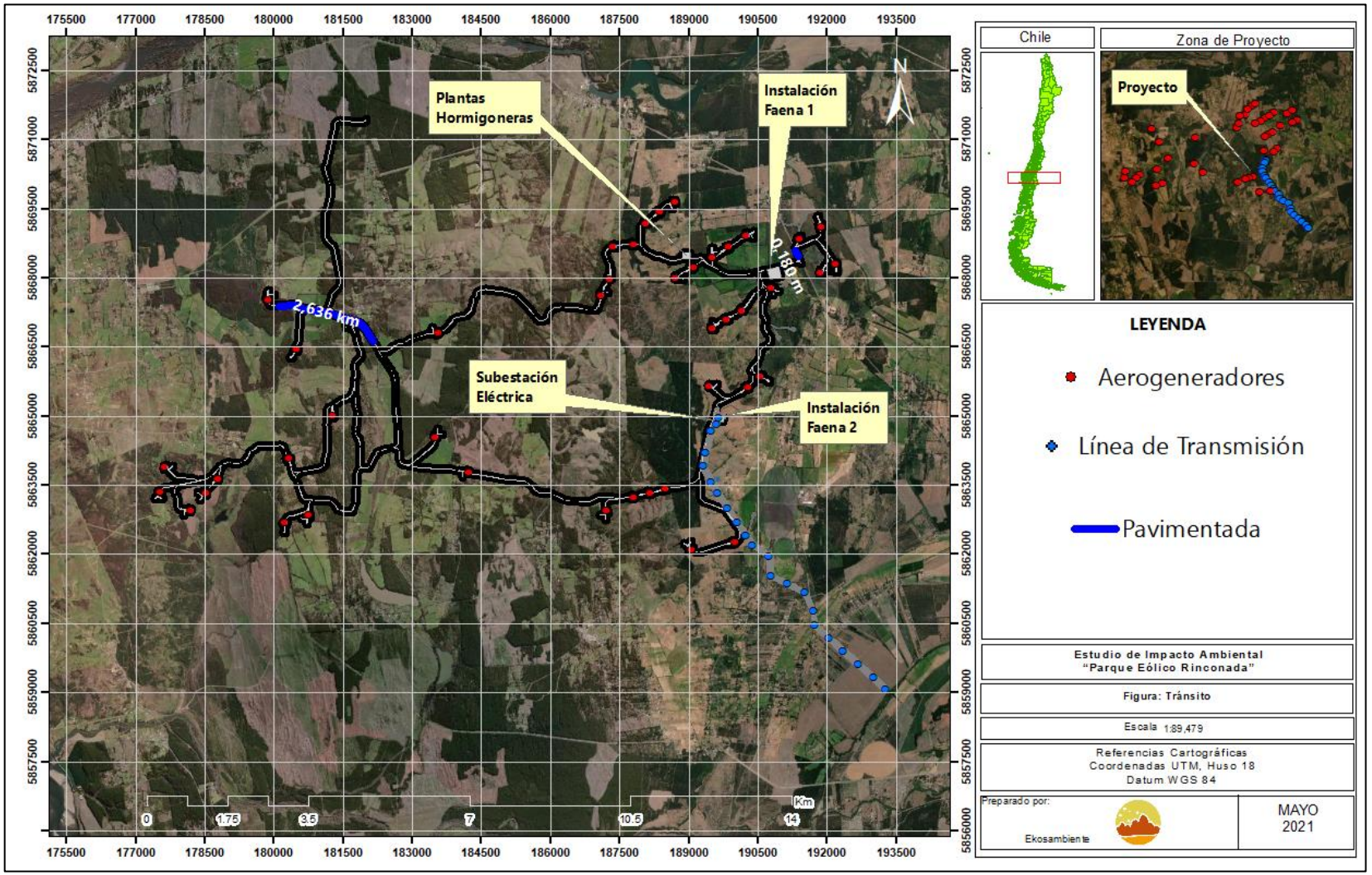
Donde:

sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 t.

Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año.

A continuación, se presentan las distancias a recorrer para cada destino, (ver **Figura 4**), las cuales fueron caracterizadas en la **Tabla 22.**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Rutas Pavimentadas Fase de Construcción, Parque Eólico

En relación al número de viajes a realizar por año en estos tramos, este se presenta en la **Tabla 28**:

Tabla 28. Número de viajes en rutas pavimentadas en Fase de Construcción, Parque Eólico

Año	Desde Instalación de Faena 1 a aerogeneradores	Desde planta de hormigón
1	1.408	983
2	450	0

Fuente: Elaboración propia.

Es así, como a partir de lo anterior, en la **Tabla 29,** se expone el número de viajes a realizar por año, y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 29. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	**$MP_{2,5}$**
1	4.181,52	1,59	0,38
2	786,99	0,30	0,07

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de maquinaria fuera de ruta**

La estimación de las emisiones generadas por la combustión de maquinarias se realizó en base a las expresiones para el cálculo de factores de emisión recomendados en la Tablas 4.9 y 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente, según la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{FE}\left(\frac{\boldsymbol{g}}{\boldsymbol{día}}\right) = \boldsymbol{FP} \times \boldsymbol{t} \times \boldsymbol{C} \times \boldsymbol{P}$$

Donde:

FP, es una constante dependiente del contaminante y de la potencia de la maquinaria (ver Tabla 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente), expresado en g/kW-h.

t, es el tiempo de trabajo en horas. Para todas las maquinarias utilizadas se consideró 6 – 10 horas al día aproximada (jornada laboral ordinaria).
C, es el porcentaje de carga. Para efectos del cálculo, se consideró que para todas las maquinarias el porcentaje de carga corresponderá a 100%.
P, es la potencia nominal de la maquinaria, expresada en kW.

Esta fórmula general se empleó para el cálculo de todas las maquinarias, en donde la variable distintiva es la potencia nominal de cada una. A continuación, se presentan los niveles de actividad y las emisiones de cada una de las maquinarias utilizadas en la construcción del Proyecto.

Retroexcavadora
Las retroexcavadoras que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 67 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de la retroexcavadora, los que se ven en la **Tabla 30**.

Tabla 30. Factor de emisión retroexcavadora

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de emisión (kg/día)
MP_{10}	1,51	1,012
$MP_{2,5}$	1,42	0,951
CO	5,06	3,390
NOx	14,36	9,621
HC	2,33	1,561

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 31,** es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y que corresponden a los volúmenes de excavaciones que se pretenden realizar para cada año en relación con el rendimiento de esta maquinaria y que correspondería a 71 m^3/h, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Volumen\ a\ excavar\ (m^3)}{Rendimiento\ maquinaria\ (71\frac{m^3}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día\ (10\frac{h}{día})$$

Tabla 31. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la retroexcavadora, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	193	195,26	183,54	654,31	1.856,89	301,29
2	170	171,99	161,67	576,33	1.635,60	265,39

Fuente: Elaboración propia.

Bomba Hormigonera

Las bombas hormigoneras que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 61 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de la excavadora, los que se ven en la **Tabla 32.**

Tabla 32. Factor de emisión bombas hormigoneras

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,51	0,921
$MP_{2,5}$	1,42	0,866
CO	5,06	3,087
NOx	14,36	8,760
HC	2,33	1,421

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 33,** es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y que corresponde a la cantidad de hormigón a utilizar en relación al rendimiento de esta maquinaria ($31 m^3/h$), de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Volumen\ de\ hormigón\ (m^3)}{Rendimiento\ maquinaria\ (31\frac{m^3}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 33. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de bomba hormigonera, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	110	101,32	95,24	339,53	963,56	156,34
2	110	101,32	95,24	339,53	963,56	156,34

Fuente: Elaboración propia.

Bulldozer

Los bulldozers que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 161 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión del bulldozer, los que se ven en la **Tabla 34**.

Tabla 34. Factor de emisión bulldozer

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	1,771
$MP_{2,5}$	1,03	1,665
CO	3,00	4,830
NOx	14,36	23,120
HC	1,35	2,174

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 35,** es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y que corresponde al material excavado que se reutilizará en relación al rendimiento de esta maquinaria (40 m^3/h), de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Volumen\ de\ material\ a\ utilizar(m^3)}{Rendimiento\ maquinaria\ (40\frac{m^3}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 35. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del bulldozer, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	602	1.066,14	1.002,17	2.907,66	13.918,00	1.308,45
2	391	692,46	650,91	1.888,53	9.039,76	849,84

Fuente: Elaboración propia.

Motoniveladora

Las motoniveladoras que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 93 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de la motoniveladora, los que se ven en la **Tabla 36**.

Tabla 36. Factor de emisión motoniveladora

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,23	1,14
$MP_{2,5}$	1,16	1,08
CO	3,76	3,50
NOx	14,36	13,35
HC	1,72	1,60

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 37**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y las cuales tienen estrecha relación con la habilitación de caminos y plataformas a realizar, de acuerdo al rendimiento que corresponde a 350 m^2/h.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Superficie\ (m^2)}{Rendimiento\ maquinaria\ (350\frac{m^2}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 37. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la motoniveladora, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	126	144,13	135,48	440,60	1.682,70	201,55
2	86	98,38	92,47	300,72	1.148,51	137,57

Fuente: Elaboración propia.

Rodillo Compactador

Los rodillos compactadores que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 10,4 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión del rodillo compactador, los que se ven en la **Tabla 38**.

Tabla 38. Factor de emisión rodillo compactador

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	2,22	0,231
$MP_{2,5}$	2,09	0,217
CO	8,38	0,872
NOx	14,36	1,493
HC	3,87	0,402

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 39**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular, las cuales tienen estrecha relación con la habilitación de caminos y plataformas a realizar, de acuerdo al rendimiento que corresponde a 1.800 m²/h.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Superficie\ (m^2)}{Rendimiento\ maquinaria\ (1.800\frac{m^2}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 39. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo compactador, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	74	17,09	16,06	64,49	110,51	29,78
2	51	11,77	11,07	44,45	76,17	20,53

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 80 metros

Las grúas de 80 metros que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 151 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la **Tabla 40**.

Tabla 40. Factor de emisión grúa montaje 80 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	0,997
$MP_{2,5}$	1,03	0,937
CO	3,00	2,718
NOx	14,36	13,010
HC	1,35	1,223

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 41**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular con un tiempo de operación aproximada de 6 horas al día.

Tabla 41. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 80 metros, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	258	257,12	241,70	701,24	3.356,62	315,56

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 125 metros

Las grúas de 125 metros que se utilizará en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 455 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas presentados en la **Tabla 42** y con 7 horas/día, de uso.

Tabla 42. Factor de emisión grúas montaje 125 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	3,504
$MP_{2,5}$	1,03	3,293
CO	3,00	9,555
NOx	14,36	45,737
HC	1,35	4,300

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 43**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 43. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	258	903,90	849,67	2.465,19	11.800,04	1.109,34

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto**

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III). En la **Tabla 44**, se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 44. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,30E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,23E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,039006642599818 9*V)))))	3,73E-02
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	8,74E-03
SO_2	2*[((199,101296810716+(496,037924788222*exp(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*exp(((-1)*0,573715458508514)*V)))]*(% S)	1,26E-04
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	5,28E-04

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del Proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la **Tabla 45**.

Tabla 45. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_x	HC
1	294.985,73	67,74	65,71	735,17	2.577,86	37,17	155,89
2	62.184,68	14,28	13,85	154,98	543,43	7,84	32,86

Fuente: Elaboración propia.

- **Generadores**

Las emisiones derivadas del uso de grupo electrógeno se contemplan como alternativa en caso de no existir suministro eléctrico. Los factores de emisión utilizados se obtuvieron de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de la SEREMI del Medio Ambiente específicamente la Tabla 4.11. Factores de emisión para grupos electrógenos.

En la **Tabla 46** se presentan los factores de emisión utilizados para los generadores presente en el Proyecto, de los cuales 1 poseen una potencia de 100 kVA y un rendimiento de 17,4 l/h; y 9 generadores contarían con una potencia de 50 kVA con un rendimiento de 13,1 l/h.

Tabla 46. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año)

MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
0,00282	0,00068	0,0173	0,0801	0,00425

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de actividad se utilizó las horas de trabajo anual que contempla el proyecto. En base a esto y la densidad del combustible (Diésel; 0,815 kg/l).

Las emisiones generadas producto de esta actividad son presentadas a continuación en la **Tabla 47**.

Tabla 47. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad kg-combustible/año	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
1	284.793,60	803,12	193,66	4.926,93	22.811,97	1.210,37
2	284.793,60	803,12	193,66	4.926,93	22.811,97	1.210,37

Fuente: Elaboración propia.

D.2.1.2. Emisiones indirectas en fase de construcción

Las emisiones indirectas en Fase de Construcción tienen lugar fuera del área del Proyecto y son generadas principalmente por el transporte.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42:

Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,62}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 4,00 \times\ 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,15}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} =\ 9,67\ \times\ 10^{-5}}$$

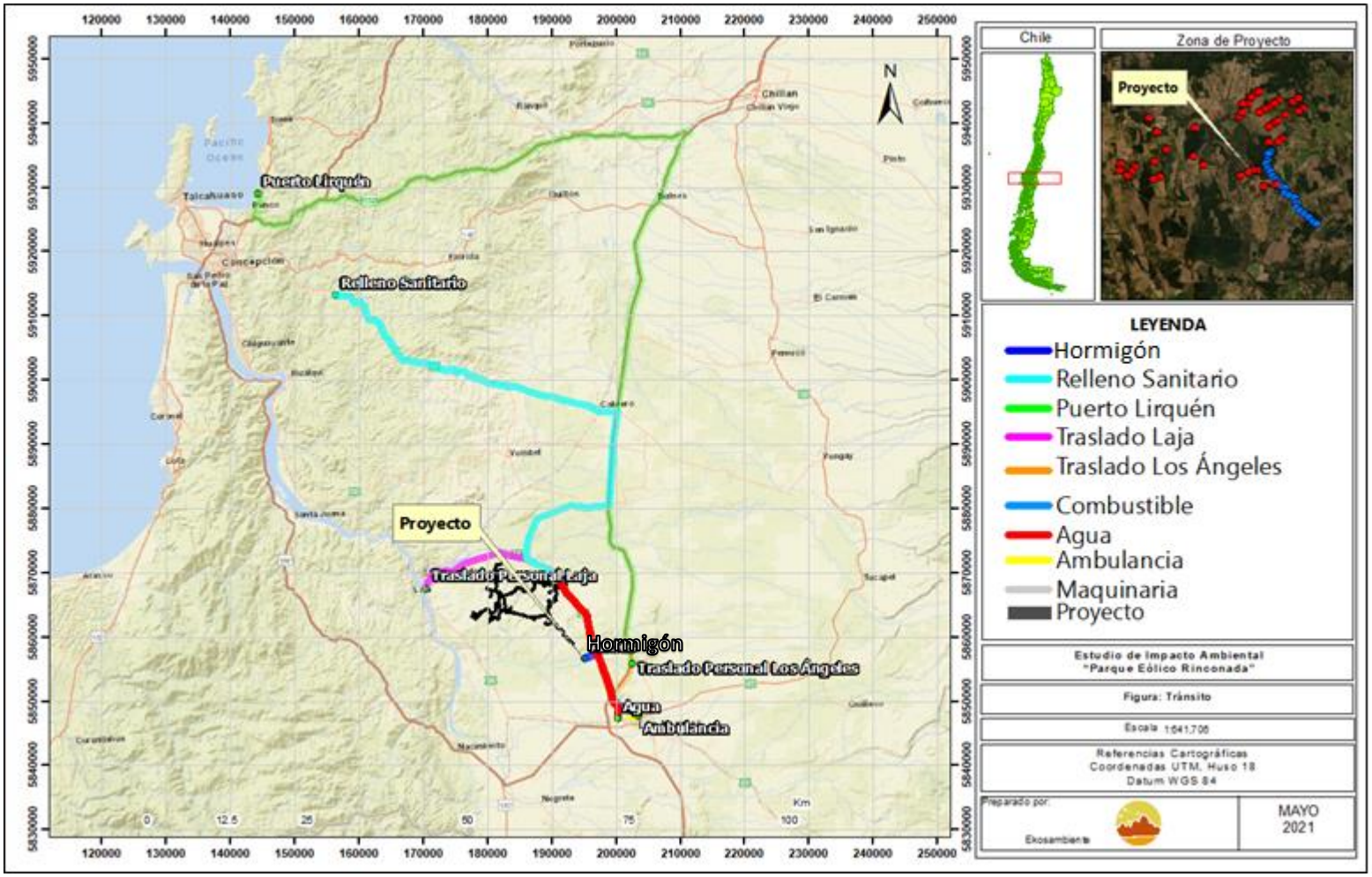
Donde:

sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 t.

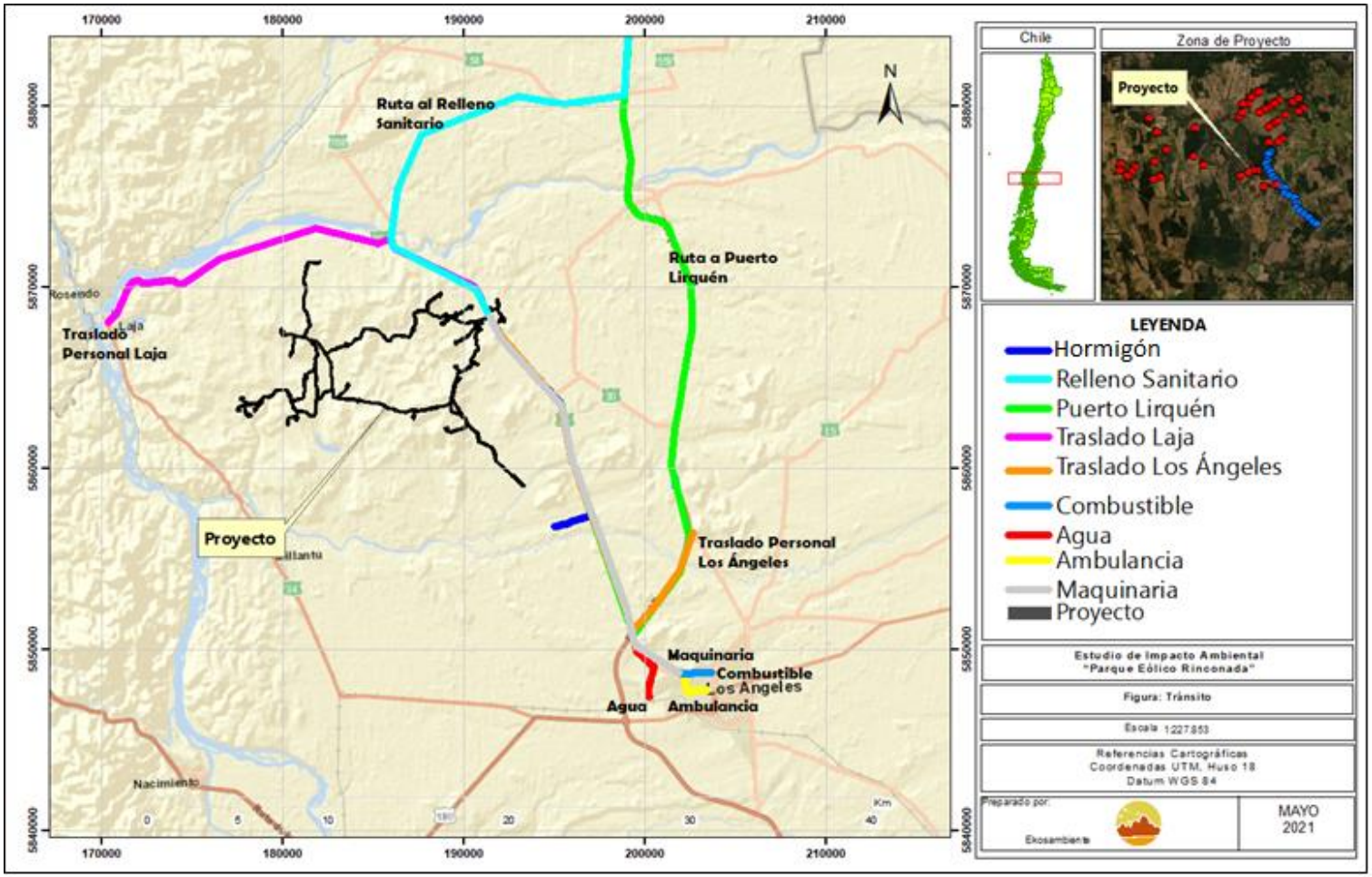
Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año. Lo que representa un 5,1% de remoción.

A continuación, se presentan las distancias a recorrer para cada destino, visibles en la **Figura 5**, y se caracterizan en la **Tabla 48.**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Rutas Externas Fase de Construcción Parque Eólico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Zoom Rutas Externas Fase de Construcción Parque Eólico

.

Tabla 48. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Construcción

Ruta	Distancia ida (km)	Distancia vuelta (km)	Distancia total (km)
Material Granulado	14,716	14,716	29,432
Traslado de maquinaria	23,771	22,990	46,761
Combustible	24,815	25,194	50,009
Puerto	191,511	190,451	381,962
Baños químicos	23,629	23,629	47,258
Agua industrial	23,629	23,629	47,258
Agua potable	23,629	23,629	47,258
Residuos	91,061	90,602	181,663
Ambulancia	25,470	25,936	51,406
Traslado Los Ángeles	27,109	27,109	54,218
Traslado Laja	25,177	25,177	50,354

Fuente: Elaboración propia.

Sumado lo anterior, y en base al número de viajes a realizar acorde a los destinos, tal como es presentado en la **Tabla 49**, se estimó el nivel de actividad para cada año en Fase de Construcción.

Tabla 49. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad

Año	Ruta	Número de viajes	Distancia total (km)	Nivel de actividad (km/año)
1	Material Granulado	11.600	341.411,2	839.580,9
	Traslado de maquinaria	64	2.992,7	
	Hormigón	8.418	0,0	
	Combustible	123	6.151,1	
	Puerto	457	174.556,6	
	Baños químicos	27	1.276,0	
	Agua industrial	342	16.162,2	
	Agua potable	56	2.646,4	
	Residuos	45	8.174,8	
	Ambulancia	242	12.440,3	
	Traslado Los Ángeles	2.618	141.942,7	
	Traslado Laja	2.618	131.826,8	
2	Hormigón	3.750	110.370,0	439.042,9
	Traslado de maquinaria	68	3.179,7	
	Hormigón	0	0,0	
	Combustible	100	5.000,9	

Año	Ruta	Número de viajes	Distancia total (km)	Nivel de actividad (km/año)
	Puerto	102	38.960,1	
	Baños químicos	9	425,3	
	Agua industrial	386	18.241,6	
	Agua potable	71	3.355,3	
	Residuos	50	9.083,2	
	Ambulancia	264	13.571,2	
	Traslado Los Ángeles	2.265	122.803,8	
	Traslado Laja	2.265	114.051,8	

Fuente: Elaboración propia.

Es así, como a partir de lo anterior, en la **Tabla 50**, se expone el número de viajes a realizar por año, y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 50. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	839.580,9	318,29	77,01
2	439.042,9	166,44	40,27

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto**

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del Proyecto, produce emisiones de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases de combustión (CO, HC, SO_2, NO_X). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios.

Los factores de emisión utilizados se extrajeron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III).

En la **Tabla 51,** se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron una velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) corresponde a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 51. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,54E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,49E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	1,68E-03
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	6,72E-03
HC	((0,1359385863218 94+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	1,26E-04

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior y el nivel de actividad, la que en este caso correspondería a la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del Proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la **Tabla 52**.

Tabla 52. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
1	839.580,9	129,31	125,43	1.412,24	5.640,78	105,79	279,06
2	439.042,9	67,62	65,59	738,50	2.949,74	55,32	145,93

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la **Tabla 53**, presenta un resumen de emisiones por año y actividades a realizar en la etapa de construcción del parque eólico.

D.2.1.3. Resumen de emisiones por año cronológico y actividad en Fase de Construcción

Tabla 53. Resumen emisiones Fase de Construcción Parque Eólico

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_x	HC
1	Directa	Escarpe	1.933,00	-	-	-	-	-
		Excavaciones	1.173,14	602,15	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	4,23	0,62	-	-	-	-
		Carguío de material	20,48	3,10	-	-	-	-
		Volteo de material	50,32	7,62	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	70.203,20	7.020,32	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados dentro del recinto	1,59	0,38	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	67,74	65,71	735,17	2.577,86	37,17	155,89
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	1.207,53	1.135,08	3.472,58	14.791,06	-	1.573,03
		Uso de generador	803,12	193,66	4.926,93	22.811,97	1.210,37	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	650,10	157,28	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto	129,31	125,43	1.412,24	5.640,78	105,79	279,06
2	Directa	Escarpe	-	-	-	-	-	-
		Excavaciones	1.029,13	528,23	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	4,23	0,62	-	-	-	-

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_x	HC
		Carguío de material	12,80	1,94	-	-	-	-
		Volteo de material	35,08	5,31	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	13.475,21	1.347,52	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados dentro del recinto	0,30	0,07	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	14,28	13,85	154,98	543,43	7,84	32,86
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	2.236,95	2.102,73	6.316,00	28.020,27	-	2.854,56
		Uso de generador	803,12	193,66	4.926,93	22.811,97	1.210,37	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	525,78	127,20	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	67,62	65,59	738,50	2.949,74	55,32	145,93

Fuente: Elaboración propia.

D.2.2. Emisiones Fase de Operación

D.2.2.1. Emisiones directas en fase de operación

- **Transferencia de material**

Para estimar el factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental de 2015, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$, utilizados para la transferencia de material, siguen la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,35\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 9,84\ \times\ 10^{-5}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,053\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 1,49\ \times\ 10^{-5}}$$

Donde,

U, es la velocidad del viento, equivalente a 2,05 m/s calculada como la velocidad promedio anual (2019) obtenido de Estación Human, propiedad de INIA – AGROMET.

M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó 6,5%.

Se estimaron las emisiones provocadas por la carga y descarga de material.

En la **Tabla 54**, se presentan las cantidades a cargar durante la duración la Fase de Operación, las cuales tienen directa relación con los residuos peligrosos y domiciliarios a generarse.

Tabla 54. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase Operación

Material	Año 3-32 (t)
Residuos Domiciliarios	0,312
Residuos Peligrosos	0,360

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la **Tabla 55**, se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la carga de material.

Tabla 55. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto

Año	Nivel de actividad (t/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
3-32	0,672	0,000066	0,000010

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto**

La estimación del factor de emisión del MP_{10} y $MP_{2,5}$ para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4.7 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 6,10 \times 10^{-1}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 6,10 \times 10^{-2}}$$

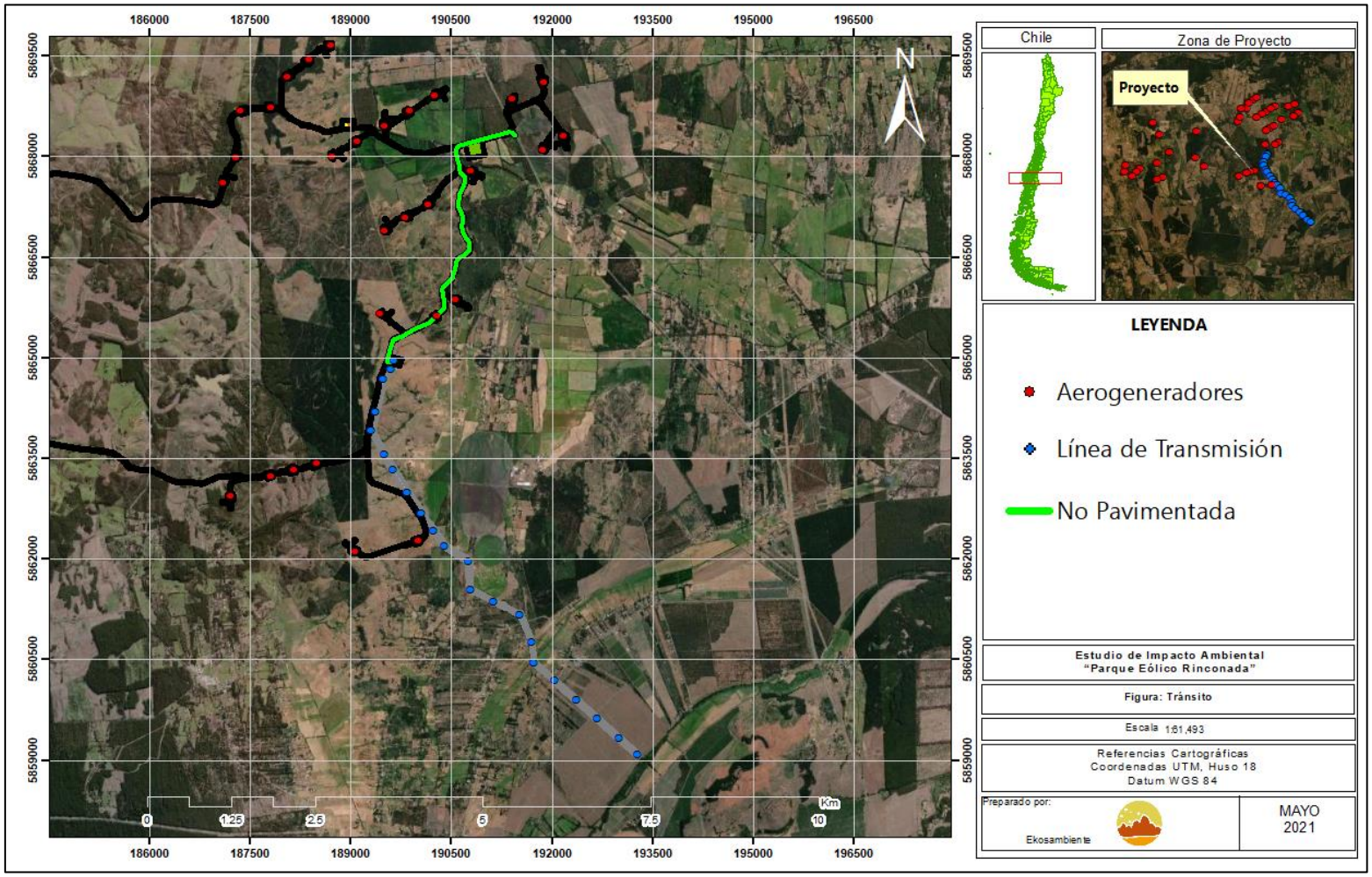
Donde:
s, es el porcentaje de finos del suelo, en este caso se usó 8,5, valor por defecto.
W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (t). Que, de acuerdo a lo presentado en el acápite, correspondería a 13,50 toneladas, dado exclusivamente por el uso de Camión recolector de basura.

De acuerdo a la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

$$\boldsymbol{Fe_{lluvia} = FE \times \left(1 - \frac{P}{365}\right)}$$

Donde **P** corresponde a la precipitación que para este caso es de 74 días. Cabe destacar que tanto el factor de abatimiento por lluvia se consideró al momento de calcular las emisiones.

A fin de determinar el nivel de actividad del tránsito en vías no pavimentadas se trazó una ruta hacia la subestación eléctrica. Tal como se presenta en la **Figura 7**, la cual contempla una magnitud de 9,764 km (ida más vuelta).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Ruta interna Fase de Operación

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante los años de operación. Estos, a su vez, estarán determinados por la cantidad de materiales a transportar, la capacidad de camión que realizarán la acción que para este caso corresponde al compactador y la información propiciada por el titular.

En la **Tabla 56**, se muestran los números de viajes a realizar dentro del área del Proyecto, según los distintos destinos para cada año en la Fase de Operación.

Tabla 56. Números de viajes a realizar durante la Fase de Operación para vehículos pesados

Destino	Año 3-32
Relleno Sanitario	54

Fuente: Elaboración propia.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto. En la **Tabla 57**, se muestra el número de viajes totales a realizar en cada año de construcción, las que determinan el nivel de actividad y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para cada año.

Tabla 57. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto en la Fase de Operación

Año	Viajes totales a realizar (año)	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
			MP_{10}	$MP_{2,5}$
3-32	54	527,26	255,55	25,55

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto**

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III). En la **Tabla 58**, se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 58. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,30E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+ (0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,23E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V))) +(0,0390066425998189*V)))))	3,73E-02
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	8,74E-03
SO_2	2*[((199,101296810716+(496,037924788222*exp(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*exp(((-1)*0,573715458508514)*V)))]*(% S)	1,26E-04
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	5,28E-04

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del Proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la **Tabla 59**.

Tabla 59. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase Operación

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
3-32	527,26	0,12	0,12	1,31	4,61	0,07	0,28

Fuente: Elaboración propia.

- **Generadores Eléctricos**

Las emisiones derivadas del uso de grupo electrógeno se contemplan como alternativa en caso de no existir suministro eléctrico. Los factores de emisión

utilizados se obtuvieron de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de la SEREMI del Medio Ambiente específicamente la Tabla 4.11. Factores de emisión para grupos electrógenos.

En la **Tabla 60**, se presentan los factores de emisión utilizados para los generadores presente en el Proyecto, específicamente la Línea de Transmisión, los cuales serán 3 y poseerán una potencia de 100 kVA con un rendimiento de 17,4 l/h.

Tabla 60. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año)

MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
0,00282	0,00068	0,0173	0,0801	0,00425

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de actividad se utilizó las horas de trabajo anual que contempla el proyecto. En base a esto y la densidad del combustible (Diésel; 0,815 kg/l).

Las emisiones generadas producto de esta actividad son presentadas en la **Tabla 61**.

Tabla 61. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase Operación

Año	Nivel de actividad kg-combustible/año	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
3-32	88.489,44	249,54	60,17	1530,87	7088,00	376,08

Fuente: Elaboración propia.

D.2.2.2. Emisiones indirectas en fase de operación

Las emisiones indirectas en Fase de Operación, que se producirán por la Línea de Transmisión tienen lugar fuera del área del Proyecto y son generadas por el transporte.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,62}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{4,00 \times 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,15}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{9,67 \times 10^{-5}}$$

Donde:

sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 ton.

Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año.

En la **Tabla 62** se presenta la distancia en vías pavimentadas fuera del área de proyecto en fase de operación.

Tabla 62. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Operación

Ruta	Distancia ida (km)	Distancia vuelta (km)	Distancia total (km)
Relleno Sanitario	91,061	90,602	181,663

Fuente: Elaboración propia.

Sumado lo anterior, y en base al número de viajes a realizar acorde a los destinos, tal como es presentado a continuación, se estimó el nivel de actividad para cada año en Fase de Operación producto de la línea de transmisión, lo que se puede apreciar en la **Tabla 63**.

Tabla 63. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad, Fase Operación

Año	Número de viajes	Distancia total (km)	Nivel de actividad (km/año)
3 - 32	54	181,663	9.809,80

Fuente: Elaboración propia.

Es así, como a partir de lo anterior, en la **Tabla 64**, se expone el nivel de actividad y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 64. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de Operación

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	**$MP_{2,5}$**
3-32	9.809,80	3,72	0,90

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto, Fase Operación**

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del Proyecto, produce emisiones de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases de combustión (CO, HC, SO_2, NO_X). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios.

Los factores de emisión utilizados se extrajeron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III).

En la **Tabla 65**, se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron una velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) corresponde a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 65. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,54E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,49E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	1,68E-03
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	6,72E-03
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	1,26E-04

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior y el nivel de actividad, la que en este caso correspondería a la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del Proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la **Tabla 66**.

Tabla 66. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de Operación.

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	**$MP_{2,5}$**	**CO**	**NOx**	**SO_2**	**HC**
3-32	9.809,80	1,51	1,47	16,50	65,91	1,24	3,26

Fuente: Elaboración propia.

D.2.2.3. Resumen de emisiones por año cronológico y actividad Fase de Operación

La tabla 67 presenta un resumen de las emisiones atmosféricas de la fase de operación del parque Eólico.

Tabla 67. Resumen emisiones Fase de Operación

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
3 - 32	Directa	Carguío de material	0,000066	0,000010	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	255,55	25,55	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	0,12	0,12	1,31	4,61	0,07	0,28
		Uso de generador	249,54	60,17	1530,87	7088,00	376,08	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	3,72	0,90	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	1,51	1,47	16,50	65,91	1,24	3,26

Fuente: Elaboración propia.

D.2.3. Emisiones Fase de Cierre

D.2.3.1. Emisiones directas en fase de Cierre

Las emisiones atmosféricas directas en la Fase de cierre de Parque Eólico, son aquellas que tienen lugar dentro del área del Proyecto y que principalmente provienen del uso de maquinaria fuera de ruta y la circulación de vehículos por caminos internos no pavimentados como resultado del desmantelamiento del Proyecto.

A continuación, se presentan las emisiones estimadas de las distintas actividades que se desarrollarán en los 18 meses que durará la Fase de cierre.

- **Transferencia de material**

Para estimar el factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental de 2015, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$, utilizados para la transferencia de material, siguen la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,35\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 9,84\ \times\ 10^{-5}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,053\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 1,49\ \times\ 10^{-5}}$$

Donde,

U, es la velocidad del viento, equivalente a 2,05 m/s calculada como la velocidad promedio anual (2019) obtenido de Estación Human, propiedad de INIA – AGROMET.

M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó 6,5%.

Se estimaron las emisiones provocadas exclusivamente por la carga de material, puesto que por las características de las obras a realizar en Fase de cierre no se producirán emisiones por descarga.

En la **Tabla 68**, se presentan las cantidades a cargar durante la duración de la Fase cierre, estos valores fueron obtenidos del **Capítulo 10. Normativa ambiental aplicable**, específicamente de los Permisos Ambientales Sectoriales 140 y 142, del Estudio de Impacto Ambiental.

Tabla 68. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Material	Año 33 (t)	Año 34 (t)
Residuos Peligrosos	5,28	2,64
Residuos domiciliarios	74,88	37,44
Aspas	1.272,67	636,33
Nacelles	3.184,67	1.592,334
Rotores	948,67	474,33
Escombro fundaciones	4.896,00	2.448,00
Ripio plataforma	9.173,33	4.586,67

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la **Tabla 69** se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la carga de material.

Tabla 69. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (t/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	19.555,5	1,92	0,29
34	9.777,75	0,96	0,15

Fuente: Elaboración propia.

- **Erosión de pilas de acopio**

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de erosión de pilas de acopio, producto del almacenamiento de agregados (arena), fue extraído de la Tabla 7 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015, el cual es el siguiente:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \mathbf{0,95} \times \frac{\boldsymbol{s}}{\mathbf{1,5}} \times \frac{\boldsymbol{f}}{\mathbf{15}} = \mathbf{8,14} \times \mathbf{10^{-3}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{ha\ día}\right) = 0,95\ \times \frac{s}{1,5} \times \frac{f}{15} = 1,20\ \times\ 10^{-3}}$$

Donde,
s, es el porcentaje contenido de material fino (menor a 75 µm) del material acopiado. En este caso se usó el valor por defecto 8,5%.
f, es el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,36 m/s a la altura media de la pila. Los cuales corresponden a 2,27%, en base a los datos recopilados de la Estación Human para el año 2019.

Cuando las precipitaciones son iguales o mayores a 0,254 mm el factor de emisión, tanto para material particulado grueso como fino, quedo definido como:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ha\ día}\right) = FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{ha\ día}\right) = 0}$$

Por ende, para la emisión por erosión, serán descontados los días con estas condiciones, los cuales corresponden a 74 días, referidos al año 2019 de la estación Human, de propiedad de INIA-AGROMET, dado que la Fase de cierre contempla 18 meses, y en relación al cronograma del proyecto, se tiene que para el año 34 se ejecutará solo 6 mes del cierre, por lo cual para dicho año, se consideró un abatimiento por lluvia correspondiente a 20 días; mientras que para el año 33, dado que considera los 12 meses de ejecución se utilizarán los 74 días.

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado por el área (17.850 m^2) diaria a utilizar de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Na\left(\frac{ha\ día}{año}\right) = \frac{ha \times (t - p)}{tiempo\ a\ utilizar}}$$

Donde,
p, corresponde a los días de precipitaciones mayores a 0,254 mm

En la **Tabla 70**, se muestran los valores anuales de emisiones producto del acopio de material dentro del área del Proyecto.

Tabla 70. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Área de acopio (ha)	Días/año	Días con Precipitación mayor a 0,254 mm	Nivel de actividad (ha-día/año)	Emisión (kg/año)	
					MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	1,785	365	74	520	21,03	3,10
34	1,785	180	20	290	11,73	1,73

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto**

La estimación del factor de emisión del MP_{10} y $MP_{2,5}$ para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4.7 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 8,04 \times 10^{-1}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 8,04 \times 10^{-2}}$$

Donde:
s, es el porcentaje de finos del suelo, en este caso se usó 8,5%, valor por defecto.

W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (t).

En la **Tabla 71**, se muestra el peso promedio de la flota que transitará durante toda la Fase de cierre. En este caso corresponde únicamente a la flota del Proyecto que transitará en zonas no pavimentadas, calculado como el peso ponderado entre los pesos con y sin carga de cada tipo de vehículo relacionado con el número de viajes, tal como se presenta a continuación. Es importante señalar, que a modo de ser más prolijos con la entrega de información y estimar las emisiones de manera más certera para el cálculo del peso promedio de la flota, fueron incorporados, los viajes que se estima se realizarán para la construcción de la línea de transmisión eléctrica.

Para el cálculo del nivel de actividad, estos viajes no fueron contemplados, más bien se presentan en el acápite que desglosa las emisiones correspondientes a la línea de transmisión.

Tabla 71. Peso ponderado de la flota en vías no pavimentadas, Fase de cierre.

Vehículo	Flota Interna en fase de cierre					
	Peso con Carga (t)	Peso sin carga (t)	Peso promedio (t)	Número de viajes	Frecuencia (%)	Peso Ponderado (t)
Compactador	17	10	13,50	76	4,86	0,66
Tolva	36	15	25,50	1.489	95,14	24,26
Peso Ponderado (Total)						**24,92**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados correspondiente al 20%.

$$Fe_{lluvia} = FE \times (1 - \frac{P}{365})$$

Donde **P** corresponde a la precipitación que para este caso es de 74 días.

A fin de determinar el nivel de actividad del tránsito en vías no pavimentadas se trazaron diversas rutas consideradas dentro del Proyecto acorde a los frentes de trabajo, con la cual se calculó una distancia promedio, considerando todos los tramos de caminos no pavimentados y aquellos que usarán supresor, de acuerdo con la **Tabla 19.**
En base a lo presentado en la **Tabla 19**, se calcularon las distancias promedio que se utilizarán en la estimación, las que se presentan a continuación en la **Tabla 72**:

Tabla 72. Distancias promedio en kilómetros a recorrer Fase de cierre, Parque Eólico

Ruta	Ruta NP[13]	Ruta SUP[14]
Ida	4,540	3,704
Vuelta	4,540	3,704
Total	**9,080**	**7.408**

Fuente: Elaboración propia.

A dichas rutas, se le suma 1 ruta no pavimentada que utilizará supresor de polvo correspondientes al ingreso hacia la instalación de faena 1, cuya distancia ida y vuelta es de 1,228 km.

A modo de resumen en la **Tabla 73** presentan todas las distancias que se utilizarán al momento de calcular las emisiones.

Tabla 73 Distancias internas en kilómetros a utilizar acorde al tramo y tipo de ruta en Fase de cierre, Parque Eólico

Tramo	Hasta IF1	Desde Instalación de Faena 1 a Aerogeneradores
No pavimentado	0,000	9,080
Con supresor	1,228	7,408

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante la Fase de cierre. Estos, a su vez, estarán determinados por la cantidad de materiales a transportar (**Anexo 9. Aporte vial del presente EIA**) la capacidad de los camiones o vehículos que realizarán la acción (**ver Tabla 4**) y la información propiciada por el titular.

En la **Tabla 74**, se muestran los números de viajes a realizar dentro del área del Proyecto, según los distintos destinos para cada año en la Fase de cierre.

[13] NP= No pavimentado
[14] SUP= Supresor de polvo

Tabla 74. Números de viajes a realizar durante la Fase de cierre para vehículos pesados

Tipo	Año 33	Año 34
Escombros	1.009	479

Fuente: Elaboración propia.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto y las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto. En la **Tabla 75** y **Tabla 76**, se muestra el nivel de actividad y las tasas de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para tránsito en vías no pavimentadas y tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo respectivamente.

Tabla 75. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	8.671,8	5.556,88	555,69
34	4.349,3	2.787,15	278,72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	8.247,4	464,02	46,40
34	4.136,64	232,74	23,27

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, en la **Tabla 77,** se presenta la tasa de emisión producidos por el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas.

Tabla 77. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Emisión (kg/año)	
	MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	6.020,90	602,09
34	3.019,89	301,99

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de maquinaria fuera de ruta**

La estimación de las emisiones generadas por la combustión de maquinarias, se realizó en base a las expresiones para el cálculo de factores de emisión recomendados en la Tablas 4.9 y 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente, según la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{FE}\left(\frac{\boldsymbol{g}}{\boldsymbol{día}}\right) = \boldsymbol{FP} \times \boldsymbol{t} \times \boldsymbol{C} \times \boldsymbol{P}$$

Donde:
FP, es una constante dependiente del contaminante y de la potencia de la maquinaria (ver Tabla 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente), expresado en g/kW-h.
t, es el tiempo de trabajo en horas. El cual consideró 10 horas al día.
C, es el porcentaje de carga. Para efectos del cálculo, se consideró que para todas las maquinarias el porcentaje de carga corresponderá a 100%.
P, es la potencia nominal de la maquinaria, expresada en kW.

Esta fórmula general se empleó para el cálculo de todas las maquinarias, en donde la variable distintiva es la potencia nominal de cada una. A continuación, se presentan los niveles de actividad y las emisiones de cada una de las maquinarias utilizadas en la fase de cierre del Proyecto.

Grúa montaje 80 metros

Las grúas de 80 metros que se utilizarán en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 151 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la **Tabla 78.**

Tabla 78. Factor de emisión grúa montaje 80 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	1,661
$MP_{2,5}$	1,03	1,561
CO	3,00	4,530
NOx	14,36	21,684
HC	1,35	2,039

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 79**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular con un tiempo de operación aproximada de 10 horas al día.

Tabla 79. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
33	288	478,37	449,67	1304,64	6244,88	587,09
34	144	239,18	224,83	652,32	3.122,44	293,54

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 125 metros

Las grúas de 125 metros que se utilizará en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 455 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la siguiente **Tabla 80.**

Tabla 80. Factor de emisión grúas montaje 125 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	5,005
$MP_{2,5}$	1,03	4,705
CO	3,00	13,650
NOx	14,36	65,338
HC	1,35	6,143

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 81**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 81. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
33	288	1441,44	1354,95	3931,20	18817,34	1769,04
34	144	720,72	677,48	1.965,60	9.408,67	884,52

Fuente: Elaboración propia.

Excavadora con martillo hidráulico

La excavadora con matillo hidráulico que se utilizará en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 107 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la siguiente **Tabla 82.**

Tabla 82. Factor de emisión excavadora con martillo hidráulico

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,23	1,32
$MP_{2,5}$	1,16	1,24
CO	3,76	4,02
NOx	14,36	15,37
HC	1,72	1,84

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 83**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 83. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la excavadora con martillo hidráulico, Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
34	288	379,04	356,29	1158,68	4425,18	530,04
35	144	189,52	178,15	579,34	2.212,59	265,02

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto**

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III). En la **Tabla 84**, se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 84. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,30E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+ (0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,23E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	3,73E-02
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	8,74E-03
SO_2	2*[((199,101296810716+(496,037924788222*exp(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*exp(((-1)*0,573715458508514)*V)))]*(% S)	1,26E-04
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	5,28E-04

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del Proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la **Tabla 85**.

Tabla 85. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
33	16.919,2	3,89	3,77	42,17	147,86	2,13	8,94
34	8.486,18	1,95	1,89	21,15	74,16	1,07	4,48

Fuente: Elaboración propia.

- **Generadores Eléctricos**

Las emisiones derivadas del uso de grupo electrógeno se contemplan como alternativa en caso de no existir suministro eléctrico. Los factores de emisión utilizados se obtuvieron de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de la SEREMI del Medio Ambiente específicamente la Tabla 4.11. Factores de emisión para grupos electrógenos.

En la **Tabla 86**, se presentan los factores de emisión utilizados para los generadores presente en el Proyecto, el cual poseerá una potencia de 100 kVA y un rendimiento de 17,4 l/h.

Tabla 86. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año)

MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
0,00282	0,00068	0,0173	0,0801	0,00425

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de actividad se utilizó las horas de trabajo anual que contempla el proyecto. En base a esto y la densidad del combustible (Diésel; 0,815 kg/l).

Las emisiones generadas producto de esta actividad son presentadas a continuación en la **Tabla 87**.

Tabla 87. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de cierre, Parque Eólico

Año	Nivel de actividad kg-combustible/año	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
33	51.618,8	145,57	35,10	893,01	4.134,67	219,38
34	23.824,08	67,18	16,20	412,16	1.908,31	101,25

Fuente: Elaboración propia.

D.2.3.2. Emisiones indirectas en fase de cierre

Las emisiones indirectas en Fase de cierre tienen lugar fuera del área del Proyecto y son generadas principalmente por el transporte.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,62}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{4,00 \times 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,15}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{9,67 \times 10^{-5}}$$

Donde:

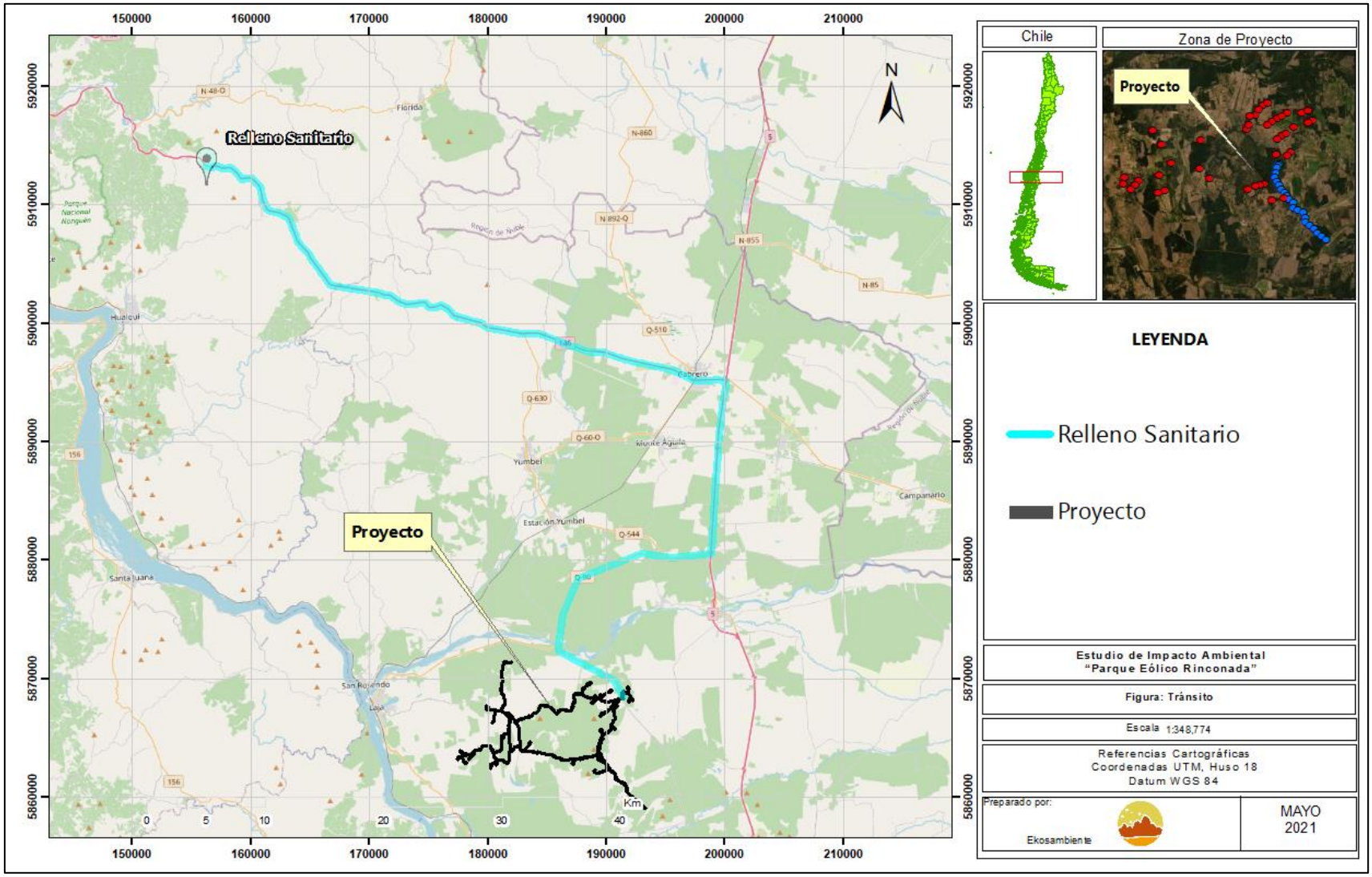
sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 t.

Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año, lo que conlleva un abatimiento del 5,1%.

En la **Figura 8**, se presenta la única ruta externa a utilizar, la cual tiene como destino el relleno sanitario, cuya distancia contempla un total de 181.663 km y contempla

realizar un total de 1.434 viajes, de los cuales se pretenden llevar a cabo 148 en el año 33, 955 para el año 34 y 331 en el año 35 (tal como se presentó en **Tabla 74**).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Ruta Externa Fase de cierre Parque Eólico

Es así, como a partir de lo anterior, en la **Tabla 88**, se exponen los kilómetros a recorrer por año, y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 88. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de cierre Parque Eólico

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	173.488,2	65,77	15,91
34	86.653,25	32,85	7,95

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto**

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del Proyecto, produce emisiones de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases de combustión (CO, HC, SO_2, NO_X). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios.

Los factores de emisión utilizados se extrajeron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III).

En la **Tabla 89**, se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron una velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) correspondiente a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 89. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,54E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,49E-04

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	1,68E-03
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	6,72E-03
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	1,26E-04

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior y el nivel de actividad, la que en este caso correspondería a la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del Proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la **Tabla 90**.

Tabla 90. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Parque Eólico.

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
34	173.488,2	26,72	25,92	291,82	1.165,59	21,86	57,66
35	86.653,25	13,35	12,95	145,76	582,19	10,92	28,80

Fuente: Elaboración propia.

D.2.3.3. Resumen de emisiones por año cronológico y actividad Fase de Cierre

A continuación, la **Tabla 91** presenta un resumen de todas las emisiones generadas en la Fase de cierre.

Tabla 91. Resumen emisiones Fase de cierre Parque Eólico

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
34	Directa	Carguío de material	1,92	0,29	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	21,03	3,10	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	6.020,90	602,09	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	3,89	3,77	42,17	147,86	2,13	8,94
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	2.298,84	2.160,91	6.394,52	29.487,40	-	2.886,16
		Uso de generador	145,57	35,10	893,01	4.134,67	219,38	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	65,77	15,91	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	26,72	25,92	291,82	1.165,59	21,86	57,66
35	Directa	Carguío de material	0,96	0,15	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	3,10	1,73	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	3.019,89	301,99	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	1,95	1,89	21,15	74,16	1,07	4,48

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	**$MP_{2,5}$**	**CO**	**NOx**	**SO_2**	**HC**
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	1.149,42	1.080,46	3.197,26	14.743,70	-	1.443,08
		Uso de generador	55,99	13,50	343,46	1.590,26	84,38	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	32,85	7,95	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	13,35	12,95	145,76	582,19	10,92	28,80

Fuente: Elaboración propia.

D.2.4. Resumen emisiones parque eólico

A continuación, se presentan las emisiones directas e indirectas que se estima emitirá el proyecto producto de la construcción (ver **Tabla 92**), operación (ver **Tabla 93**) cierre (ver **Tabla 94**) del parque eólico, puesto que tal como fue mencionado, en virtud de las características de las obras, el proyecto no presentará emisiones en su fase de operación.

Sumado a lo anterior, en la **Tabla 95**, se pueden observar la totalidad de las emisiones que se prevé generará el proyecto durante todas sus fases.

Tabla 92. Resumen Emisiones Fase de Construcción Parque Eólico (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2
MP_{10}	74,63	17,85
$MP_{2,5}$	9,53	4,30
CO	11,48	12,14
NO_X	49,56	54,33
SO_X	1,35	1,27
HC	2,43	3,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93. Resumen Emisiones Fase de Operación (t/año)

Contaminante	Año 3-32
MP_{10}	0,51
$MP_{2,5}$	0,09
CO	1,55
NO_X	7,16
SO_X	0,38
HC	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94. Resumen Emisiones Fase de cierre Parque Eólico (t/año)

Contaminante	Año 33	Año 34
MP_{10}	8,58	4,30
$MP_{2,5}$	2,85	1,42
CO	7,62	3,78
NO_X	34,94	17,31
SO_X	0,24	0,11
HC	2,95	1,48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95. Resumen Emisiones Totales Parque Eólico (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2	Año 3-32	Año 33	Año 34
MP_{10}	74,63	17,85	0,51	8,58	4,30
$MP_{2,5}$	9,53	4,30	0,09	2,85	1,42
CO	11,48	12,14	1,55	7,62	3,78
NO_X	49,56	54,33	7,16	34,94	17,31
SO_X	1,35	1,27	0,38	0,24	0,11
HC	2,43	3,03	0,00	2,95	1,48

Fuente: Elaboración propia.

D.3. Emisiones Línea de Transmisión Eléctrica

D.3.1. Emisiones Fase de Construcción

D.3.1.1. Emisiones directas en fase de construcción

Las emisiones atmosféricas directas en la Fase de Construcción de la Línea de Transmisión Eléctrica, son aquellas que tienen lugar dentro del área del Proyecto y que principalmente provienen del movimiento de tierra, uso de maquinaria fuera de ruta y la circulación de vehículos por caminos internos no pavimentados.

A continuación, se presentan las emisiones estimadas de las distintas actividades que se desarrollarán en los años de construcción.

- **Excavaciones**

Para efectos de estimar las emisiones de material particulado producto de las excavaciones, se utilizó las ecuaciones que se presentan a continuación, con el fin de obtener el factor de emisión, de acuerdo a la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, en la cual se define el factor de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$ correspondiente al movimiento de tierra.

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{h}\right) = 0,45\ \times 0,75\ \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}} = 0,609}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{h}\right) = 2,6\ \times 0,105\ \times \frac{s^{1,2}}{M^{1,3}} = 0,312}$$

Donde,

s, es el porcentaje de finos del suelo. En este caso se usó el valor por defecto recomendado de 8,5 %.

M, es el porcentaje de humedad del material. Se usó el valor de 6,5%

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado por la cantidad de volumen a extraer, relacionado con el rendimiento de la retroexcavadora correspondiente a 71 m^3/h.

En la **Tabla 96**, se muestra el volumen de material a excavar, el nivel de actividad y las emisiones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ generadas por esta actividad.

Tabla 96. Nivel de actividad y emisiones generadas por la excavación, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Actividades constructivas	Volumen de material a excavar (m^3)	Nivel de actividad (h/año)	Emisión (kg/año)	
				MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	Obra civil & fundaciones LT	228,10	3,2	1,96	1,00
2	Obra civil & fundaciones LT	319,34	4,5	2,74	1,40

Fuente: Elaboración propia.

- **Transferencia de material**

Para estimar el factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental de 2015, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$, utilizados para la transferencia de material, siguen la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,35\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 9,84\ \times\ 10^{-5}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,053\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 1,49\ \times\ 10^{-5}}$$

Donde,

U, es la velocidad del viento, equivalente a 2,05 m/s calculada como la velocidad promedio anual (2019) obtenido de Estación Human, propiedad de INIA – AGROMET.

M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó 6,5%.

Se estimaron las emisiones provocadas por la carga y descarga de material.

En la **Tabla 97**, se presentan las cantidades a cargar durante la duración de esta Fase. Cabe señalar que dentro de estos materiales se encuentran las excavaciones las cuales son cargadas y posteriormente descargada, puesto que mayoritariamente serán utilizadas en el mismo sector.

Tabla 97. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Línea de Transmisión

Actividades constructivas	Material	Año 1 (t)	Año 2 (t)
Obra civil & fundaciones LT	Excavaciones fundaciones	410,57	574,80
Residuos domiciliarios		40,44	40,44

En la **Tabla 98**, se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la carga de material.

Tabla 98. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (t/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	451,01	**0,04**	**0,01**
2	615,24	**0,06**	**0,01**

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 99**, se presentan las cantidades a descargar durante la duración de la Fase construcción.

Tabla 99. Transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Línea de transmisión

Actividades constructivas	Material	Año 1 (t)	Año 2 (t)
Obra civil & fundaciones LT	Hormigón	684,29	958,01

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 100**, se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la descarga de material.

Tabla 100. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (descarga) dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (ton/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	684,29	0,07	0,01
2	958,01	0,09	0,01

Fuente: Elaboración propia.

- **Erosión de pilas de acopio**

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de erosión de pilas de acopio, producto del almacenamiento de agregados (arena), fue extraído de la Tabla 7 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015, el cual es el siguiente:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ha\ día}\right) = 0,95\ \times \frac{s}{1,5} \times \frac{f}{15} = 8,14\ \times\ 10^{-3}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{ha\ día}\right) = 0,95\ \times \frac{s}{1,5} \times \frac{f}{15} = 1,20\ \times\ 10^{-3}}$$

Donde,

s, es el porcentaje contenido de material fino (menor a 75µm) del material acopiado. En este caso se usó el valor por defecto 8,5%.

f, es el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,36 m/s a la altura media de la pila. Los cuales corresponden a 2,27%, en base a los datos recopilados de la Estación Human para el año 2019.

Cuando las precipitaciones son iguales o mayores a 0,254 mm el factor de emisión, tanto para material particulado grueso como fino, quedo definido como:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha\ día}}\right) = \mathbf{0}$$

Por ende, para la emisión por erosión, serán descontados los días con estas condiciones, los cuales corresponden a 74 días, referidos al año 2019 de la estación Human, de propiedad de INIA-AGROMET, y extrapolados de manera igualitaria para los 24 meses que dura la ejecución del Proyecto.

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado por el área (6300 m^2) diaria que, en este caso en virtud de la duración de esta fase del proyecto, correspondería a 350 días ha. Como se asume que el acopio será el tiempo mencionado, descontando los días de precipitaciones mayores a 0,254 mm (p), el valor del nivel de actividad queda referido a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Na}\left(\frac{\boldsymbol{ha\ día}}{\boldsymbol{año}}\right) = \frac{\boldsymbol{ha} \times (\boldsymbol{t} - \boldsymbol{p})}{\boldsymbol{tiempo\ a\ utilizar}}$$

En la **Tabla 101,** se muestran los valores anuales de emisiones producto del acopio de material dentro del área del Proyecto, para la Línea de Transmisión.

Tabla 101. Emisiones generadas por el acopio de material dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Área de acopio (ha)	Días/año	Días con Precipitación mayor a 0,254 mm	Nivel de actividad (ha-día/año)	Emisión (kg/año)	
					MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	0,63	365	74	184	1,50	0,22
2	0,63	365	74	184	1,50	0,22

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto**

La estimación del factor de emisión del MP_{10} y $MP_{2,5}$ para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4.7 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región

Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 7,12 \times 10^{-1}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 7,12 \times 10^{-2}}$$

Donde:
s, es el porcentaje de finos del suelo, en este caso se usó 8,5%, valor por defecto.
W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (t). Que de acuerdo a lo presentado en el acápite donde se desglosan las emisiones por tránsito por caminos no pavimentados en Fase de Construcción para Parque Eólico, correspondería a 19,03 toneladas.

De acuerdo a la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

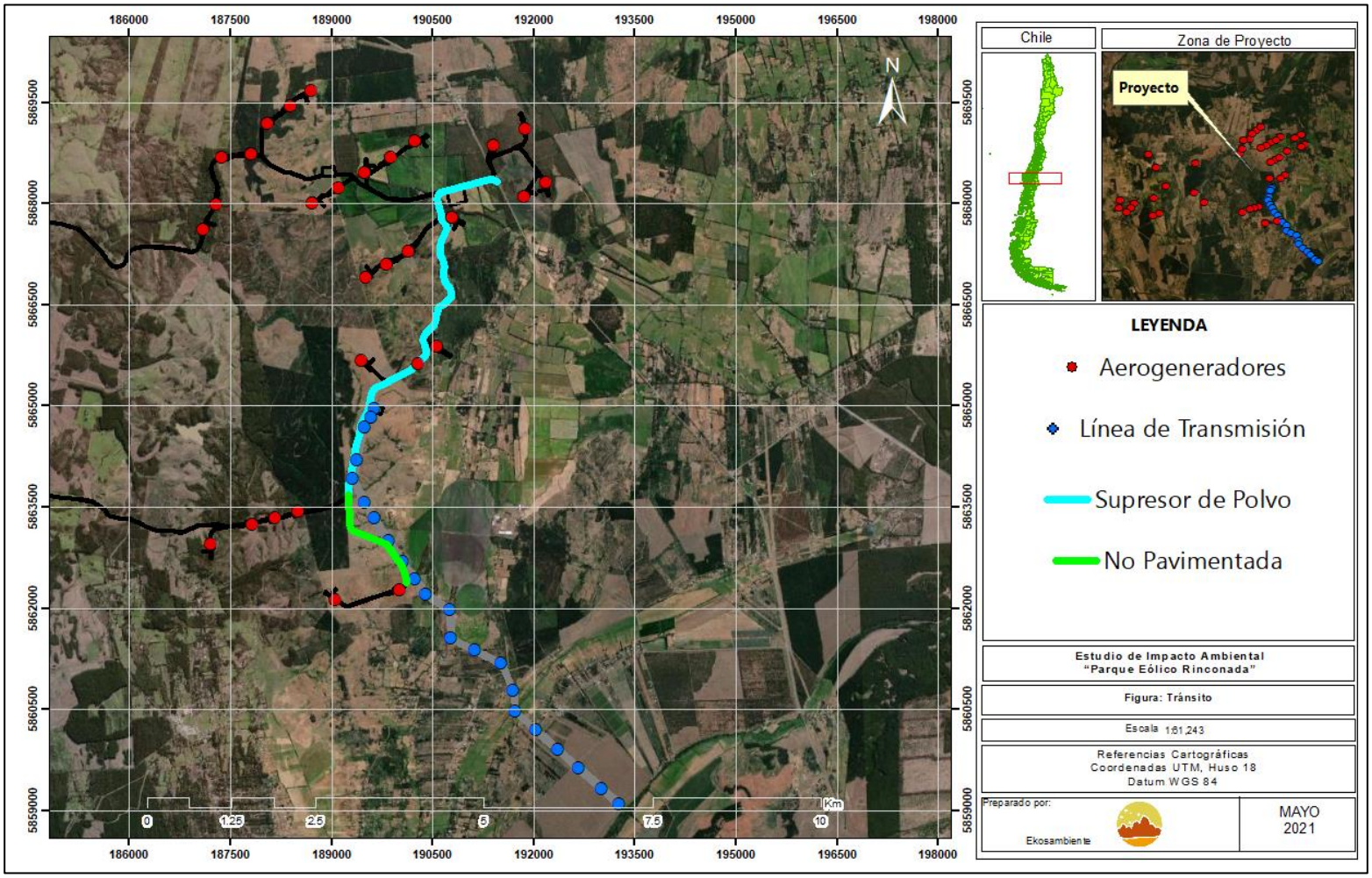
$$\boldsymbol{Fe_{lluvia} = FE \times (1 - \frac{P}{365})}$$

Donde **P** corresponde a la precipitación que para este caso es de 74 días.

Además, se consideraron rutas a las cuales se les aplicará supresor de polvo para abatir emisiones en un 93%, los tramos de aplicación se presentan en la **Figura 9**.

Cabe destacar que tanto el factor de abatimiento por lluvia (20%) y por uso de supresor (93%), se consideraron al momento de calcular las emisiones.

A fin de determinar el nivel de actividad del tránsito en vías no pavimentadas se trazaron las rutas consideradas dentro del Proyecto. Tal como se presenta en **Figura 9** y se caracterizan en la **Tabla 102**.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Ruta Internas Fase de Construcción Línea de Transmisión

Tabla 102. Distancias por ruta a utilizar en Fase de Construcción, Línea de Transmisión Eléctrica

Ruta ida y vuelta no pavimentada (km)	Ruta ida y vuelta con supresor de polvo (km)
3,27	12,24

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante los años de construcción. Estos, a su vez, estarán determinados por la cantidad de materiales a transportar, la capacidad de los camiones o vehículos que realizarán la acción y la información propiciada por el titular.

En la **Tabla 103**, se muestran los números de viajes a realizar dentro del área del Proyecto, según los distintos destinos para cada año en la Fase de Construcción.

Tabla 103. Números de viajes a realizar durante la Fase de Construcción para vehículos pesados, Línea de Transmisión

Tipo de viajes	Año 1	Año 2
Traslado de maquinaria	63	67
Hormigón	75	0
Combustible	123	100
Puerto	456	102
Baños químicos	9	3
Agua industrial	126	142
Agua potable	20	25
Residuos	45	49
Ambulancia	0	0
Personal camioneta	1.675	1.467
Personal bus	261	207

Fuente: Elaboración propia.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto y las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto. En la **Tabla 104** y **Tabla 105**, se muestra el nivel de actividad y las

tasas de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para tránsito en vías no pavimentadas y tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo respectivamente.

Tabla 104. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	9.329,31	5.277,18	527,72
2	7.069,74	3.999,04	399,90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	34.859,1	1.380,28	138,03
2	26.471,5	1.048,17	104,82

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 106**, se presenta la tasa de emisión producida por el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas.

Tabla 106. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Emisión (kg/año)	
	MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	6.657,46	665,75
2	5.047,21	504,72

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de maquinaria fuera de ruta**

La estimación de las emisiones generadas por la combustión de maquinarias se realizó en base a las expresiones para el cálculo de factores de emisión recomendados en la Tablas 4.9 y 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente, según la siguiente expresión:

$$FE\left(\frac{g}{día}\right) = FP \times t \times C \times P$$

Donde:

FP, es una constante dependiente del contaminante y de la potencia de la maquinaria (ver Tabla 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente), expresado en g/kW-h.
t, es el tiempo de trabajo en horas. Para todas las maquinarias utilizadas se consideró 6 – 10 horas al día aproximada (jornada laboral ordinaria).
C, es el porcentaje de carga. Para efectos del cálculo, se consideró que para todas las maquinarias el porcentaje de carga corresponderá a 100%.
P, es la potencia nominal de la maquinaria, expresada en kW.

Esta fórmula general se empleó para el cálculo de todas las maquinarias, en donde la variable distintiva es la potencia nominal de cada una. A continuación, se presentan los niveles de actividad y las emisiones de cada una de las maquinarias utilizadas en la construcción del Proyecto.

Retroexcavadora
Las retroexcavadoras que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 67 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de la retroexcavadora, los que se ven en la **Tabla 107.**

Tabla 107. Factor de emisión retroexcavadora, Línea de Transmisión

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de emisión (kg/día)
MP_{10}	1,51	1,012
$MP_{2,5}$	1,42	0,951
CO	5,06	3,390
NOx	14,36	9,621
HC	2,33	1,561

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 108** presentada a continuación, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y que corresponden a los volúmenes de excavaciones que

se pretenden realizar para cada año en relación con el rendimiento de esta maquinaria y que correspondería a 71m³/h, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Volumen\ a\ excavar\ (m^3)}{Rendimiento\ maquinaria\ (71\frac{m^3}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 108. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la retroexcavadora, Fase Construcción Línea Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	1	1,01	0,95	3,39	9,62	1,56
2	1	1,01	0,95	3,39	9,62	1,56

Fuente: Elaboración propia.

Bomba Hormigonera

Las bombas hormigoneras que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 61 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de la excavadora, los que se ven en la **Tabla 109.**

Tabla 109. Factor de emisión de bombas hormigoneras, Línea de Transmisión

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,51	0,921
$MP_{2,5}$	1,42	0,866
CO	5,06	3,087
NOx	14,36	8,760
HC	2,33	1,421

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 110** es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y que corresponde a la cantidad de hormigón a utilizar en relación al rendimiento de esta maquinaria (31m³/h), de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Volumen\ de\ hormigón\ (m^3)}{Rendimiento\ maquinaria\ (31\frac{m^3}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 110. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de bomba hormigonera, Fase Construcción Línea Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	3	2,76	2,60	9,26	26,28	4,26
2	3	2,76	2,60	9,26	26,28	4,26

Fuente: Elaboración propia.

Rodillo Compactador

Los rodillos compactadores que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 10,4 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión del rodillo compactador, los que se ven en la **Tabla 111**.

Tabla 111. Factor de emisión rodillo compactador, Línea de Transmisión

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	2,22	0,231
$MP_{2,5}$	2,09	0,217
CO	8,38	0,872
NOx	14,36	1,493
HC	3,87	0,402

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 112**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular y las cuales tienen estrecha relación con la habilitación de caminos y plataformas a realizar, de acuerdo al rendimiento que corresponde a 1.800 m^2/h.

$$Nivel\ de\ actividad = \frac{Superficie\ (m^2)}{Rendimiento\ maquinaria\ (1.800\frac{m^2}{h})} \times horas\ funcionamiento\ día(10\frac{h}{día})$$

Tabla 112. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo compactador, Fase Construcción Línea Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	70	16,16	15,19	61,01	104,54	28,17

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 80 metros

Las grúas de 80 metros que se utilizarán en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 151 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la siguiente **Tabla 113.**

Tabla 113. Factor de emisión grúa montaje 80 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	0,997
$MP_{2,5}$	1,03	0,937
CO	3,00	2,718
NOx	14,36	13,010
HC	1,35	1,223

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 114**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular con un tiempo de operación aproximada de 6 horas al día.

Tabla 114. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	258	257,12	241,70	701,24	3.356,62	315,56

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 125 metros

Las grúas de 125 metros que se utilizará en la construcción del Proyecto tendrán una potencia de 455 kW con 7 horas de uso. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la **Tabla 115**.

Tabla 115. Factor de emisión grúas montaje 125 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	3,504
$MP_{2,5}$	1,03	3,293
CO	3,00	9,555
NOx	14,36	45,737
HC	1,35	4,300

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 116,** es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 116. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	258	903,90	849,67	2.465,19	11.800,04	1.109,34

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto**

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III). En la **Tabla 117,** se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 117. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel, Línea Transmisión

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,30E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	2,23E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V))) +(0,0390066425998189*V)))))	3,73E-02
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	8,74E-03
SO_2	2*[((199,101296810716+(496,037924788222*exp(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*exp(((-1)*0,573715458508514)*V)))]*(% S)	1,26E-04
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	5,28E-04

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del Proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la **Tabla 118**.

Tabla 118. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados, Fase Construcción Línea Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
1	44.188,39	10,15	9,84	110,13	386,16	5,57	23,35
2	33.541,27	7,70	7,47	83,59	239,11	4,23	17,73

Fuente: Elaboración propia.

- **Generadores Eléctricos**

Las emisiones derivadas del uso de grupo electrógeno se contemplan como alternativa en caso de no existir suministro eléctrico. Los factores de emisión utilizados se obtuvieron de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de la SEREMI del Medio Ambiente específicamente la Tabla 4.11. Factores de emisión para grupos electrógenos.

En la **Tabla 119**, se presentan los factores de emisión utilizados para los generadores presentes en el Proyecto, específicamente la Línea de Transmisión, los cuales serán 3 y poseerán una potencia de 50 kVA con un rendimiento de 13,1 l/h.

Tabla 119. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año)

MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
0,00282	0,00068	0,0173	0,0801	0,00425

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de actividad se utilizó las horas de trabajo anual que contempla el proyecto. En base a esto y la densidad del combustible (Diésel; 0,815 kg/l).

Las emisiones generadas producto de esta actividad son presentadas a continuación en la **Tabla 120**.

Tabla 120. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase Construcción Línea Transmisión

Año	Nivel de actividad kg-combustible/año	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
1	116.587,38	328,78	79,28	2.016,96	9.338,65	495,50
2	116.587,38	328,78	79,28	2.016,96	9.333,65	495,50

Fuente: Elaboración propia.

D.3.1.2. Emisiones indirectas en fase de construcción, línea de transmisión eléctrica

Las emisiones indirectas en Fase de Construcción, que se producirán por la Línea de Transmisión tienen lugar fuera del área del Proyecto y son generadas por el transporte.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto, línea de transmisión**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores

de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,62}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 4,00 \times 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = \left(\frac{0,15}{1000}\right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 9,67 \times 10^{-5}}$$

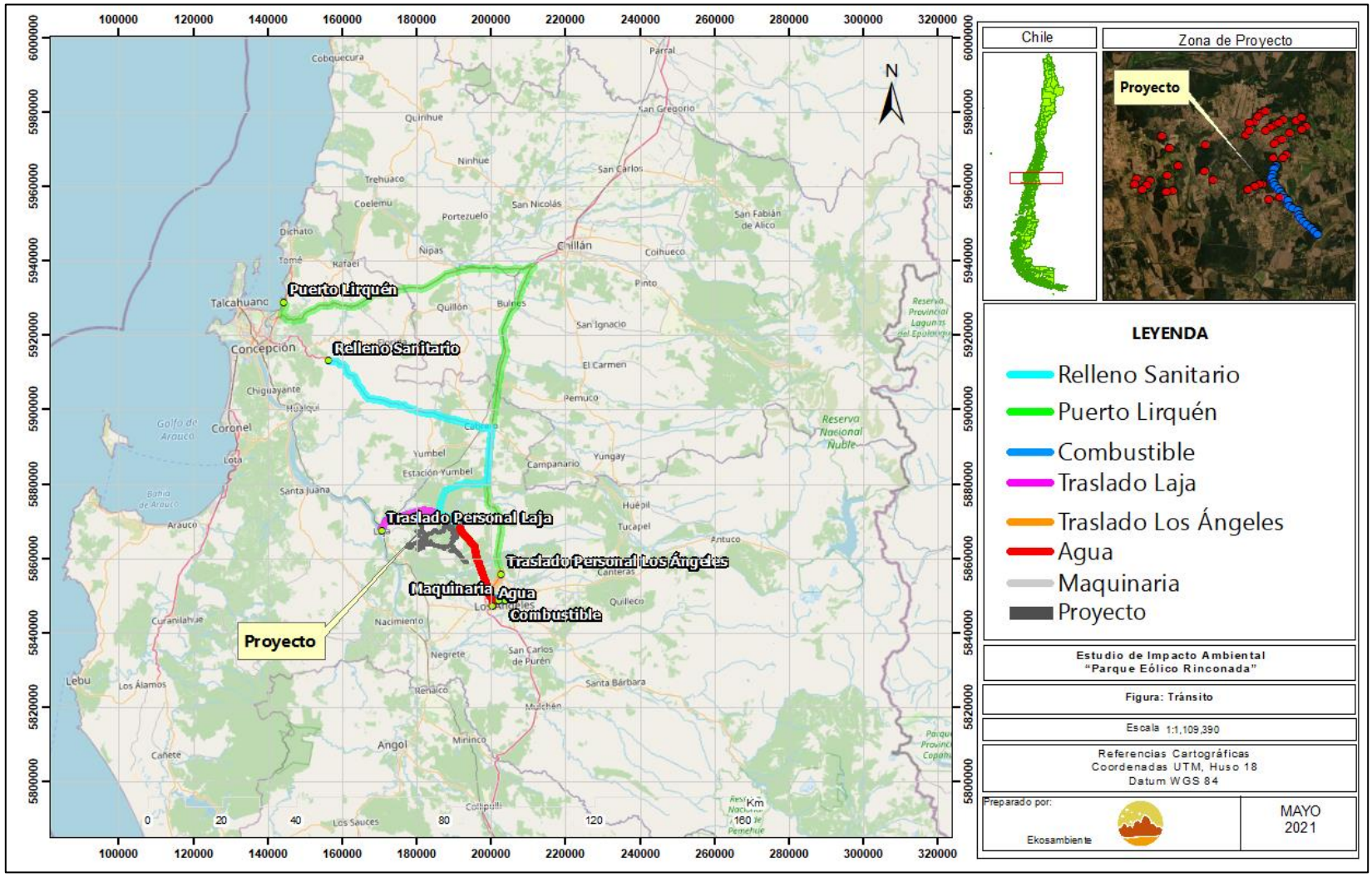
Donde:

sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 t.

Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año.

A continuación, se presentan las distancias a recorrer para cada destino, visibles en la **Figura 10**, y se caracterizan en la **Tabla 119**.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Ruta Externa Fase de Construcción Línea de Transmisión

Tabla 121. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en Fase de Construcción, Línea de Transmisión

Ruta	Distancia ida (km)	Distancia vuelta (km)	Distancia total (km)
Traslado de maquinaria	23,771	22,990	46,761
Combustible	24,815	25,194	50,009
Puerto	191,511	190,451	381,962
Baños químicos	23,629	23,629	47,258
Agua industrial	23,629	23,629	47,258
Agua potable	23,629	23,629	47,258
Residuos	91,061	90,602	181,663
Traslado Los Ángeles	27,109	27,109	54,218
Traslado Laja	25,177	25,177	50,354

Fuente: Elaboración propia.

Sumado lo anterior, y en base al número de viajes a realizar acorde a los destinos, tal como es presentado a continuación, se estimó el nivel de actividad para cada año en Fase de Construcción producto de la línea de transmisión, lo que se puede apreciar en la **Tabla 122**.

Tabla 122. Número de viajes, distancia a recorrer y nivel de actividad, Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Ruta	Número de viajes	Distancia total (km)	Nivel de actividad (km/año)
1	Traslado de maquinaria	63	2.945,9	299.997,2
	Hormigón	75	0,0	
	Combustible	123	6.151,1	
	Puerto	456	174.174,7	
	Baños químicos	9	425,3	
	Agua industrial	126	5.954,5	
	Agua potable	20	945,2	
	Residuos	45	8.174,8	
	Traslado Los Ángeles	968	52.483,0	
	Traslado Laja	968	48.742,7	
2	Traslado de maquinaria	67	3.133,0	151.556,1
	Hormigón	0	0,0	
	Combustible	100	5.000,9	
	Puerto	102	38.960,1	
	Baños químicos	3	141,8	
	Agua industrial	142	6.710,6	
	Agua potable	25	1.181,5	

Año	Ruta	Número de viajes	Distancia total (km)	Nivel de actividad (km/año)
	Residuos	49	8.901,5	
	Traslado Los Ángeles	837	45.380,5	
	Traslado Laja	837	42.146,3	

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 123**, se expone el nivel de actividad y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 123. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
1	299.997,24	113,73	27,52
2	151.556,12	57,46	13,90

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto, Fase Construcción Línea de Transmisión**

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del Proyecto, produce emisiones de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases de combustión (CO, HC, SO_2, NO_X). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios.

Los factores de emisión utilizados se extrajeron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III).

En la **Tabla 124**, se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron una velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) correspondiente a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 124. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,54E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,49E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	1,68E-03
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	6,72E-03
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,023466513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	1,26E-04

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior y el nivel de actividad, la que en este caso correspondería a la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del Proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la **Tabla 125**.

Tabla 125. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de Construcción.

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	**$MP_{2,5}$**	**CO**	**NOx**	**SO_2**	**HC**
1	299.997,24	46,21	44,82	504,62	2.015,55	37,80	99,71
2	151.556,12	23,34	22,64	254,93	1.018,24	19,10	50,37

Fuente: Elaboración propia.

D.3.1.3. Resumen de emisiones por año cronológico y actividad en Fase de Construcción

Tabla 126. Resumen emisiones Fase de Construcción Línea de Transmisión

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
1	Directa	Excavaciones	1,96	1,00	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	1,50	0,22	-	-	-	-
		Carguío de material	0,04	0,01	-	-	-	-
		Volteo de material	0,07	0,01	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	5.277,18	527,72	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	10,15	9,84	110,13	386,16	5,57	23,35
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	5,55	5,21	17,48	59,02	-	8,00
		Uso de generador	328,78	79,28	2.016,96	9.338,65	495,50	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	26,58	6,43	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto	46,21	44,82	504,62	2.015,55	37,80	99,71
2	Directa	Excavaciones	2,74	1,40	-	-	-	-
		Erosión de material en pila	1,50	0,22	-	-	-	-
		Carguío de material	0,06	0,01	-	-	-	-
		Volteo de material	0,09	0,01	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	3.999,04	399,90	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	7,70	7,47	83,59	239,11	4,23	17,73
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	1.182,73	1.111,77	3.244,92	15.320,22	-	1.461,07

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	**$MP_{2,5}$**	**CO**	**NOx**	**SO_2**	**HC**
		Uso de generador	328,78	79,28	2.016,96	9.338,65	495,50	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	28,61	6,92	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	23,34	22,64	254,93	1.018,24	19,10	50,37

Fuente: Elaboración propia.

D.3.2. Emisiones Fase de Operación

Dada las características que posee el proyecto, este generará emisiones que se consideran despreciables en la fase de operación para la Línea de Transmisión, por cuanto la estimación del proyecto "Parque Eólico Rinconada" en Fase de Operación fue descrita a cabalidad en el acápite **D.2.2.**

D.3.3. Emisiones Fase de Cierre

D.3.3.1. Emisiones directas en fase de Cierre

Las emisiones atmosféricas directas en la Fase de cierre de Línea de Transmisión Eléctrica son aquellas que tienen lugar dentro del área del Proyecto y que principalmente provienen del uso de maquinaria fuera de ruta y la circulación de vehículos por caminos internos no pavimentados como resultado del desmantelamiento del Proyecto.

A continuación, se presentan las emisiones estimadas de las distintas actividades que se desarrollarán en los 18 meses que durará la Fase de cierre.

- **Transferencia de material**

Para estimar el factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborado para el Servicio de Evaluación Ambiental de 2015, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP_{10} y $MP_{2,5}$, utilizados para la transferencia de material, siguen la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,35\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 9,84\ \times\ 10^{-5}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\left(\frac{kg}{ton}\right) = 0,053\ \times 0,0016\ \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} = 1,49\ \times\ 10^{-5}}$$

Donde,

U, es la velocidad del viento, equivalente a 2,05 m/s calculada como la velocidad promedio anual (2019) obtenido de Estación Human, propiedad de INIA – AGROMET.

M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó 6,5%.

En la **Tabla 127**, se presentan las cantidades a cargar durante la duración de esta Fase. Cabe señalar que dentro de estos materiales se encuentran las excavaciones las cuales son cargadas y posteriormente descargada, puesto que mayoritariamente serán utilizadas en el mismo sector.

Tabla 127. Transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Línea de Transmisión

Material	Año 33 (t)	Año 34 (t)
Residuos	37,44	18,72
Excavaciones	3.608,23	1.804,11

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 128**, se presentan los niveles de actividad y emisiones generadas producto de la carga de material.

Tabla 128. Nivel de actividad y emisiones por transferencia de material (carga) dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (t/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
34	3.645,67	0,36	0,05
35	1.822,83	0,18	0,03

Fuente: Elaboración propia.

- **Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto**

La estimación del factor de emisión del MP_{10} y $MP_{2,5}$ para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4.7 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 8,04 \times 10^{-1}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5\ \left(\frac{kg}{km}\right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} = 8,04 \times 10^{-2}}$$

Donde:

s, es el porcentaje de finos del suelo, en este caso se usó 8,5%, valor por defecto.

W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (t), que tal como fue presentado en la **Tabla 71** corresponderá a 24,92 toneladas.

De acuerdo a la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

$$Fe_{lluvia} = FE \times (1 - \frac{P}{365})$$

Donde **P** corresponde a la precipitación que para este caso es de 74 días.

A fin de determinar el nivel de actividad del tránsito en vías no pavimentadas se trazó la ruta considerada dentro del Proyecto la cual contempla dos tramos de acuerdo a la **Figura 99**, los cuales son caracterizados en la **Tabla 129**:

Tabla 129. Distancias por ruta a utilizar en Fase de cierre, Línea de Transmisión Eléctrica

Ruta ida y vuelta no pavimentada (km)	Ruta ida y vuelta con supresor de polvo (km)
3,37	12,57

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante la Fase. En la **Tabla 130**, se muestran los números de viajes a realizar dentro del área del Proyecto, según los distintos destinos para cada año en la Fase de cierre.

Tabla 130. Números de viajes a realizar durante la Fase de cierre para vehículos pesados

Tipo	Año 33	Año 34
Escombros	101	48

Fuente: Elaboración propia.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto y las tasas de emisión anual

por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto. En la **Tabla 131** y **Tabla 132**, se muestra el nivel de actividad y las tasas de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para tránsito en vías no pavimentadas y tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo respectivamente

Tabla 131. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	340,7	218,11	21,81
34	161,8	103,65	10,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 132. Nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías no pavimentadas con uso de supresor de polvo dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	1.269,6	71,43	7,14
34	603,36	33,95	3,39

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 133**, se presenta la tasa de emisión producida por el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas.

Tabla 133. Emisión total por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del Proyecto, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Emisión (kg/año)	
	MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	289,54	21,81
34	137,60	13,76

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de maquinaria**

La estimación de las emisiones generadas por la combustión de maquinarias se realizó en base a las expresiones para el cálculo de factores de emisión recomendados en la Tablas 4.9 y 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente, según la siguiente expresión:

$$FE\left(\frac{g}{día}\right) = FP \times t \times C \times P$$

Donde:

FP, es una constante dependiente del contaminante y de la potencia de la maquinaria (ver Tabla 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente), expresado en g/kW-h.

t, es el tiempo de trabajo en horas. El cual consideró 10 horas al día para retroexcavadora y ambas grúas de montaje.

C, es el porcentaje de carga. Para efectos del cálculo, se consideró que para todas las maquinarias el porcentaje de carga corresponderá a 100%.

P, es la potencia nominal de la maquinaria, expresada en kW.

Esta fórmula general se empleó para el cálculo de todas las maquinarias, en donde la variable distintiva es la potencia nominal de cada una. A continuación, se presentan los niveles de actividad y las emisiones de cada una de las maquinarias utilizadas en la construcción del Proyecto.

Grúa montaje 80 metros

Las grúas de 80 metros que se utilizarán en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 151 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la **Tabla 134**.

Tabla 134. Factor de emisión grúa montaje 80 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	1,661
$MP_{2,5}$	1,03	1,561
CO	3,00	4,530
NOx	14,36	21,684
HC	1,35	2,039

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 135** presentada a continuación, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular con un tiempo de operación aproximada de 10 horas al día.

Tabla 135. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la grúa montaje 80 metros, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
33	288	478,37	449,67	1.304,64	6.244,88	587,09
34	144	239,18	224,83	652,32	3.122,44	293,54

Fuente: Elaboración propia.

Grúa montaje 125 metros

Las grúas de 125 metros que se utilizarán en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 455 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la **Tabla 136**.

Tabla 136. Factor de emisión grúas montaje 125 metros

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,10	5,005
$MP_{2,5}$	1,03	4,705
CO	3,00	13,650
NOx	14,36	65,338
HC	1,35	6,143

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 137**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 137. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de grúa montaje 125 metros, Fase cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
33	288	1.441,44	1.354,95	3.931,20	1.8817,34	1.769,04
34	144	720,72	677,48	1.965,60	9.408,67	884,52

Fuente: Elaboración propia.

Excavadora con martillo hidráulico

La excavadora con matillo hidráulico que se utilizará en la fase de cierre del Proyecto tendrán una potencia de 107 kW. En base a esto se calculó el factor de emisión para la combustión de las grúas, los que se ven en la siguiente **Tabla 138.**

Tabla 138. Factor de emisión excavadora con martillo hidráulico

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP_{10}	1,23	1,32
$MP_{2,5}$	1,16	1,24
CO	3,76	4,02
NOx	14,36	15,37
HC	1,72	1,84

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 139**, es posible encontrar las emisiones generadas por la combustión de esta maquinaria; la que se relaciona estrechamente con el nivel de actividad, el cual se obtuvo de información entregada por el titular.

Tabla 139. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la excavadora con martillo hidráulico, Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (día/año)	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	HC
33	288	379,04	356,29	1158,68	4425,18	530,04
34	144	189,52	178,15	579,34	2.212,59	265,02

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto**

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diésel tipo 3 (EURO III). En la **Tabla 140**, se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 140. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,1008204806110 18+(0,424449762706025*exp (((-1) *0,0416436785215947) *V))) +(0,864328026775096*exp (((-1) *0,159945936589218) *V)))	2,30E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,1008204806110 18+(0,424449762706025*exp (((-1) *0,0416436785215947) *V))) +(0,864328026775096*exp (((-1) *0,159945936589218) *V)))	2,23E-04
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/ (1+exp ((((-1) *-1,3906312471446) +(0,543451750078654 *en(V))) +(0,0390066425998189*V)))))	3,73E-02
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp (((-1) *0,0510403515051286) *V))) +(45,651882800859*exp (((-1) *0,309240087785118) *V)))	8,74E-03
SO_2	2*[((199,101296810716+(496,037924788222*exp(((-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*exp(((-1)*0,573715458508514)*V))))]*(% S)	1,26E-04
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp (((-1) *0,0234666513590177) *V))) +(2,79878282504916*exp (((-1) *0,123459782380517) *V)))	5,28E-04

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del Proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la **Tabla 141**.

Tabla 141. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
33	1.609,94	0,37	0,36	4,01	14,07	0,20	0,85
34	765,12	0,18	0,17	1,91	6,69	0,10	0,40

Fuente: Elaboración propia.

- **Generadores Eléctricos**

Las emisiones derivadas del uso de grupo electrógeno se contemplan como alternativa en caso de no existir suministro eléctrico. Los factores de emisión utilizados se obtuvieron de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios" de la SEREMI del Medio Ambiente específicamente la Tabla 4.11. Factores de emisión para grupos electrógenos.

En la **Tabla 142**, se presentan los factores de emisión utilizados para los generadores presentes en el Proyecto, los que poseerán una potencia de 100 kVA y un rendimiento de 17,4 l/h.

Tabla 142. Factores de emisión para grupos electrógenos (kg/kg-combustible año)

MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
0,00282	0,00068	0,0173	0,0801	0,00425

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el nivel de actividad se utilizó las horas de trabajo anual que contempla el proyecto. En base a esto y la densidad del combustible (Diésel; 0,815 kg/l).

Las emisiones generadas producto de esta actividad son presentadas en la **Tabla 143**.

Tabla 143. Emisiones por uso de los generadores dentro del Proyecto, Fase de cierre, Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad kg-combustible/año	Emisión (kg/año)				
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SOx
33	51.618,84	145,57	35,10	893,01	4.134,67	219,38
34	23.824,08	67,18	16,20	412,16	1.908,31	101,25

Fuente: Elaboración propia.

D.3.3.2. Emisiones indirectas en fase de cierre

Las emisiones indirectas en Fase de cierre tienen lugar fuera del área del Proyecto y son generadas por el transporte hacia el relleno sanitario.

- **Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto**

Para calcular el factor de emisión de material particulado re-suspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" elaborada por la SEREMI del Ministerio de Medio Ambiente, 2012; el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{FE\ MP10}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,62}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{4,00 \times 10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{FE\ MP2,5}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{km}}\right) = \left(\frac{\boldsymbol{0,15}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times (\boldsymbol{sL})^{\boldsymbol{0,91}} \times (\boldsymbol{W})^{\boldsymbol{1,02}} = \boldsymbol{9,67 \times 10^{-5}}$$

Donde:

sL; es la carga de fino de la superficie. Según la Tabla 4.5 de la Guía se asume de 0,06 g/m^3.

W; Dado que La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas utilizadas se usa valor por defecto correspondiente a 8 ton.

Por otro lado, se considera en el cálculo la remoción de MP en el aire a través de la lluvia. En efecto, según la estación Human la precipitación registrada en el año 2019, presentó 74 días con más de 0,254 mm/día de agua caída en un año.

En la **Figura 8** se presentó la única ruta externa a utilizar, la cual tiene como destino el relleno sanitario, cuya distancia contempla un total de 181,663 km y realizar 101 viajes en el año 33, 4 viajes para el año 34

En la **Tabla 144**, se exponen los kilómetros a recorrer por año, y la tasa de emisión de MP_{10} y $MP_{2,5}$ estimada.

Tabla 144. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del Proyecto en la Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Nivel de actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
		MP_{10}	$MP_{2,5}$
33	18.348,0	**6,96**	**1,68**
34	8.719,8	**3,31**	**0,80**

Fuente: Elaboración propia.

- **Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto**

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del Proyecto, produce emisiones de partículas (MP_{10} y $MP_{2,5}$) y gases de combustión (CO, HC, SO_2, NO_X). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios.

Los factores de emisión utilizados se extrajeron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III).

En la **Tabla 145** se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron una velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) corresponde a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 145. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP_{10}	((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,54E-04
$MP_{2,5}$	0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))	1,49E-04

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
CO	(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+exp((((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*ln(V)))+(0,0390066425998189*V)))))	1,68E-03
NO_X	((5,58300975720938+(14,5724996214701*exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*exp(((-1)*0,309240087785118)*V)))	6,72E-03
HC	((0,135938586321894+(0,71588074810547*exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*exp(((-1)*0,123459782380517)*V)))	1,26E-04

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior y el nivel de actividad, la que en este caso correspondería a la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del Proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la **Tabla 146**.

Tabla 146. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados en la Fase de cierre Línea de Transmisión.

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)					
		MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
33	18.347,96	2,83	2,74	30,86	123,27	2,31	6,10
34	8,719,82	1,34	1,30	14,67	58,58	1,10	2,90

Fuente: Elaboración propia.

D.3.3.3. Resumen de emisiones por año cronológico y actividad en Fase de Cierre

Tabla 147. Resumen emisiones Fase de cierre Línea de Transmisión

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
33	Directa	Carguío de material	0,36	0,05	-	-	-	-
		Erosión pila acopio	0,63	0,09	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	289,54	28,95	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	0,37	0,36	4,01	14,07	0,20	0,85
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	2.298,84	2.160,91	6.394,52	29.487,40	-	2.886,16
		Uso de generador	145,57	35,10	893,01	4.134,67	219,38	-
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	6,96	1,68	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	2,83	2,74	30,86	123,27	2,31	6,10
34	Directa	Carguío de material	0,18	0,03	-	-	-	-
		Erosión pila acopio	0,09	0,05	-	-	-	-
		Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	137,60	13,76	-	-	-	-
		Combustión interna de motores de vehículos	0,18	0,17	1,91	6,69	0,10	0,40
		Combustión maquinarias fuera de ruta dentro del recinto	1.149,42	1.080,46	3.197,26	14.743,70	-	1.443,08
		Uso de generador	67,18	16,20	412,16	1.908,31	101,25	-

Año	Tipo de Fuente	Actividad	Emisión contaminante (kg/año)					
			MP_{10}	$MP_{2,5}$	CO	NOx	SO_2	HC
	Indirecta	Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados fuera del recinto	3,31	0,80	-	-	-	-
		Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	1,34	1,30	14,67	58,58	1,10	2,90

Fuente: Elaboración propia.

D.3.4. Resumen emisiones línea de transmisión eléctrica

A continuación, se presentan las emisiones directas e indirectas que se estima emitirá el proyecto producto de la construcción (ver **Tabla 148**), operación PE (ver **Tabla 93**) y cierre (ver **Tabla 145**) de la línea de transmisión, puesto que tal como fue mencionado, en virtud de las características de las obras, el proyecto no presentará emisiones en su fase de operación.

Sumado a lo anterior, en la **Tabla 150**, se pueden observar la totalidad de las emisiones que se prevé generará el proyecto durante todas sus fases.

Tabla 148. Resumen Emisiones Fase de Construcción Línea de Transmisión (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2
MP_{10}	7,17	6,65
$MP_{2,5}$	0,83	1,74
CO	2,65	5,60
NO_X	11,80	25,97
SO_X	0,54	0,52
HC	0,13	1,53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 149. Resumen Emisiones Fase de cierre Línea de Transmisión (t/año)

Contaminante	Año 33	Año 34
MP_{10}	2,75	1,36
$MP_{2,5}$	2,23	1,11
CO	7,32	3,63
NO_X	33,76	16,72
SO_X	0,22	0,10
HC	2,89	1,45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 150. Resumen Emisiones Totales Línea de Transmisión (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2	Año 33	Año 34
MP_{10}	7,17	6,65	2,75	1,36
$MP_{2,5}$	0,83	1,74	2,23	1,11
CO	2,65	5,60	7,32	3,63
NO_X	11,80	25,97	33,76	16,72

Contaminante	Año 1	Año 2	Año 33	Año 34
SO_X	0,54	0,52	0,22	0,10
HC	0,13	1,53	2,89	1,45

Fuente: Elaboración propia.

D.4. Resumen Emisiones del Proyecto

A continuación, en la siguiente tabla, se presentan las emisiones totales a generarse por la construcción, operación y cierre, del Proyecto "Parque Eólico Rinconada", las cuales son el resultado de la sumatoria de las emisiones presentadas en la **Tabla 93** y **Tabla 150.**

Tabla 151. Resumen Emisiones Totales Proyecto "Parque Eólico Rinconada (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2	Año 3-32	Año 33	Año 34
MP_{10}	81,80	24,50	0,51	11,33	5,66
$MP_{2,5}$	10,36	6,04	0,09	5,08	2,54
CO	14,13	17,74	1,55	14,94	7,40
NO_X	61,36	80,30	7,16	68,69	34,03
SO_X	1,89	1,79	0,38	0,47	0,22
HC	2,56	4,56	0,51	5,85	2,92

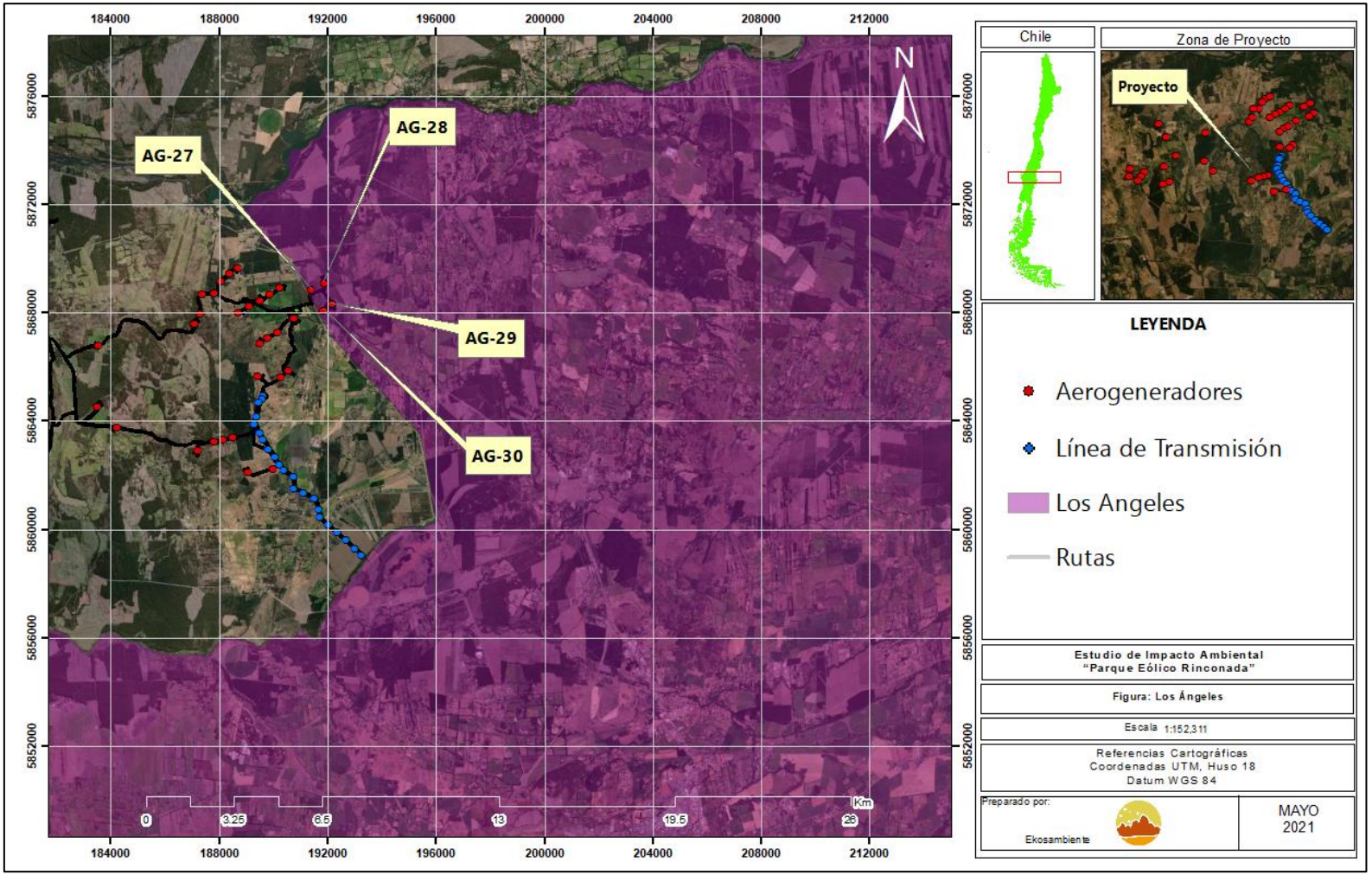
Fuente: Elaboración propia.

D.5. Análisis normativo del artículo 48 del D.S. 4/2019 del MMA

En virtud de la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos y los resultados obtenidos, se calcularon las emisiones que se estiman que el proyecto generará en la localidad de Los Ángeles, esto, a modo de analizar si producto de dichas emisiones el proyecto deberá compensar, de acuerdo a lo establecido en el artículo 48 del PDA de Los Ángeles, el cual establece que los proyectos que "*generen directa o indirectamente emisiones respecto de su situación base, iguales o superiores a 1 ton/año de MP, deberán compensar sus emisiones en un 120% del monto total anual de emisiones de la actividad o proyecto*".

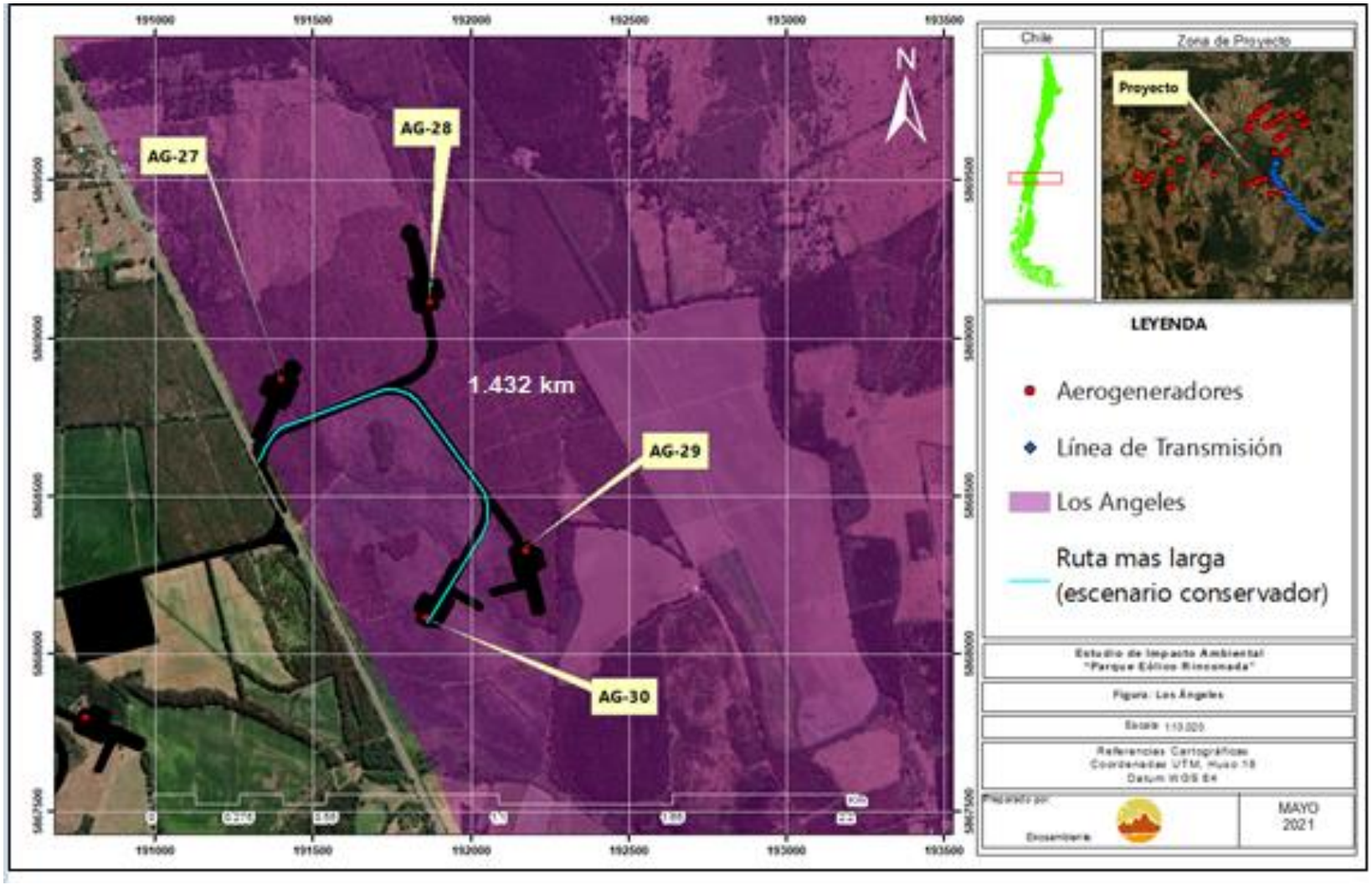
En base a lo anterior, se calcularon las emisiones que se producirán dentro de los límites que establece el D.S. N°4/2019 en su artículo 2 y que corresponden a los límites comunales de Los Ángeles. Que comprende emisiones producidas por tránsito indirecto y directo además de la construcción de 4 aerogeneradores del parque eólico.

En la **Figura 11**, se puede observar la ubicación de los aerogeneradores, y la ruta a utilizar que se emplaza dentro de la comuna de Los Ángeles.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Emisiones que se emplazarán en la comuna de Los Ángeles



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Zoom actividades emisoras emplazadas en comuna de Los Ángeles.

A continuación, se evidencia la estimación de emisiones que se producirán dentro de ese territorio, la cual se realizó en base a los siguientes supuestos:

1. Se asume que las emisiones directas (sin contar el tránsito por vía internas y la combustión de vehículos) corresponderán al 9,3% del total de aquellas producidas por el parque eólico, (relación realizada en base a los aerogeneradores que se emplazarán en Los Ángeles (4) y el total de estos (43).
2. Las emisiones por tránsito en vías no pavimentadas y combustión de vehículos dentro del área de emplazamiento del proyecto se calcularon para dicho sector de manera particular asumiendo la ruta más larga, (1.432 km), es importante señalar que se utilizará supresor de polvo para llegar a los 4 aerogeneradores que ahí se emplazarán.
3. Las emisiones indirectas, se estimaron en base la ruta a utilizar dentro de la comuna y el número de viajes que se realizará en los distintos años que dura el proyecto (Línea de Transmisión y Parque Eólico).
4. De acuerdo al objetivo del PDA y la saturación de los límites normativos ocurridos en la zona, se asume que MP = MP_{10}.

Obteniéndose los resultados de la **Tabla 152**:

Tabla 152. Emisiones por año (t/año) en Los Ángeles

Contaminante	Año1	Año 2	Año 3 -32	Año 33	Año 34
MP	1,15	0,60	0,00	0,34	0,17
MP_{10}	1,15	0,60	0,00	0,34	0,17
$MP_{2,5}$	0,35	0,32	0,00	0,22	0,11
CO	1,46	1,08	0,00	0,68	0,34
NOX	6,21	6,08	0,00	3,13	1,55
SOX	0,16	0,14	0,00	0,02	0,01
HC	0,30	0,33	0,00	0,27	0,13

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los valores obtenidos de la tabla precedente se observa que el proyecto superará los límites establecidos en el artículo 48 del PDA de Los Ángeles, correspondiente a 1 t/año de MP, por tanto, se establece que el proyecto deberá compensar sus emisiones para el año 1 correspondiente a la fase de construcción.

E. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la estimación de emisiones atmosféricas del Proyecto "Parque Eólico Rinconada" (Parque Eólico y Línea de Transmisión), mostraron ser variables de acuerdo con el avance anual de las obras asociadas a la construcción, operación y cierre del Proyecto. De hecho, tal como se presentó en la **Tabla 151**, las emisiones de MP_{10} fluctúan entre las 0,51 t/año a 81,80 t/año; y las emisiones de $MP_{2,5}$ fluctúan entre las 0,09 t/año a 10,36 t/año.

En relación a las emisiones de partículas, específicamente el MP_{10}, se observa que la tasa de mayor emisión se alcanzará en el primer año, correspondiente a la construcción. Para este año se espera una emisión de 81,80 toneladas; mientras que 10,36 toneladas de $MP_{2,5}$.

Es importante señalar que, dada la ubicación del proyecto, este emplazará 4 aerogeneradores dentro de una zona clasificada como saturada (Los Ángeles) que cuenta con un PDA vigente a través del DS. N°4/2019, el cual fija un límite normativo para MP. A partir del análisis presentado en el acápite D.5 se establece que el proyecto deberá compensar sus emisiones, puesto que la estimación de emisiones realizada para todos los años que durará el proyecto arroja que este presentará una emisión superior al límite máximo establecido para MP correspondiente a 1 t/año, siendo de 1,15 t/año en el año 1 del proyecto, teniendo así que compensar un total de 1,38 t de MP. En el **Apéndice. Propuesta de compensación de emisiones.**

Por último, cabe destacar que durante el desarrollo del Proyecto se tomarán las siguientes medidas para minimizar las emisiones de contaminantes a la atmósfera:

1. El transporte de materiales se realizará en camiones cubiertos (lona), cabe señalar, que se verificará su hermeticidad cada vez que se realice la carga del material;
2. El tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados, aledaños a sectores poblados, se realizará a una velocidad máxima de 50 km/h;
3. Se aplicará material supresor de polvo (en las fases de construcción y cierre del proyecto) en aquellas vías de uso frecuente por el proyecto y que no se encuentren pavimentadas, tomando en cuenta la exposición de casas habitadas, escuelas e iglesias, aledañas al camino, de forma de minimizar la emisión de material particulado derivado del tránsito de vehículos del proyecto.

4. Se mantendrán acopios de escombros y/o materiales derivados de escarpe y cortes cubiertos con malla tipo raschel, de forma tal de evitar su dispersión;
5. Sólo se utilizarán vehículos y maquinarias que cuenten con sus revisiones técnicas al día;
6. Los vehículos motorizados livianos, camiones y maquinarias estarán inscritos en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados y portarán el sello autoadhesivo que certifique que sus emisiones cumplen los límites máximos establecidos por el D.S. N°4/94;
7. Los vehículos y maquinarias serán mantenidos de acuerdo a las especificaciones del fabricante; y
8. Optimización del tiempo de funcionamiento de vehículos motorizados livianos.
9. Se prohibirá la incineración de hojas secas, basuras u otros desperdicios;
10. Se prohibirá hacer fogatas;
11. Realización de charlas de capacitación.
    i. Contaminación atmosférica y optimización del tiempo de funcionamiento de vehículos, maquinarias y equipos;
    ii. Medidas de control de material particulado en sectores poblados;
    iii. Prohibición de hacer fuego.

F. BIBLIOGRAFÍA

"Guía para la estimación de emisiones atmosféricas para proyectos inmobiliarios de la Región Metropolitana" (2012).

Decreto Supremo N°4/2019. Establece plan de descontaminación atmosférica para comuna de Los Ángeles.

Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015).

G. APÉNDICE: PROPUESTA COMPENSACIÓN DE EMISIONES

1. INTRODUCCIÓN

En lo siguiente, se presentan los contenidos mínimos establecidos en el artículo 49 del D.S. 4/2019 (Plan de Descontaminación Ambiental, para la comuna de Los Ángeles), a saber:

- Estimación de emisiones a compensar que superan el límite de 1 t/año de material particulado.
- Descripción de la medida de compensación a implementar.
- Forma, indicador y ubicación general de dicha medida.
- Carta Gantt de implementación.

Se hace presente que la medida compensatoria será aplicada a las emisiones referidas al material particulado MP, ya que, considerando que el objetivo principal del PDA, definido en el artículo 1 del mismo, es proteger la salud de las personas, lo cual, se logra restringiendo dicho material particulado.

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

Definir una medida de compensación eficiente y que cumpla con los objetivos del Plan de Descontaminación de la comuna de Los Ángeles, donde se emplazará parte del proyecto (4 aerogeneradores).

Objetivos Específicos:

- Determinar la emisión de material particulado por compensar de acuerdo a lo establecido en el PDA de la comuna de Los Ángeles.
- Describir la medida compensatoria mediante recambio de calefactores.
- Establecer forma, indicador y lugar de implementación de la medida de compensación.
- Definir tiempos de implementación de la medida.

3. RESULTADOS

3.1. Determinación de Emisiones por Compensar

De acuerdo con el **Anexo 6. Estimación de Emisiones Atmosféricas** del **Estudio de Impacto Ambiental**, el total de emisiones del Proyecto Parque Eólico Rinconada se muestra en la **Tabla 1**

Tabla 1 Resumen Emisiones Totales Proyecto "Parque Eólico Rinconada (t/año)

Contaminante	Año 1	Año 2	Año 3-32	Año 33	Año 34
MP_{10}	81,80	24,50	0,51	11,33	5,66
$MP_{2,5}$	10,36	6,04	0,09	5,08	2,54
CO	14,13	17,74	1,55	14,94	7,40
NO_X	61,36	80,30	7,16	68,69	34,03
SO_X	1,89	1,79	0,38	0,47	0,22
HC	2,56	4,56	0,51	5,85	2,92

Fuente: Elaboración propia

Se calcularon las emisiones que se producirán dentro de los límites que establece el D.S. N°4/2019 en su artículo 2 y que corresponden a los límites comunales de Los Ángeles. Que comprende emisiones producidas por tránsito indirecto y directo además de la construcción de 4 aerogeneradores del parque eólico.

Las mayores emisiones asociadas al proyecto (directas e indirectas), se presentan en el año 1de construcción, alcanzando 0,35 t/año de $MP_{2.5}$ y 1,15 t/año de MP_{10}, siento este último el valor a compensar, tal como se muestra en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Emisiones por año (t/año) en Los Ángeles.

Contaminante	Año1	Año 2	Año 3 -32	Año 33	Año 34
MP	1,15	0,60	0,00	0,34	0,17
MP_{10}	**1,15**	0,60	0,00	0,34	0,17
$MP_{2,5}$	0,35	0,32	0,00	0,22	0,11
CO	1,46	1,08	0,00	0,68	0,34
NOX	6,21	6,08	0,00	3,13	1,55
SOX	0,16	0,14	0,00	0,02	0,01
HC	0,30	0,33	0,00	0,27	0,13

Fuente: Elaboración propia

De este modo, se compensarán las emisiones asociadas a las 1,15 t/año de MP_{10}, cuyo 120%, de acuerdo con artículo 48 del PDA de la comuna de Los Ángeles, corresponde a **1,38 t**.

3.2. Medida de Compensación

La medida de compensación propuesta consiste en el recambio de calefactores de mejores tecnologías, que permitan reducir emisiones y que cumplan con las indicaciones legales, en particular, con lo dispuesto en el PPDA.

Para determinar las emisiones por compensar mediante recambio de calefactores, se utilizarán los factores de emisión del Capítulo I Fuente de área del informe "Actualización del inventario de emisiones atmosféricas y modelación de contaminantes de Concepción Metropolitano, 2013", SICAM.[15]

Para estimar la compensación de emisiones, se debe determinar la diferencia de emisiones generada entre un calefactor a leña seca con respecto a otras tecnologías de mayor rendimiento y que, por ende, debiesen generar menor emisión respecto a los artefactos existentes o por recambio. Para lo anterior, se utilizará la formula recomendada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), cuya estructura es:

$$E = f_e * Na * (1 - \frac{E_a}{100})$$

Donde:

E	= Emisión
Na	= Nivel de Actividad
fe	= Factor de Emisión
Ea	= Eficiencia de Abatimiento

En esta versión preliminar del plan de compensación, se propone como alternativa el recambio por calefactores certificados que utilicen leña, debiendo cumplir las disposiciones del D.S. N° 39/2011. Ante esto, el escenario basal de factor de emisión considera calefactores a leña no certificados, cuyo factor de emisión de MP_{10}, de acuerdo a la ecuación anterior, está dado por:

[15] Los valores de factores de emisión son referenciales, ya que no existe un inventario de emisiones atmosféricas y modelación de contaminantes para la comuna de Los Ángeles y Laja donde se emplaza el proyecto.

- 5,2 gMP_{10}/Kg leña seca si el calefactor cuenta con templador
- 6,2 gMP_{10}/Kg leña seca si el calefactor no cuenta con templador

Por otro lado, el factor de emisión del calefactor certificado a leña queda dado como 2,1 gMP_{10}/Kg leña seca.

Cabe señalar, que el presente plan se contempla aplicar dentro del área de influencia, con especial enfoque en aquellos receptores dentro del área de influencia del proyecto. Sin perjuicio de esto, una vez obtenida la RCA y tras la necesidad de presentar el plan de manera sectorial, se contemplan reuniones con las autoridades locales, con el fin de definir el grupo objetivo para el recambio.

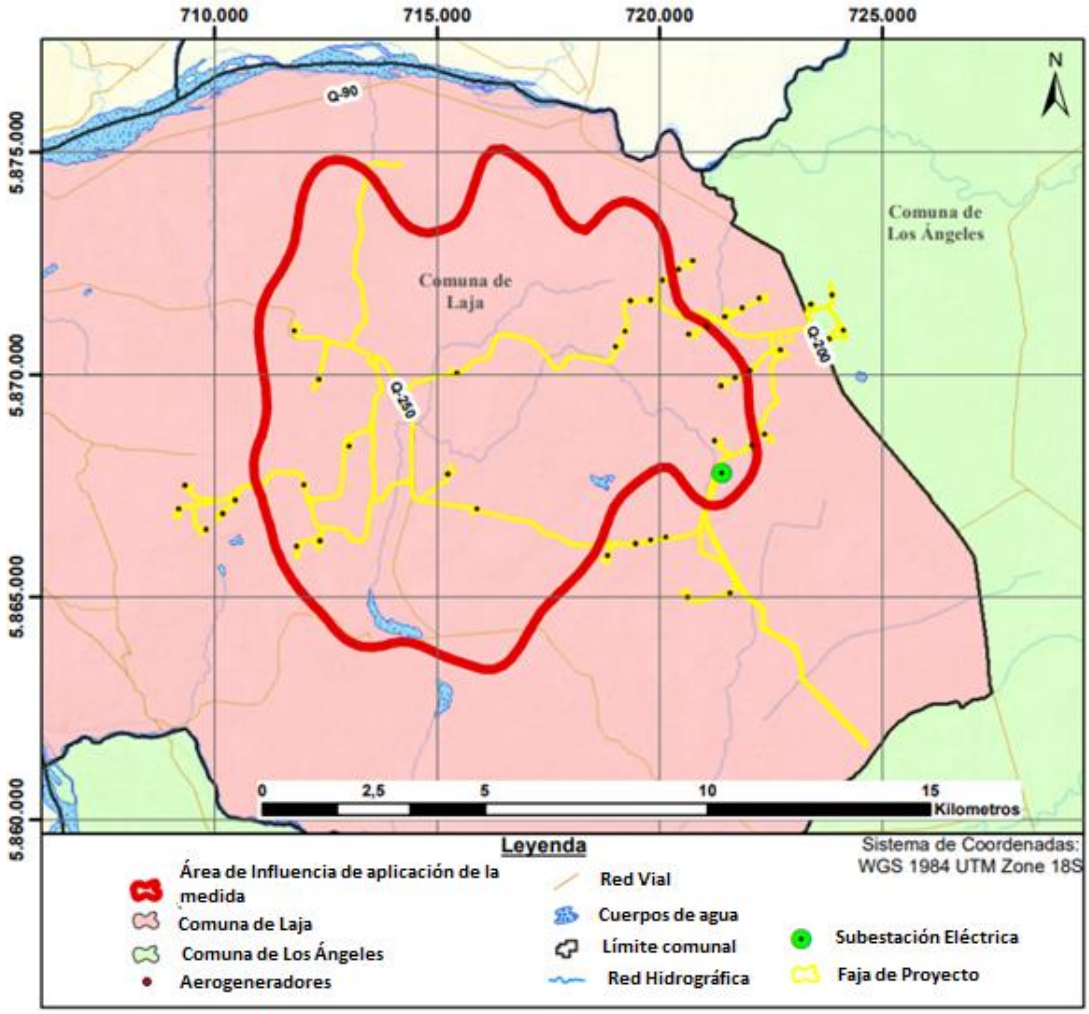
Para la elaboración del plan definitivo, se deberá levantar en terreno la información de los calefactores presentes y utilizados por el grupo humano objetivo (receptores), por lo anterior, las emisiones no pueden ser definidas en este plan preliminar, sin embargo, de manera general se presenta la ecuación que determinará el nivel de actividad y con ello el número de calefactores sometido a recambio.

$$(fe_{CNC} * Na_{CNC}) - (fe_{CC} * Na_{cc}) = 1{,}38 \text{ t/año de } MP_{10}$$

Donde:
fe_{CNC}: factor de emisión de calefactor no certificado
Na_{CNC}: nivel de actividad de calefactor no certificado
fe_{CC}: factor de emisión de calefactor certificado
Na_{CC}: nivel de actividad de calefactor certificado

3.3 Implementación de la Medida de Compensación

Para determinar el modelo de calefactor a recambiar, en primera instancia se realizará una reunión con las autoridades pertinentes, a saber: Municipalidad de Los Ángeles y/o SEREMI de Medio Ambiente de la región de Biobío, de esta manera, determinar en manera conjunta el tipo de artefacto necesario y que se ajuste a las políticas que ambas instituciones desean aplicar. Lo anterior, sin perjuicio de que, según lo requiera cada autoridad, se integren otros actores públicos que posibiliten la coordinación de la implementación de esta medida. Junto a lo anterior, se coordinará con Autoridades los lugares de aplicación de la medida, pertenezcan al área de influencia del proyecto, lo que se muestra en la **Figura 1.**



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Área de influencia de aplicación de la medida de recambio de calefactores.

Una vez determinado lo anterior, para ajustar la medida, se realizará un levantamiento de las viviendas beneficiadas, en específico, de los artefactos de calefacción que poseen, determinando así el número de calefactores a recambiar.

La medida, estará ajustada a lo establecido en el artículo 49 del D.S. 4/2019, con los siguientes criterios, sin perjuicio que conforme se defina la medida, estos deban ser modificados de acuerdo a las necesidades y realidades de los receptores beneficiados.

Tabla 3. Descripción Plan de Compensación de emisiones

Art. D.S. 48	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
Literal a) Artículo 56	Indicador: Cuantificar reducción de emisiones	La reducción de emisiones derivadas del recambio de calefactores se estimará o cuantificará determinando la emisión del antiguo calefactor y el de recambio[16].
Literal b) Artículo 56	Verificación	La verificación consistirá en generar efectivamente la reducción de emisiones, para ello se han definido los siguientes puntos: • Reuniones con Autoridades: actas/minutas de dichas reuniones y listados de asistencia. • Levantamiento de información secundaria para determinar receptores: informe de resultados, deberá contener la ubicación de cada receptor en coordenadas WGS84. • Catastro de receptores y calefactores a recambiar: informe de resultados. • Elaboración del Plan de Compensación de Emisiones y su presentación para aprobación. • Aprobación: Resolución de aprobación del Plan de Compensación de Emisiones. • Implementación de la medida: verificable a través de los siguientes puntos: - Compra de calefactores: facturas/boletas y aviso formal de este hito. - Retiro de antiguos calefactores: registro fotográfico de la actividad y reporte. - Instalación de nuevos calefactores: registro fotográfico, carta de recepción del receptor y reporte. - Disposición de antiguos calefactores: de acuerdo a las condiciones de los antiguos calefactores, se determinará su forma de disposición, considerando siempre empresas autorizadas para ello.

[16] La diferencia corresponde a lo compensado por el proyecto durante su vida útil. Se hace presente que la vida útil de los calefactores es superior al del proyecto, por lo cual, se logra compensar con un margen relevante mediante un solo recambio.

Art. D.S. 48	CRITERIO	CARACTERÍSTICA
		- Informe de término del recambio.
	Seguimiento	Se emitirá un reporte a la SMA con frecuencia a anual del estado de cada uno de los calefactores cambiados, considerando coordinación continua con cada uno de los receptores. El periodo de seguimiento o reportes se definirá posteriormente.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con literal b) del art. 49, la medida a implementar no responderá a otras obligaciones del Titular ni corresponderá a una acción que sea llevada por la autoridad pública u otro privado.

En cuanto al literal b) del art 49, el plan de compensación, conforme a la vida útil de los artefactos, cubrirá todo el periodo en el que el proyecto está obligado a reducir emisiones.

4. CARTA GANTT

El cronograma para la implementación del Plan de Compensación de Emisiones estará sujeto en primera instancia a la obtención de la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto, una vez se obtenga, se iniciarán las actividades descritas a continuación:

Tabla 4. Cronograma Preliminar Plan de Compensación de Emisiones

Actividad	Meses						Periodo por definir
	1	2	3	4	5	6	
Reunión con Autoridades							
Levantamiento de información secundaria							
Catastro de receptores y calefactores a recambiar							
Elaboración Plan de Compensación de Emisiones y presentación							
Aprobación del Plan de Compensación de Emisiones							
Implementación de la Medida							
Seguimiento							

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, sin perjuicio que deba ser ajustado o modificado conforme a contingencias, debido a modificaciones en las actividades definidas de manera preliminar.