

ANEXO N° 3.1.
INVENTARIO DE EMISIONES

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO QUINANTU

ANEXO 3.1. INVENTARIO DE EMISIONES Y GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN INTERNA DE MOTORES

ELABORADO PARA

TALTAL SOLAR



Av. Andrés Bello 2233, Piso 3, Providencia · Santiago · Chile · Fono (+56) 2 2963 8560 · www.inercochile.com

JUNIO 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS	1
2. ANTECEDENTES GENERALES	2
3. ÁREA DE INFLUENCIA.....	4
4. METODOLOGÍA.....	10
4.1. ASPECTOS GENERALES	10
4.2. FACTORES DE EMISIÓN	10
5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CONSTRUCCIÓN	11
5.1. FACTORES DE EMISIÓN	11
5.2. NIVEL DE ACTIVIDAD	27
5.2.1. <i>Nivel de Actividad para Excavación y Transferencia de Material.....</i>	<i>27</i>
5.2.2. <i>Tramos de Ruta a Recorrer.....</i>	<i>28</i>
5.2.3. <i>Nivel de Actividad Tránsito de Vehículos</i>	<i>28</i>
5.2.4. <i>Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de la Maquinaria</i>	<i>30</i>
5.2.5. <i>Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de Generadores.....</i>	<i>30</i>
5.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	30
5.4. RESUMEN DE EMISIONES FASE CONSTRUCCIÓN	36
6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE OPERACIÓN.....	37
6.1. FACTORES DE EMISIÓN	37
6.2. NIVEL DE ACTIVIDAD	41
6.2.1. <i>Nivel de Actividad Tránsito de Vehículos</i>	<i>41</i>
6.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE OPERACIÓN	43
6.4. RESUMEN DE EMISIONES FASE DE OPERACIÓN.....	46
7. RESULTADOS ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CIERRE	46
7.1. FACTOR DE EMISIÓN	46
7.2. NIVEL DE ACTIVIDAD	53
7.2.1. <i>Nivel de actividad tránsito de vehículos</i>	<i>53</i>
7.2.2. <i>Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de la Maquinaria</i>	<i>54</i>
7.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CIERRE.....	55
7.4. RESUMEN EMISIONES FASE DE CIERRE	60
8. RESUMEN DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA LAS TRES FASES DEL PROYECTO	61
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 4.1.2 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA	17
CUADRO N° 4.2.1 NIVEL ACTIVIDAD, ACTIVIDADES MOVIMIENTO Y TRANSFERENCIA DE MATERIAL	27

CUADRO N° 5.2.2 TRAMOS A RECORRER DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	28
CUADRO N° 5.2.3 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS FASE DE CONSTRUCCIÓN	28
CUADRO N° 5.2.4 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINO NO PAVIMENTADO FASE DE CONSTRUCCIÓN	29
CUADRO N° 5.2.4 NIVEL ACTIVIDAD MAQUINARIA, ASOCIADA A LA TOTALIDAD DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	30
CUADRO N° 5.3.1 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDADES DE MOVIMIENTO DE MATERIAL Y TRANSFERENCIA	30
CUADRO N° 5.3.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN CAMINOS PAVIMENTADOS.....	31
CUADRO N° 5.3.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	31
CUADRO N° 5.3.4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA	33
CUADRO N° 5.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	34
CUADRO N° 5.3.6 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS BUSES EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	34
CUADRO N° 5.3.7 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE CAMIONETAS EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	34
CUADRO N° 5.3.8 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE CAMIONES EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-RISES).....	34
CUADRO N° 5.3.9 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-RESPEL)	35
CUADRO N° 5.3.10 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-PUERTO).....	35
CUADRO N° 5.3.11 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	35
CUADRO N° 5.3.12 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (BUSES) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	35
CUADRO N° 5.3.13 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS (CAMIONETAS) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	36
CUADRO N° 5.4.1 RESUMEN EMISIONES FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	36
CUADRO N° 6.1.1 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.....	38
CUADRO N° 6.1.2 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A FORMULACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) ..	40
CUADRO N° 6.1.3 RESULTADO FACTOR DE EMISIÓN POR COMBUSTIÓN DE MOTORES VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES)	40
CUADRO N° 6.1.4 FORMULACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES DE VEHÍCULOS LIVIANOS (CAMIONETA)	41
CUADRO N° 6.1.5 RESULTADO DEL FACTOR DE EMISIÓN COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS	41
CUADRO N° 6.2.1 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS FASE DE OPERACIÓN.....	42
CUADRO N° 6.2.2 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS FASE DE OPERACIÓN	42
CUADRO N° 6.2.3. NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS LIVIANOS FASE DE OPERACIÓN	42
CUADRO N° 6.3.1 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN CAMINOS PAVIMENTADOS FASE DE OPERACIÓN.....	43
CUADRO N° 6.3.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	43

CUADRO N° 6.3.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	44
CUADRO N° 6.3.4 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO TALCA)	44
CUADRO N° 6.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS EN CAMINOS PAVIMENTADOS (RESPEL)	44
CUADRO N° 6.3.6 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO RISES)	44
CUADRO N° 6.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO RESPEL)	45
CUADRO N° 6.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO PUERTO)	45
CUADRO N° 6.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS (CAMIONETAS) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	45
CUADRO N° 6.3.7 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS EN CAMINOS PAVIMENTADOS	45
CUADRO N° 6.4.1 RESUMEN EMISIONES FASE DE OPERACIÓN	46
CUADRO N° 7.1.1 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	47
CUADRO N° 7.1.2 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA	49
CUADRO N° 7.1.3 FORMULACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES)	53
CUADRO N° 7.1.4 FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LA COMBUSTIÓN EN MOTORES VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES)	53
CUADRO N° 7.2.1 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS FASE DE CONSTRUCCIÓN	54
CUADRO N° 7.2.2 NIVEL ACTIVIDAD TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINO NO PAVIMENTADO FASE DE CONSTRUCCIÓN	54
CUADRO N° 7.2.3 NIVEL ACTIVIDAD MAQUINARIA, ASOCIADA A LA TOTALIDAD DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN	55
CUADRO N° 7.3.1 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN CAMINOS PAVIMENTADOS	56
CUADRO N° 7.3.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA ACTIVIDAD DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	56
CUADRO N° 7.3.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA	57
CUADRO N° 7.3.4 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	58
CUADRO N° 7.3.5 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (BUSES) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	58
CUADRO N° 7.3.6 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS (CAMIONETA) EN CAMINOS PAVIMENTADOS (PROYECTO-TALCA)	58
CUADRO N° 7.3.6 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	58
CUADRO N° 7.3.8 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (BUSES) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	59
CUADRO N° 7.3.9 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS (CAMIONETAS) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	59
CUADRO N° 7.3.10 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (RISES) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	59

CUADRO N° 7.3.11 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS (RESPEL) EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS	59
CUADRO N° 7.4.1 RESUMEN EMISIONES FASE DE CIERRE.....	60
CUADRO N° 8.1 CUADRO RESUMEN DE EMISIONES EN LAS TRES FASES DEL PROYECTO	61

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el cálculo de las emisiones atmosféricas de material particulado y gases del Proyecto Parque Fotovoltaico Quinantu (en adelante el Proyecto). El Proyecto consiste en la construcción y operación de un parque fotovoltaico, y su respectiva línea de evacuación, destinado a la generación de energía eléctrica, a partir de la tecnología solar fotovoltaica, cuya potencia nominal será de 9 MW.

El Proyecto se emplaza en un entorno rural, en una superficie aproximada de 27,7 ha, a 7 km al Sureste (SE) de la ciudad de Talca y a 8,5 km al Noroeste de la localidad de San Clemente, en el Fundo El Rosario, Región del Maule.

Durante la operación del Proyecto se contribuirá a reducir emisiones de gases contaminantes y causantes del efecto invernadero tales como dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) así como también de material particulado, reduciendo con ello los índices de huella de carbono de la generación eléctrica. En este sentido, la operación del Parque supone una disminución en la emisión de CO_2 .

Las principales emisiones de las actividades de la fase de construcción se deben al desplazamiento de vehículos por caminos pavimentados, no pavimentados y combustión de maquinaria. Respecto de las actividades de operación, las emisiones se consideran poco significativas, dado que las actividades a realizar corresponden a la mantención del parque y labores de seguridad. Finalmente, en cuanto a las emisiones para la fase de cierre, corresponden al desmantelamiento de la infraestructura, rehabilitación de la morfología del terreno, así como al tránsito de maquinarias y vehículos.

1.1. Objetivos

Desarrollar la estimación de emisiones de material particulado respirable en sus fracciones MP_{10} , $\text{MP}_{2,5}$ y gases producto de la combustión interna de motores (CO , HC/COV , NO_x , SO_x), las que serán estimadas para las actividades realizadas en cada una de las fases que comprende el Proyecto, las cuales corresponden a construcción, operación y cierre.

2. ANTECEDENTES GENERALES

El Proyecto Fotovoltaico Quinantu corresponde a la construcción y operación de un parque fotovoltaico enmarcado dentro de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) destinado a la generación de energía eléctrica, a partir de la tecnología solar fotovoltaica, cuya potencia nominal sería de 9 MW.

Se contempla abarcar una superficie aproximada de 27,7 ha donde se emplazarán las distintas partes y obras. Dentro de dicha superficie se considera la implementación de obras e instalaciones tanto temporales como permanentes referidas a las actividades de construcción y operación del Proyecto. Respecto al área de instalaciones temporales de instalación de faenas (220 m²) y zona de residuos (78) m², serán utilizadas durante la fase de operación con las mismas funciones dadas con anterioridad.

Referente a las obras permanentes, correspondientes a las partes, obras equipos e instalaciones que permanecerán en el lugar durante la fase de operación se listan a continuación:

- Paneles Solares¹: 199.806 m²
- Centro de Inversión y Transformación (CTIN) 2 x 46 m²: 92 m²
- Centro de Seccionamiento: 15 m²
- Centro de Control²: 238 m²
- Fosa Séptica: 23 m²
- Zona de Residuos: 550 m²
- Estacionamientos: 1.500 m²

- Construcción:

El cronograma de la fase de construcción, cuya duración estimada corresponde a 6 meses, se muestra en el siguiente cuadro, indicando la duración de las principales acciones asociadas a la construcción del Parque Solar.

Cuadro N° 1.1.1. Cronograma fase de construcción Parque Fotovoltaico Quinantu

ACTIVIDAD/MES	1	2	3	4	5	6
Habilitación de la instalación de faenas						
Habilitación de acceso						
Preparación de terreno						
Movimiento de tierras						
Habilitación de caminos						
Habilitación cercado perimetral						
Habilitación de Instalaciones permanentes						
Habilitación de seguidores y montaje de paneles						

¹ Se considera el área bajo los paneles más la separación entre seguidores.

² Dentro de ella se encuentra 1 Bodega, 1 Taller, 1 Oficina, 1 Baño y un tanque de agua.

ACTIVIDAD/MES	1	2	3	4	5	6
Habilitación de canalización para el cableado soterrado						
Habilitación Línea de Media Tensión						
Pruebas y puesta en servicio						
Fin de obra y desmontaje de obras temporales						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Operación:**

La fase de operación considera la generación de electricidad a partir de energía solar por medio del empleo de paneles fotovoltaicos y otras instalaciones que formarán parte del Parque, sumado a labores complementarias.

En cuanto a las acciones complementarias, se consideran la vigilancia y el mantenimiento del Parque, para así mantener el funcionamiento del Parque en condiciones óptimas de operación.

El siguiente cuadro indica el cronograma asociado a toda la vida útil Proyecto.

Cuadro N° 1.1.2. Nuevas actividades en fase de operación

ACTIVIDAD	AÑOS						
	1	2	3	4	5	...	30
Generación de energía eléctrica							
Mantenimiento y vigilancia							

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Cierre:**

La fase consiste principalmente en el desmontaje y desarme de todas las estructuras presentes en el Parque, lo cual tiene una duración total de 3 meses. Las actividades a desarrollar durante esta fase son las siguientes:

Cuadro N° 1.1.3. Nuevas actividades en fase de cierre

ACTIVIDAD/MES	1	2	3
Retiro de insumos			
Desarme de instalaciones modulares			
Retiro de instalaciones modulares			
Retiro soporte de hormigón y/o madera de las instalaciones modulares			
Limpieza general del área			

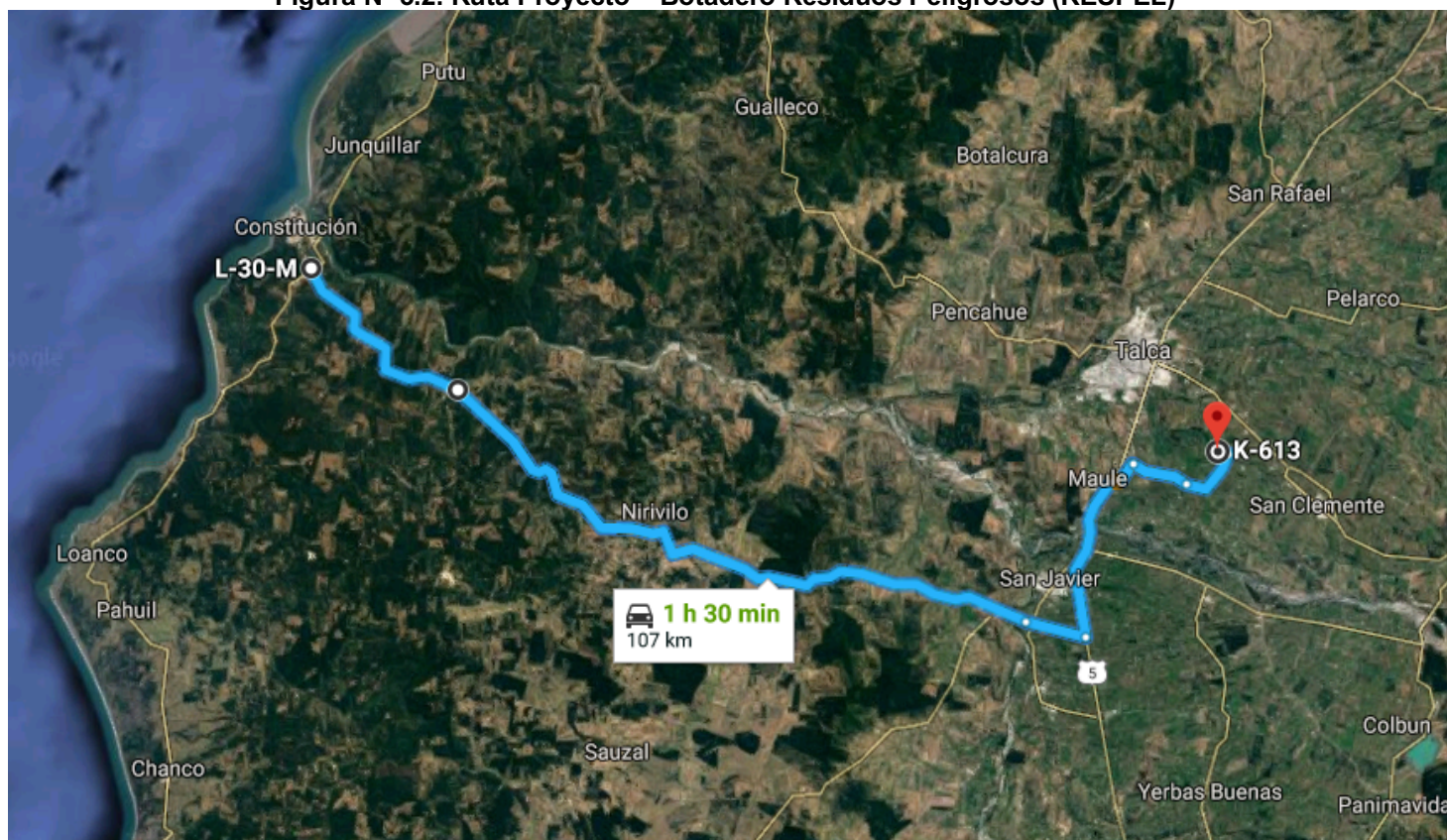
Fuente: Elaboración propia, 2018.

3. ÁREA DE INFLUENCIA

Se considera como área de influencia toda la superficie de emplazamiento de Proyecto y las rutas asociadas al transporte. Para esta determinación se ha realizado una identificación de fuentes y estimación de las emisiones atmosféricas para estas obras, partes y actividades en las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto con el fin de determinar las emisiones de los diferentes contaminantes. Por lo anterior, en consideración de la magnitud de las actividades y su temporalidad, el área de influencia queda determinada entonces por los alcances espaciales de los potenciales efectos o cambios de la calidad del aire sobre el área de intervención de las obras y actividades del Proyecto.

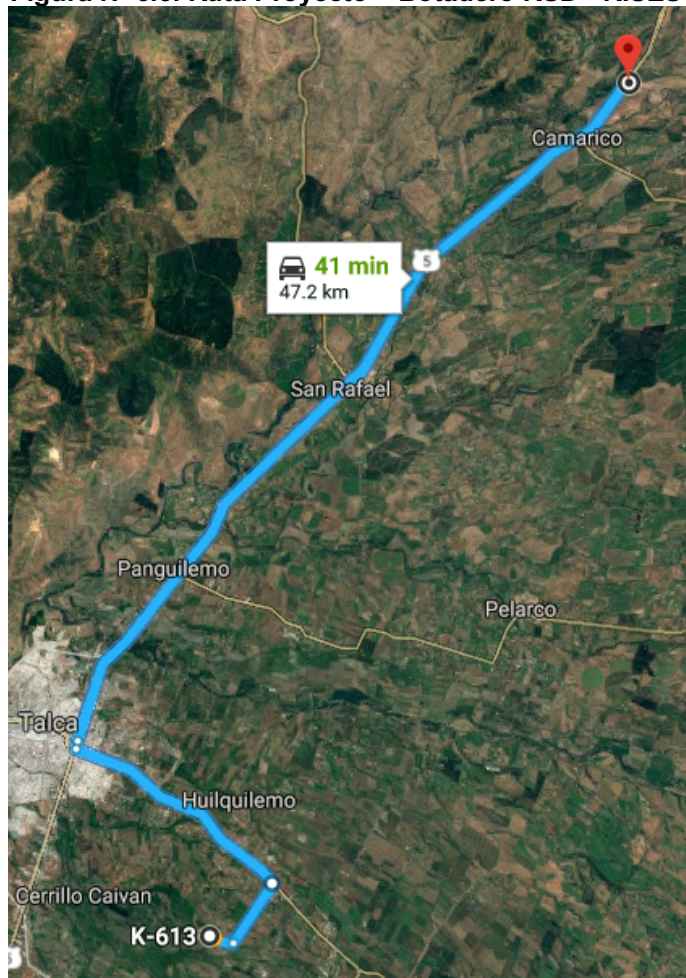
Al respecto el área de influencia se acota a las superficies donde se producirán las emisiones atmosféricas, el área del Proyecto propiamente tal, incluyendo la circulación por caminos internos no pavimentados, utilización de maquinaria y movimientos de tierra a ejecutar.

A continuación se muestran distintas figuras indicando las rutas propuestas por cada actividad:

Figura N° 3.2. Ruta Proyecto – Botadero Residuos Peligrosos (RESPEL)³

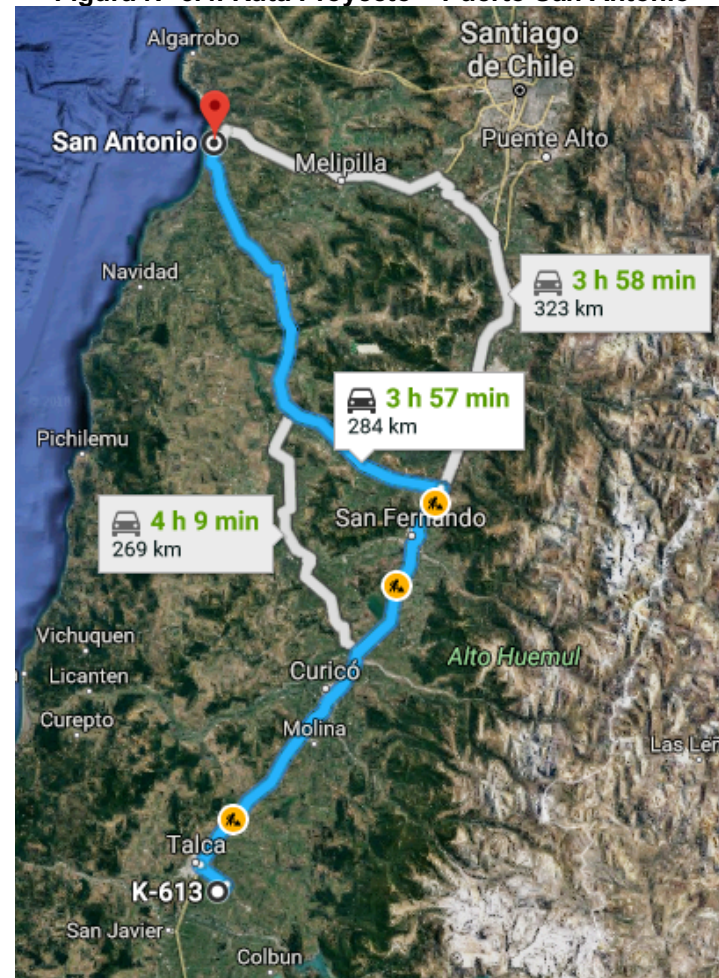
Fuente: Elaboración propia, 2018.

³ De acuerdo a lo observado en terreno la ruta identificada en la figura como K-613, corresponde a la ruta K-611

Figura N° 3.3. Ruta Proyecto – Botadero RSD - RISES⁴

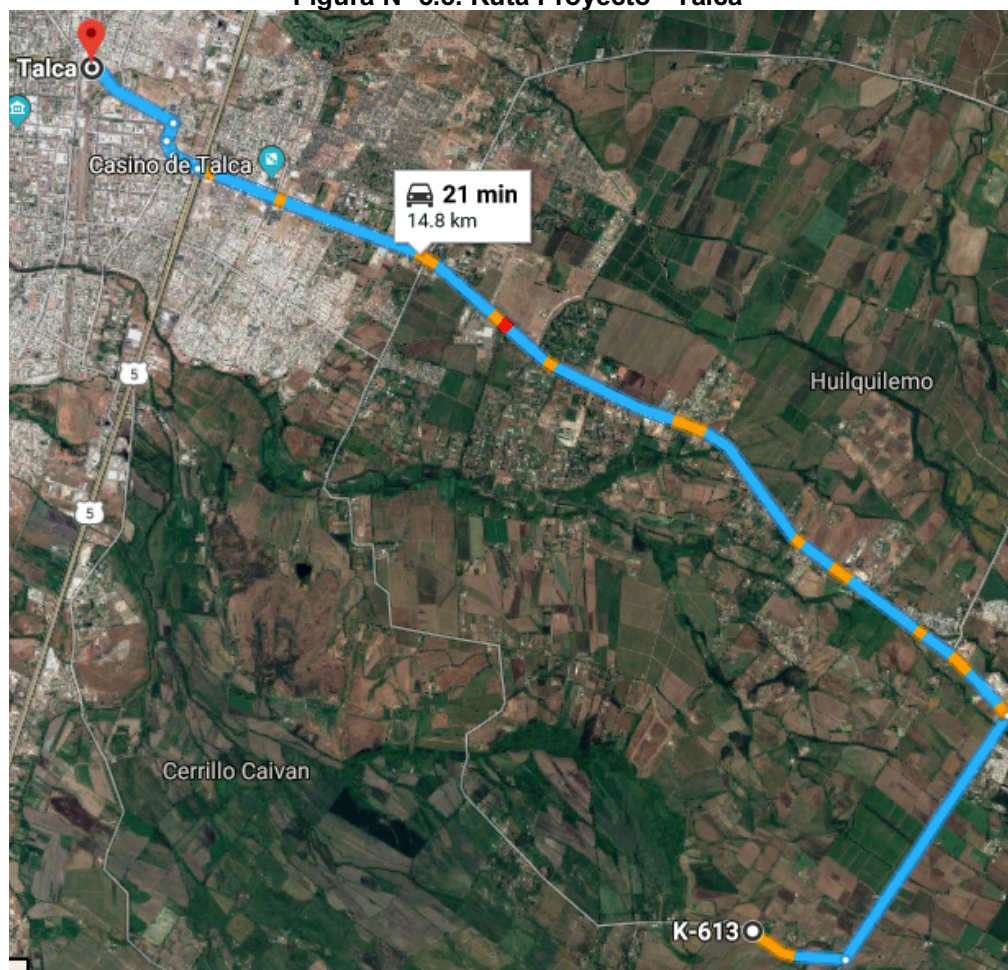
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura N° 3.4. Ruta Proyecto – Puerto San Antonio



Fuente: Elaboración propia, 2018.

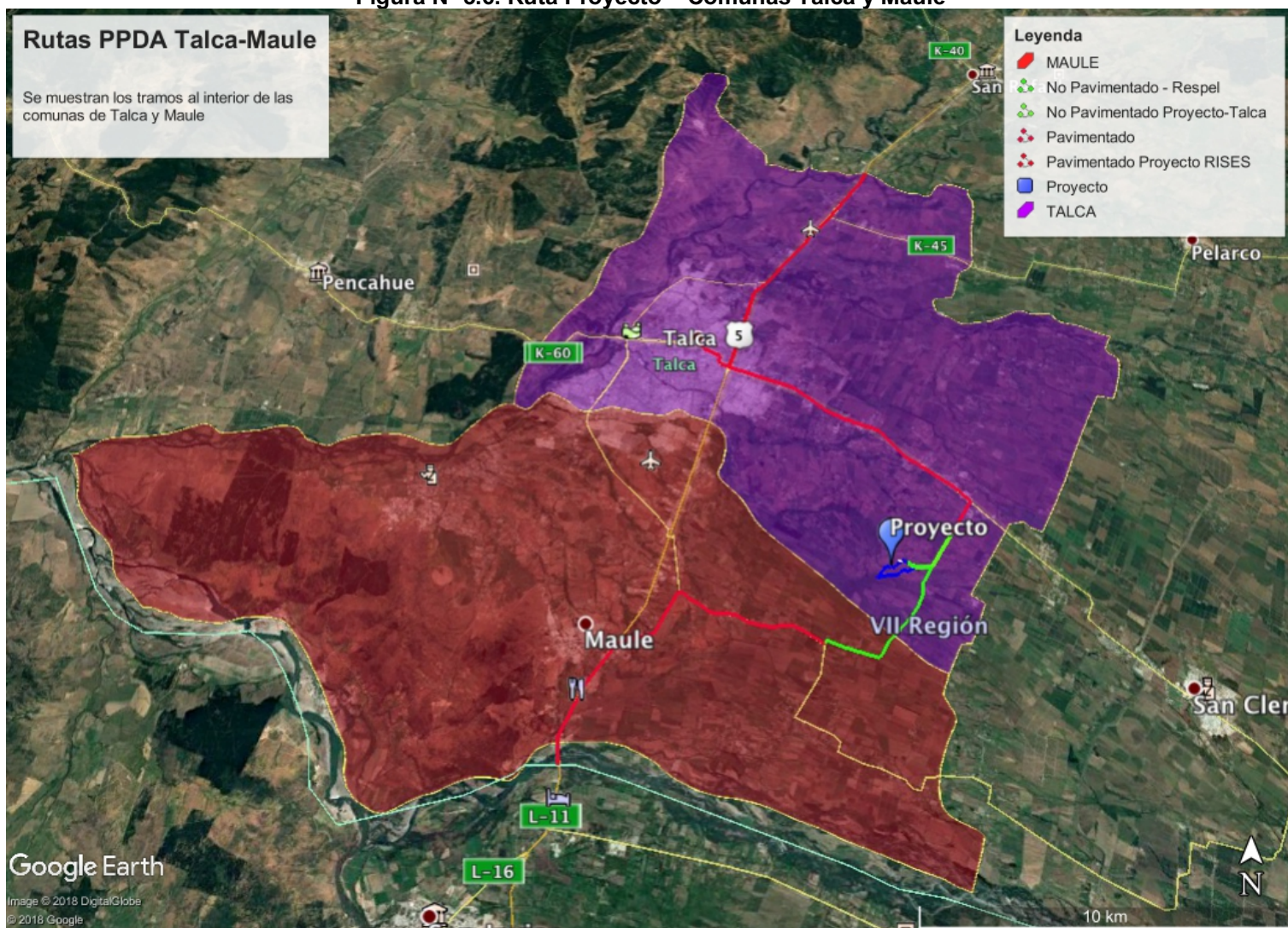
Figura N° 3.5. Ruta Proyecto - Talca



Fuente: Elaboración propia, 2018.

⁴ De acuerdo a lo observado en terreno la ruta identificada en la figura como K-613, corresponde a la ruta K-611

Figura N° 3.6. Ruta Proyecto – Comunas Talca y Maule



Fuente: Elaboración propia, 2018.

4. METODOLOGÍA

4.1. Aspectos Generales

En la fase de construcción, operación y cierre, las emisiones son estimadas en base a la utilización de factores de emisión, los cuales se corresponden con una relación entre el contaminante emitido a la atmósfera y los niveles de actividad, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_i = Fe_i * NA * (1 - P_i)$$

Donde:

E_i : Emisión de la sustancia i .

Fe_i : Factor de Emisión de la sustancia i .

NA: Nivel de Actividad.

$(1 - P_i)$: Factor de corrección, P : eficiencia de control.

4.2. Factores de Emisión

Los factores de emisión utilizados para obtener la estimación de emisiones que forma parte del presente informe, corresponden a aquellos aceptados por la autoridad:

- US EPA. 1995 y posteriores actualizaciones. AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition.
- BS Consultores. 2015. Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisiones al Aire para el SEIA. Informe Final.
- SEREMI MEDIO AMBIENTE REGIÓN METROPOLITANA, 2012. Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana.

5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CONSTRUCCIÓN

La fase de construcción se estima se realice en un total de seis (6) meses, para los que se consideran las siguientes actividades según cronograma de Proyecto (Cuadro N° 1.1.1):

- Inicio de construcción
- Habilitación de la instalación de faenas
- Ingreso de maquinaria
- Acceso
- Obra civil
- Perforación
- Hincado de perfiles
- Montaje del seguidor
- Montaje de módulos
- Instalación baja tensión
- Instalación media tensión
- Instalaciones de seguridad
- Instalación CTINs
- Instalaciones comunicaciones
- Instalación línea de evacuación
- Implementación SCADA
- Fin de obra y desmontaje de obras temporales
- Pruebas y puesta en marcha

De lo anterior, es posible destacar que las actividades generadoras de emisiones de material particulado y gases se desarrollaran principalmente entre los cinco (5) primeros meses de trabajo, dado que el último mes sólo se efectuará desplazamiento de vehículos para el traslado de trabajadores que realicen las diferentes pruebas y puesta en marcha del parque, para con ello dar continuidad con la operación del mismo.

5.1. Factores de Emisión

A continuación, se presentan los factores de emisión asociados a la fase de construcción, separados entre los que corresponden a la generación de material particulado, combustión de maquinaria, combustión de grupos electrógenos y combustión de motores de vehículos.

Cuadro N° 5.1.1. Factores de emisión asociados a la generación de material particulado fase de construcción

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Escarpe	5,7	Capítulo 13, Sección 13.2.2 "Heavy Construction Operations", AP-42	No utiliza	Por defecto para 1 ha se recorre una distancia de 3,7 Km	-	-	-	5,7
Excavación	$k*((s)^a)/((M)^b)$ (kg/h)	Capítulo 11, Sección 11.9"Western Surface Coal Mining", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 11.9-2, Capítulo 11, Sección 11.9"Western Surface Coal Mining", AP-42	0,27	0,34	0,32	0,62
			s:% de finos	Tabla 11.9-3, Capítulo 11, Sección 11.9"Western Surface Coal Mining", AP-42	8,6	8,6		
			M:humedad del material (%)	Tabla 11.9-3, Capítulo 11, Sección 11.9"Western Surface Coal Mining", AP-42	6,5	6,5		
			a; b: Exponentes	Tabla 11.9-3, Capítulo 11, Sección 11.9"Western Surface Coal Mining", AP-42	1,2 1,3	1,5 1,4		
Trasferencia de material, carguío y volteo de camiones	$0,0016*k*((U/2,2)^{1,3}/(M/2)^{1,4})$ (Kg/ton)	Capítulo 13, Sección 13.2.4"Aggregate Handling and Storage Piles", AP-42	k: tamaño partícula	Capítulo 13, Sección 13.2.4"Aggregate Handling and Storage Piles", AP-42	0,05	0,35	0,00003	0,0002

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
			U: Velocidad del viento (m/s)	Estación San Clemente http://agromet.inia.cl/ año 2017	3,6	3,6		
			M: humedad del material (%)	Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles"	6,5	6,5		
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Tramo Proyecto_Puerto de San Antonio	$K*(sL)^{0,91}*(W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,16	0,64
			sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	25	25		
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Proyecto_Talca	$K*(sL)^{0,91}*(W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,14	0,57

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Proyecto_Botadero RISES y RSD	$K \cdot (sL)^{0,91} \cdot (W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,03	0,03	0,086	0,357
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	22	22		
			k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,15	0,62		
			sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	14	14		

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Proyecto_Botadero Respel	$K*(sL)^{0,91}*(W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,04	0,15
			sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	6	6		
Tránsito vehículos livianos por caminos no pavimentados (2,2 km) ⁵	$K*((s/12)^a*(W/3)^b$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2 "Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2 "Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,85	7,34	73,40
			s: % de finos en el suelo	Valor por defecto, Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas para la Región Metropolitana	8,6	8,6		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	4,4	4,4		

⁵ Considera 75 % de abatimiento por Humectación de caminos como un escenario conservador tanto para MP_{2,5} como MP₁₀.

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
			a; c; Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		
Tránsito vehículos pesados por caminos no pavimentados Rutas K-655 y K-611 (2,2 km) ⁶	$K*((s/12)^a*(W/3)^b)$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,9	15,44	154,39
			s: % de finos en el suelo	Valor por defecto, Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas para la Región Metropolitana	8,6	8,6		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	23	23		
			a; c; Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

⁶ Considera 75 % de abatimiento por Humectación de caminos como un escenario conservador tanto para MP_{2,5} como MP₁₀.

Cuadro N° 5.1.1 Factores de emisión asociados a la utilización de maquinaria

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión de	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
Camión mixer	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,87	1,87	5,09	24,38	2,29
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	6	6	6	6	6					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	283	283	283	283	283					
cargador frontal	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,01	1,01	3,10	11,83	1,42
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	103	103	103	103	103					
Camión tolva	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,87	1,87	5,09	24,38	2,29
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	6	6	6	6	6					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	283	283	283	283	283					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
Motoniveladora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,18	1,18	3,22	15,39	1,45
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	134	134	134	134	134					
Retroexcavadora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	0,83	0,83	2,79	7,93	1,29
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,51	1,51	5,06	14,36	2,33					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	69	69	69	69	69					
Rodillo Compactador	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,62	1,62	4,43	21,20	1,99
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	6	6	6	6	6					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	246	246	246	246	246					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
Hincadora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	2,49	2,49	2,41	9,19	1,10
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	80	80	80	80	80					
Grúa	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	2,49	2,49	6,79	32,51	3,06
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	283	283	283	283	283					
Toro Manitou (Grúa Horquilla)	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	0,48	0,48	1,62	4,60	0,75
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,51	1,51	5,06	14,36	2,33					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	40	40	40	40	40					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión de	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
Perforadora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,48	1,48	4,03	19,30	1,81
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	168	168	168	168	168					
Excavadora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,48	1,48	4,03	19,30	1,81
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	168	168	168	168	168					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.1.2. Factores de Emisión Asociados a la Combustión del Generador de 20 kVA (16 kW)

COMBUSTIBLE DIESEL (hasta 600 hp)	UNIDAD	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	SO _x
Factor de emisión según potencia	kg/kW-hr	0,00134	0,00134	0,00406	0,0188	0,00125
Potencia	kW	16	16	16	16	16

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Cuadro N° 5.1.3 Factores de Emisión Asociados a la Combustión de los (10) Generadores de 5 kVA (4 kW)

COMBUSTIBLE DIESEL (hasta 600 hp)	UNIDAD	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	SO _x
Factor de emisión según potencia	kg/kW-hr	0,00134	0,00134	0,00406	0,0188	0,00125
Potencia	kW	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Cuadro N° 5.1.4 Formulación de Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores de vehículos pesados (Camiones)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
CO	$(1,24588358438859 + (103,700537481749/1 + \exp(((-1)^{-1,3906312471446}) + (0,543451750078654 * \ln(V))) + (0,0390066425998189 * V))))$
HC/COV	$((0,135938586321894 + (0,71588074810547 * \exp(((-1)^{-0,0234666513590177} * V))) + (2,79878282504916 * \exp(((-1)^{-0,123459782380517} * V))))$
NO _x	$((5,58300975720938 + (14,5724996214701 * \exp(((-1)^{-0,0510403515051286} * V))) + (45,651882800859 * \exp(((-1)^{-0,309240087785118} * V))))$
SO _x ⁷	$2 * 0,00035 * ((199,101296810716 + (496,037924788222 * \exp(((-1)^{-0,0466183266185801} * V))) + (3798,31076366067 * \exp(((-1)^{-0,573715458508514} * V))))$
MP ₁₀	$((0,100820480611018 + (0,424449762706025 * \exp(((-1)^{-0,0416436785215947} * V))) + (0,864328026775096 * \exp(((-1)^{-0,159945936589218} * V))))$

Nota: Se consideró como vehículos pesados a camiones Diésel Tipo 3 (Euro III).

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM.

En donde la variable corresponde a la velocidad (V) y el resultado del factor de emisión corresponde a:

Cuadro N° 5.1.5 Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores vehículos pesados (Camiones)

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (g/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	HC/COV	SO _x
Velocidad Camino pavimentado	50	0,15	0,15	6,72	1,68	0,36	0,17

⁷ Guía metodológica: Inventario de Emisiones Atmosféricas V Región (2011) para el caso de SO_x.

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (g/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	HC/COV	SO _x
Velocidad Camino no pavimentado	30	0,23	0,23	8,74	2,49	0,56	0,23

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.1.6. Formulación de Factores de Emisión Asociados a la Combustión de Motores de Vehículos Pesados (Buses)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)
CO	$((1,08632604031267+(6,46823166382744*\exp(((1)*0,0457909676088093)*v)))+(15,0010348169023*\exp(((1)*0,221904651804259)*v)))$
HC	$(0,227231246172132+(15,6623993601925/(1+\exp((((1)*-0,530825258433305)+(0,64893877880533*\ln(v)))+(0,0270342446309713*v))))))$
NO _x	$((5,30542698745506+(21,8812199241423*\exp(((1)*0,0529967144180243)*v)))+(90,0551365078442*\exp(((1)*0,247649925809256)*v)))$
SO _x	$2*0,00035*((199,101296810716+(496,037924788222*\exp(((1)*0,0466183266185801)*v)))+(3798,31076366067*\exp(((1)*0,573715458508514)*v)))$
MP ₁₀	$(0,0824673698756213+(1,06820321325441/(1+\exp((((1)*2,35097203495455)+(1,08187915615308*\ln(v)))+(0,0118433684419714*v))))))$

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En el Cuadro anterior, la variable “v” corresponde a la velocidad (km/h) y el resultado del factor de emisión corresponde a lo señalado en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.1.7. Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores vehículos pesados (Buses)

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (g/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	HC/COV	SO _x
Velocidad Camino pavimentado	50	0,17	0,17	6,85	1,74	0,41	0,15
Velocidad Camino no pavimentado	30	0,25	0,25	9,82	2,74	0,66	0,20

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.1.8. Formulación de Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores de vehículos livianos (Camioneta)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
CO	$0,82*(0,000223*v^2-0,026*v+1,076)$
HC/COV	$0,62 * (0,0000175*v^2 - 0,00284 * v + 0,2162)$

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
NO _x	$0,84*(0,000241*V^2-0,03181*V+2,0247)$
SO _x ⁸	$2*0,00035*(0,0198*V^2 - 2,506*V + 137,42)$
MP ₁₀	$0,67 * (0,000045 * V^2 - 0,004885 * V + 0,1932)$

Se consideró como vehículo liviano a vehículos comerciales Diésel Tipo 2 (Euro III).
Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM.

Cuadro N° 5.1.9. Factores de Emisión asociados a la Combustión en vehículos livianos (Camionetas)

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS DE FACTOR DE EMISIÓN g/km					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	HC/COV	SO _x
Velocidad Camino pavimentado	60	0,04	0,04	0,83	0,26	0,07	0,04
Velocidad Camino no pavimentado	50	0,04	0,04	0,87	0,27	0,07	0,04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.2. Nivel de Actividad

A continuación, se presenta el nivel de actividad asociada a cada una de las actividades consideradas en el acápite anterior.

5.2.1. Nivel de Actividad para Excavación y Transferencia de Material

En el siguiente Cuadro es posible apreciar los niveles de actividad estimados para cada una de las actividades asociadas.

Cuadro N° 5.2.1 Nivel actividad, actividades movimiento y transferencia de material

ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	UNIDAD
Escarpe	1	km
Excavación	124	hr
Transferencia de material, carguío, volteo	14.687	Ton

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Es necesario mencionar que para estimar los niveles de actividad asociados al Proyecto se han utilizado las siguientes consideraciones:

- Para la actividad de excavación se ha considerado como rendimiento el valor referencial obtenido de la “Guía para la Estimación de Emisiones de Proyectos Inmobiliarios RM”, Seremi de Medio Ambiente 2012, el cual indica que una pala de 1 m³ posee un rendimiento igual a 30 m³/h. Se consideró que el valor a excavar corresponde a 3.716 m³ de material, el cual se encuentra asociado a la habilitación de caminos, cercado perimetral, zanja de cableado y nivelación de las áreas de instalaciones temporales y permanentes.

⁸ Guía metodológica: Inventario de Emisiones Atmosféricas V Región (2011) para el caso de SO_x

- Para la transferencia de material se consideró que el material corresponde a 9.792 m³ (excavaciones y rellenos totales de la fase), con una densidad del material de 1,5 ton/m³.
- Para el escarpe fue considerada una superficie de 2.418 m², lo cual corresponde a las áreas de instalaciones complementarias y de servicios.

5.2.2. Tramos de Ruta a Recorrer

Tal como se muestra en la Figura N° 3.6 las rutas que serán consideradas para el cálculos de emisiones atmosféricas corresponden a las que están al interior de las comunas de Talca y Maule. Para que existe una congruencia entre lo mencionado en las Figuras N° 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 con la Figura N°3.6 a continuación se presenta un cuadro donde se realiza el desglose de las vías a recorrer:

Cuadro N° 5.2.2 Tramos a recorrer durante el desarrollo del Proyecto

Tramo	Interior comunas Talca y Maule		Fuera de las comuna Talca y Maule (km)	Distancia Total Tramo (km)	Distancia Total en Evaluación (km)
	Pavimentado (km)	No pavimentado (km)			
Proyecto-Talca	12,6	2,2	0	14,8	14,8
Proyecto-Puerto	21,5	2,2	299,3	323	23,7
Proyecto-RISES	21,5	2,2	23,5	47,2	23,7
Proyecto-RESPAL	11,8	6,14	89,06	107	17,94

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.2.3. Nivel de Actividad Tránsito de Vehículos

Caminos Pavimentados

En cuanto al desplazamiento de la flota de vehículos, se estima que estos realizan viajes durante toda la fase de construcción.

Cuadro N° 5.2.3 Nivel Actividad Tránsito de Vehículos fase de construcción

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Bus (cap 22 personas)	Personas	25,2	432
Camión Aljibe (12 m3)	Agua Industrial	25,2	72
Camión Aljibe (12 m3)	Agua Potable	25,2	6
Camión Grúa (20 o 30 ton)	Transporte Maquinaria	25,2	36
Camión Combustible (15 m3)	Combustible	25,2	24

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Camión Mixer 9m3	Hormigón	25,2	92
Camión (20 o 30 ton)	Estructuras (Modulos fotovoltaicos, seguidores solares, perfiles de acero,materiales electricos)	43,0	113
Camion Tolva (cap. 12 m3)	Botadero RSD	43,0	72
Camion Tolva (cap. 12 m3)	Botadero RESPEL	1	1
Camión Tolva (cap. 12 ton)	Botaderos RISES	14	14
Camioneta	Personas	25,2	576
Camión 3/4	Botadero RLD	72	72

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Caminos no Pavimentados

Dentro de la categoría de caminos no pavimentados se encuentran: Ruta K-655 y Ruta K-611, las cuales suman un total de 2,2 Km entre ambas; dichas rutas han sido consideradas para casi la totalidad de los viajes. La excepción se encuentra en la ruta para el botadero Respel, donde han sido estimado un total de la 6,14 km de caminos sin pavimentar. La estimación del nivel de actividad se indica a continuación.

Cuadro N° 5.2.4 Nivel Actividad Tránsito de Vehículos por camino no pavimentado fase de construcción

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Bus (cap 22 personas)	Personas	4,4	432
Camión Aljibe (12 m3)	Agua Industrial	4,4	72
Camión Aljibe (12 m3)	Agua Potable	4,4	6
Camión Grúa (20 o 30 ton)	Transporte Maquinaria	4,4	36
Camión Combustible (15 m3)	Combustible	4,4	24
Camión Mixer 9m3	Hormigón	4,4	92
Camión (20 o 30 ton)	Estructuras (Modulos fotovoltaicos, seguidores solares, perfiles de acero,materiales electricos)	4,4	113
Camion Tolva (cap. 12 m3)	BotaderoRSD	4,4	72
Camión Tolva (cap. 12 ton)	Botadero RESPEL	12,8	1
Camión Tolva (cap. 12 ton)	Botaderos RISES	4,4	14
Camioneta	Personas	4,4	576
Camión 3/4	Botadero RLD	4,4	72

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.2.4. Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de la Maquinaria

Respecto de la maquinaria, en el siguiente cuadro se presenta el nivel de actividad estimado en función de las horas totales que serán ocupadas, durante la fase de construcción.

Cuadro N° 5.2.5 Nivel Actividad Maquinaria, asociada a la totalidad de la fase de construcción

TIPO DE MAQUINARIA	NIVEL DE ACTIVIDAD	
	CANTIDAD	UTILIZACIÓN (días/fase)
Camión mixer	1	20
Cargador Frontal	1	72
Camión Tolva	3	48
Motoniveladora	1	48
Retroexcavadora	2	48
Rodillo Compactador	1	42
Hincadora	2	24
Grúa	1	2
Toro/Manitou	2	72
Perforadora	2	24
Excavadora	2	24

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.2.5. Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de Generadores

Respecto de la utilización de generadores, se tiene que se contará con un generador de 20 kVA en la zona de contratistas, y que será utilizado por los 6 meses de duración de la fase de construcción, funcionando por 1.296 hr/fase⁹. En cuanto a los generadores utilizados en los frentes de trabajo, se considera un máximo de diez (10) generadores de 5 kVA cada uno, que serán utilizados durante toda la fase de construcción, estimándose un total de 1.296 hr/fase¹⁰ para cada uno de ellos.

5.3. Estimación de Emisiones Fase de Construcción

A continuación, en los siguientes cuadros se presentan las emisiones estimadas para las actividades descritas anteriormente.

Cuadro N° 5.3.1 Estimación de emisiones para actividades de movimiento de material y transferencia

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN			NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	UNIDAD		MP _{2,5}	MP ₁₀
Escarpe	-	5,7	Kg/Km	99 km	-	0,56
Excavación	0,32	0,62	kg/hora	124 hr	0,04	0,08
Transferencia de material	0,00001	0,0001	kg/ton	14.667 ton	0,00	0,00
Total					0,04	0,64

Fuente: Elaboración propia, 2018.

⁹ Considerando 9 horas de funcionamiento al día, 24 días laborales al mes durante 6 meses.

¹⁰ Considerando 9 horas de funcionamiento al día, 24 días laborales al mes durante 6 meses.

Cuadro N° 5.3.2 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos en caminos pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Bus (cap 22 personas)	0,16	0,66	25,2	432	0,0017	0,007
Camión Aljibe (12 m3)	0,16	0,66	25,2	72	0,0003	0,0012
Camión Aljibe (12 m3)	0,16	0,66	25,2	6	0,0000	0,0001
Camión Grúa (20 o 30 ton)	0,16	0,66	25,2	36	0,0001	0,0006
Camión Combustible (15 m3)	0,16	0,66	25,2	24	0,00010	0,0004
Camión Mixer 9m3	0,16	0,66	25,2	92	0,0004	0,0015
Camión (20 o 30 ton)	0,16	0,64	43,0	113	0,001	0,003
Camioneta	0,16	0,66	25,2	576	0,002	0,010
Camión 3/4 (mediano)	0,16	0,66	0,0	72	0,000267	0,001105
Camion Tolva (cap. 12 m3) Tránsito de RSD	0,09	0,64	0,0	14	0,000052	0,000215
Camión Tolva (cap. 12 ton) Tránsito de RISES	0,16	0,66	0,0	72	0,000288	0,001190
Camion Tolva (cap. 12 m3) Tránsito de RESPEL	0,04	0,64	0,0	1	0,000001	0,000004
Total					0,00631	0,0261

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.3 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Bus (cap 22 personas)	7,37	73,69	4,4	432	0,014	0,140
Camión Aljibe (12 m3)	16,06	160,59	4,4	72	0,0051	0,0509
Camión Aljibe (12 m3)	16,06	160,59	4,4	6	0,0004	0,004
Camión Grúa (20 o 30 ton)	16,06	160,59	4,4	36	0,0025	0,025
Camión Combustible (15 m3)	16,06	160,59	4,4	24	0,0017	0,0170
Camión Mixer 9m3	16,06	160,59	4,4	92	0,006	0,0650
Camión (20 o 30 ton)	16,06	160,59	4,4	113	0,008	0,080
Camioneta	7,37	73,69	4,4	576	0,019	0,187
Camión 3/4 (mediano)	16,06	160,59	4,4	72	0,002	0,023
Camion Tolva (cap. 12 m3) Tránsito de RSD	16,06	160,59	4,4	72	0,005	0,051
Camión Tolva (cap. 12 ton) Tránsito de RISES	16,06	160,59	4,4	14	0,0010	0,010
Camion Tolva (cap. 12 m3)	7,37	73,69	12,8	1	0,00009	0,0009

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Tránsito de RESPEL						
Total¹¹					0,0933	0,9331

Fuente: Elaboración propia, 2018.

¹¹ Considera 75 % de abatimiento por Humectación de caminos como un escenario conservador tanto para MP_{2,5} como MP₁₀.

Cuadro N° 5.3.4 Estimación de emisiones por utilización de maquinaria

TIPO DE MAQUINARIA	FACTOR DE EMISIÓN (kg/día maquinaria)					NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton)				
	MP _{2,5}	MP ₁₀	CO	NOx	HC	Días/Fase	Cantidad	MP _{2,5}	MP ₁₀	CO	NOx	HC
Camión mixer	1,1	1,1	3	14,36	1,35	20	1	0,04	0,04	0,10	0,49	0,05
Cargador Frontal	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72	72	1	0,07	0,07	0,22	0,85	0,10
Camión Tolva	1,1	1,1	3	14,36	1,35	48	3	0,27	0,27	0,73	3,51	0,33
Motoniveladora	1,1	1,1	3	14,36	1,35	48	1	0,06	0,06	0,15	0,74	0,07
Retroexcavadora	1,51	1,51	5,06	14,36	2,33	48	2	0,08	0,08	0,27	0,76	0,12
Rodillo Compactador	1,1	1,1	3	14,36	1,35	42	1	0,07	0,07	0,19	0,89	0,08
Hincadora	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72	24	2	0,04	0,04	0,12	0,44	0,05
Grúa	1,1	1,1	3	14,36	1,35	2	1	0,00	0,00	0,01	0,07	0,01
Toro/Manitou	1,51	1,51	5,06	14,36	2,33	72	2	0,07	0,07	0,23	0,66	0,11
Perforadora	1,1	1,1	3	14,36	1,35	24	2	0,07	0,07	0,19	0,93	0,09
Excavadora	1,1	1,1	3	14,36	1,35	24	2	0,07	0,07	0,19	0,93	0,09
Total								0,84	0,84	2,42	10,26	1,10

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.5 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	25,2	302	0,01
HC	0,36			0,003
NOx	6,72			0,05
SOx	0,17			0,001
MP ₁₀	0,15			0,001

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.6 Emisiones por Combustión de Vehículos Buses en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,74	25,2	432	0,019
HC	0,41			0,004
NOx	6,85			0,075
SOx	0,15			0,0016
MP ₁₀	0,17			0,0018

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.7 Emisiones por Combustión de camionetas en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,26	25,2	576	0,004
HC	0,07			0,0010
NOx	0,83			0,012
SOx	0,04			0,0006
MP ₁₀	0,04			0,0006

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.8 Emisiones por Combustión de Camiones en caminos pavimentados (Proyecto-Rises)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	43	14	0,00
HC	0,36			0,00
NOx	6,72			0,00
SOx	0,17			0,00
MP ₁₀	0,15			0,000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.9 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto-Respel)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	23,6	1	0,01
HC	0,36			0,003
NOx	6,72			0,05
SOx	0,17			0,001
MP ₁₀	0,15			0,001

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.10 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto-Puerto)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	43	113	0,01
HC	0,36			0,003
NOx	6,72			0,05
SOx	0,17			0,001
MP ₁₀	0,15			0,001

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.11 Emisiones por Combustión de Vehículos pesados (camiones) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	4,4	877	0,01
HC	0,56			0,002
NOx	8,74			0,03
SOx	0,23			0,001
MP ₁₀	0,23			0,001

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.12 Emisiones por Combustión de Vehículos pesados (buses) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,74	4,4	432	0,0052
HC	0,66			0,0013
NOx	9,82			0,0187
SOx	0,20			0,0004
MP ₁₀	0,25			0,0005

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 5.3.13 Emisiones por Combustión de Vehículos livianos (camionetas) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,27	4,4	576	0,0007
HC	0,07			0,0002
NOx	0,87			0,0022
SOx	0,04			0,00011
MP ₁₀	0,04			0,00010

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En cuanto a la estimación de emisiones para esta fase, es importante señalar que las actividades realizadas poseen un carácter local y temporal, toda vez que estas se producen dentro de los 6 meses que dura la fase de construcción del Proyecto. La actividad que mayor aporte presenta a las emisiones, corresponde a la combustión de maquinaria.

5.4. Resumen de Emisiones Fase Construcción

Cuadro N° 5.4.1 Resumen emisiones fase de Construcción

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
FASE DE CONSTRUCCIÓN						
Escarpe	-	0,00	-	-	-	-
Excavación	0,04	0,08	-	-	-	-
Transferencia de Material	0,001	0,01	-	-	-	-
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,01	0,03	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,05	0,47	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,02	0,19	-	-	-	-
Combustión maquinaria	0,84	0,84	10,26	2,42	-	1,10
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00	0,00	0,13	0,03	0,003	0,01
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,0006	0,0006	0,012	0,004	0,0006	0,0010
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,001	0,001	0,05	0,01	0,001	0,00
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,00010	0,00010	0,002	0,0007	0,00011	0,0002
Grupos Electrógenos	0,10	0,10	1,36	0,29	0,091	-
Total Fase de Construcción	1,05	1,71	11,82	2,76	0,10	1,11

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE OPERACIÓN

Las actividades a desarrollar durante la fase de operación, cuya duración se estima en 30 años, corresponden principalmente a tareas menores de mantención del parque fotovoltaico y seguridad, por lo que se consideran, serán eventuales. Dado lo anterior, se tiene que las emisiones se encuentran asociadas a dos grupos electrógenos de respaldo y tránsito de vehículos, tanto para el traslado del personal como para el tránsito de insumos y residuos que se generarán durante esta fase.

6.1. Factores de Emisión

Los factores se encuentran asociados al tránsito y combustión de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados. La estimación de los factores de emisión para esta fase se indica a continuación.

Cuadro N° 6.1.1 Factores de emisión asociados a la generación de material particulado

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor Emisión de	Parámetros Factores de Emisión				Factor de Emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Proyecto_Talca	$K \cdot (sL)^{0,91} \cdot (W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,12	0,50
			sL: carga de material fino (g/m ²)	Capítulo 13, Sección 13.2.1 "Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	19	19		
Tránsito vehículos livianos por caminos no pavimentados	$K \cdot ((s/12)^a \cdot (W/3)^b)$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2 "Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2 "Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,85	24,81	248,07
			s: % de finos en el suelo	Valor por defecto, Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas para la Región Metropolitana	8,6	8,6		

			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	3,0	3,0		
			a; c: Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		
Tránsito vehículos pesados por caminos no pavimentados	$K*((s/12)^a*(W/3)^b$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,9	57,30	572,99
			s: % de finos en el suelo	Valor por defecto, Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas para la Región Metropolitana	8,6	8,6		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	19,3	19,3		
			a; c: Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.1. Factores de Emisión Asociados a la Combustión de los (2) Generadores 55 kVA (44 kW)

COMBUSTIBLE DIESEL (hasta 600 hp)	UNIDAD	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	SO _x
Factor de emisión según potencia	kg/kW-hr	0,00134	0,00134	0,00406	0,0188	0,00125
Potencia	kW	44	44	44	44	44

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Cuadro N° 6.1.2 Factores de emisión asociados a Formulación de Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores de vehículos pesados (Camiones)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
CO	$(1,24588358438859 + (103,700537481749 / 1 + \exp(((-1)^{-1,3906312471446}) + (0,543451750078654 * \ln(V))) + (0,039006642599818 * V))))$
HC/COV	$((0,135938586321894 + (0,71588074810547 * \exp(((-1)^{0,0234666513590177} * V))) + (2,79878282504916 * \exp(((-1)^{0,123459782380517} * V)))) * (V))$
NO _x	$((5,58300975720938 + (14,5724996214701 * \exp(((-1)^{0,0510403515051286} * V))) + (45,651882800859 * \exp(((-1)^{0,309240087785118} * V)))) * (V))$
SO _x ¹²	$2 * 0,00035 * ((199,101296810716 + (496,037924788222 * \exp(((-1)^{0,0466183266185801} * V))) + (3798,31076366067 * \exp(((-1)^{0,573715458508514} * V)))) * (V))$
MP ₁₀	$((0,100820480611018 + (0,424449762706025 * \exp(((-1)^{0,0416436785215947} * V))) + (0,864328026775096 * \exp(((-1)^{0,159945936589218} * V)))) * (V))$

Nota: Se consideró como vehículos pesados a camiones Diésel Tipo 3 (Euro III).

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM.

Donde la variable corresponde a la velocidad (V) y el resultado del factor de emisión corresponde a:

Cuadro N° 6.1.3 Resultado factor de emisión por combustión de motores vehículos pesados (camiones)

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	CO	HC/CO V	SO _x
Velocidad Camino pavimentado	50	0,15	0,15	6,72	1,68	0,36	0,17
Velocidad Camino No pavimentado	30	0,23	0,23	8,74	2,49	0,56	0,23

Fuente: Elaboración propia, 2018.

¹² Guía metodológica: Inventario de Emisiones Atmosféricas V Región (2011) para el caso de SO_x.

Cuadro N° 6.1.4 Formulación de Factores de Emisión asociados a la combustión en motores de vehículos livianos (Camioneta)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
CO	$0,82*(0,000223*V^2-0,026*V+1,076)$
HC/COV	$0,62 * (0,0000175*V^2 - 0,00284 * V + 0,2162)$
NOx	$0,84*(0,000241*V^2-0,03181*V+2,0247)$
SOx ¹³	$2*0,00035*(0,0198*V^2 - 2,506*V + 137,42)$
MP ₁₀	$0,67 * (0,000045 * V^2 - 0,004885 * V + 0,1932)$

Se consideró como vehículo liviano a vehículos comerciales Diésel Tipo 2 (Euro III).

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM.

Donde la variable (V) corresponde a la Velocidad y el resultado del factor de emisión corresponde a:

Cuadro N° 6.1.5 Resultado del factor de emisión combustión de vehículos livianos

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NOx	CO	HC/COV	SOx
Velocidad Camino pavimentado	60	0,04	0,04	0,83	0,26	0,07	0,04
Velocidad Camino No pavimentado	50	0,04	0,04	0,87	0,27	0,07	0,04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.2. Nivel de Actividad

A continuación, se presenta el nivel de actividad asociada a cada una de las actividades consideradas en el acápite anterior.

6.2.1. Nivel de Actividad Tránsito de Vehículos

Camino Pavimentados

En cuanto al desplazamiento de vehículos durante la fase de operación, existirán camionetas y camiones encargados de la operación y mantención del Parque. Los vehículos desde el Tramo Proyecto-Talca 21,5 km, Tramo Proyecto-Respel 11,8 km y Tramo Proyecto-Rises 21,5 km. Destacando que todas las distancias mencionadas, sólo incluyen los trayectos al interior de las comunas de Talca y Maule.

¹³ Guía metodológica: Inventario de Emisiones Atmosféricas V Región (2011) para el caso de SOx

Cuadro N° 6.2.1 Nivel Actividad Tránsito de Vehículos fase de operación

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados			
Camioneta	Personas	25,2	360
Camión Tractor	Maquinaria Mantenimiento	25,2	72
Camion 20 o 30 ton	Transporte de equipo y maquinaria	25,2	6
Camión aljibe 20 o 30 m3	Agua Limpieza Paneles	25,2	20
Camión aljibe 20 o 30 m3	Agua Potable	25,2	3
Camión combustible	Combustible	25,2	3
Camion Residuos Repel	Residuos Respel	23,6	2
Camion Residuos Rises	Residuos Rises	43	2

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Caminos no Pavimentados

El camino no pavimentado corresponde al camino de acceso al Proyecto, equivalente a 2,2 km para la mayor parte de los trayectos, correspondiente a las rutas K-655 y K-613. La excepción se genera por el trayecto Botadero respel – Proyecto, donde el trayecto de ruta no pavimentada alcanza los 6,14 km. La estimación del nivel de actividad se indica a continuación.

Cuadro N° 6.2.2 Nivel Actividad Tránsito de vehículos pesados fase de operación

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados			
Camión Tractor	Maquinaria Mantenimiento	4,4	72
Camion 20 o 30 ton	Transporte de equipo y maquinaria	4,4	6
Camión aljibe 20 o 30 m3	Agua Limpieza Paneles	4,4	20
Camión aljibe 20 o 30 m3	Agua Potable	4,4	20
Camión combustible	Combustible	4,4	3
Camion Residuos Repel	Residuos Respel	12,28	2
Camion Residuos Rises	Residuos Rises	4,4	2

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.2.3. Nivel Actividad Tránsito de vehículos livianos fase de operación

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados			
Camioneta	Transporte Personal	4,4	360

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.3. Estimación de Emisiones Fase de Operación

A continuación, en los siguientes cuadros se presentan las emisiones estimadas para las actividades descritas anteriormente.

Cuadro N° 6.3.1 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos en caminos pavimentados fase de operación

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Camioneta	0,12	0,50	25,2	360	0,00109	0,00452
Camión Tractor	0,12	0,50	25,2	72	0,000218	0,00090
Camion 20 o 30 ton	0,12	0,50	25,2	6	0,000018	0,00008
Camión aljibe 20 o 30 m3	0,12	0,50	25,2	20	0,000061	0,00025
Camión aljibe 20 o 30 m3	0,12	0,50	25,2	3	0,000009	0,00004
Camión combustible	0,12	0,50	25,2	3	0,000016	0,00006
Camion Residuos Repel	0,12	0,50	43	2	0,000000	0,00000
Camion Residuos Rises	0,12	0,50	23,6	2	0,000000	0,00000
Total					0,00141	0,0058

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.2 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Camión Tractor	57,30	572,99	4,4	72	0,0182	0,1815
Camion 20 o 30 ton	57,30	572,99	4,4	6	0,0015	0,0151
Camión aljibe 20 o 30 m3	57,30	572,99	4,4	20	0,0050	0,0504
Camión aljibe 20 o 30 m3	57,30	572,99	4,4	20	0,0050	0,0504
Camión combustible	57,30	572,99	4,4	3	0,0008	0,0076
Camion Residuos Repel	57,30	572,99	12,28	2	0,0014	0,0141
Camion Residuos Rises	57,30	572,99	4,4	2	0,0005	0,0050
Total					0,0324	0,324

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.3 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos livianos en caminos no pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Camioneta	24,8	248,1	4,4	360	0,0393	0,3929
Total					0,0393	0,3929

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.4 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	25,2	104	0,0044
HC	0,36			0,00095
NOx	6,72			0,018
SOx	0,17			0,00045
MP ₁₀	0,15			0,00040

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.5 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados en caminos pavimentados (RESPEL)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	23,6	2	0,0001
HC	0,36			0,0000
NOx	6,72			0,0003
SOx	0,17			0,0000
MP ₁₀	0,15			0,0000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.6 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto Rises)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	4,4	106	0,0012
HC	0,56			0,00026
NOx	8,74			0,0041
SOx	0,23			0,00010
MP ₁₀	0,23			0,00011

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.7 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (Camiones) en caminos pavimentados (Proyecto Respel)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	12,28	2	0,0012
HC	0,56			0,00026
NOx	8,74			0,0041
SOx	0,23			0,00010
MP ₁₀	0,23			0,00011

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.8 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto Puerto)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	22,00	638,4	153	0,21
HC	1008,00			9,712
NOx	0,26			0,00
SOx	0,01			0,000
MP ₁₀	0,00			0,000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.9 Emisiones por Combustión de Vehículos Livianos (Camionetas) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,27	4,4	360	0,00043
HC	0,07			0,000116
NOx	0,87			0,00138
SOx	0,04			0,000068
MP ₁₀	0,04			0,000065

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 6.3.10 Emisiones por Combustión de Vehículos livianos en caminos pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,26	25,2	360	0,00237
HC	0,07			0,00061
NOx	0,83			0,0075
SOx	0,04			0,000370
MP ₁₀	0,04			0,000377

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De la estimación de emisiones realizada para la fase de operación, se indica que estas serán significativamente inferiores a las emisiones estimadas para la fase de construcción. Las emisiones de mayor magnitud corresponderá a la utilización del generador de respaldo. Sin embargo, estas serán de carácter puntual ya que se asocian a las mantenciones del parque.

6.4. Resumen de Emisiones Fase de Operación

Cuadro N° 6.4.1 Resumen emisiones fase de Operación

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NO _x	CO	SO _x	COV/HC
FASE DE OPERACIÓN						
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,0014	0,0058	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,032	0,32	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,0393	0,3929	-	-	-	-
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00040	0,00040	0,018	0,0044	0,00045	0,0010
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,000377	0,000377	0,00750	0,00237	0,000370	0,00061
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,00011	0,00011	0,0041	0,0012	0,00010	0,00026
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,000065	0,000065	0,00138	0,00043	0,000068	0,000116
Grupos Electrógenos	0,034	0,034	0,48	0,103	0,032	-
TOTAL PRIMER AÑO	0,11	0,76	0,51	0,11	0,033	0,0019
TOTAL 30 AÑOS	3,24	22,74	15,21	3,34	0,98	0,058

Fuente: Elaboración propia, 2018.

7. RESULTADOS ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CIERRE

Para la fase de cierre se considera el desmantelamiento de las infraestructuras y desmantelamiento de obras permanentes y rehabilitación de la morfología del terreno.

Se estima que los paneles serán devueltos al fabricante o a un tercero para su reciclaje o disposición final. La fase tendrá una duración de 3 meses. Respecto de la maquinaria a utilizar, se estima que esta será menor que durante la fase de construcción.

7.1. Factor de Emisión

Los factores de emisión asociados a la fase cierre, corresponden en su mayoría a la generación de material particulado por tránsito de vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados y combustión, tanto de maquinaria como de motores de vehículos.

Cuadro N° 7.1.1 Factores de emisión asociados a la generación de material particulado

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de Emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Tramo Proyecto_Talca	$K*(sL)^{0,91}*(W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,15	0,61
			sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	24	24		
Tránsito vehículos por caminos pavimentados Proyecto_Rises	$K*(sL)^{0,91}*(W)^{1,02}$	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.1-1. Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,15	0,62	0,10	0,41
			sL: carga de material fino (g/m2)	Capítulo 13, Sección 13.2.1"Paved Roads", AP-42	0,03	0,03		
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	16	16		

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de Emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
Tránsito vehículos livianos por caminos no pavimentados	$K*((s/12)^a*(W/3)^b)$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,85	31,18	311,76
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	5	5		
			a; c: Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		
Tránsito vehículos pesados por caminos no pavimentados	$K*((s/12)^a*(W/3)^b)$ (g/km)	Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	k: tamaño partícula	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	42,285	422,85	56,96	569,63
			s: % de finos en el suelo	Valor por defecto, Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas para la Región Metropolitana	8,6	8,6		

Actividad	Ecuación Factor de Emisión	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Parámetros Factores de Emisión				Factor de Emisión	
			Variables	Referencias	MP2,5	MP10	MP2,5	MP10
			W: Peso promedio de la flota que circula (ton)	Valor Descripción de Proyecto	19	19		
			a; c: Exponentes	Tabla 13.2.2-2. Capítulo 13, Sección 13.2.2"Unpaved Roads", AP-42	0,9 0,45	0,9 0,45		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.1.2 Factores de emisión asociados a la Utilización de Maquinaria

Tipo de Maquinaria	Factor de Emisión	Parámetro	Referencia Ecuación Factor de Emisión	Factor de Emisión según Potencia (g/kW-h)					Factor de Emisión (kg/día maquinaria)				
				MP2,5	MP10	CO	Nox	HC	MP2,5	MP10	CO	Nox	HC
Grúa	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	2,49	2,49	6,79	32,51	3,06
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	283	283	283	283	283					
Camión tolva	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,87	1,87	5,09	24,38	2,29
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	6	6	6	6	6					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,1	1,1	3	14,36	1,35					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	283	283	283	283	283					

Toro Manitou (Grúa Horquilla)	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	0,58	0,58	2,06	4,60	0,75
		t: tiempo de operación maquinaria	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,81	1,81	6,43	14,36	2,33					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	40	40	40	40	40					
Excavadora	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,08	1,08	3,31	12,64	1,51
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					

		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	110	110	110	110	110					
Cargador Frontal	FP*t*C*P/1000	C:% carga del motor	Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compresión-Ignition	1	1	1	1	1	1,01	1,01	3,10	11,83	1,42
		t: tiempo de operación diaria (h)	Descripción de Proyecto	8	8	8	8	8					
		FP: Factor según potencia	Tabla 4.10 Guía para la estimación de emisiones atmosféricas del proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana	1,23	1,23	3,76	14,36	1,72					
		P: Potencia Nominal (Kw)	Descripción de Proyecto	103	103	103	103	103					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.1.3 Formulación de Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores de vehículos pesados (Camiones)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (gr/km)
CO	$(1,24588358438859 + (103,700537481749/1 + \exp(((-1)^{-1,3906312471446}) + (0,543451750078654 * \ln(V))) + (0,0390066425998189 * V))))$
HC/COV	$((0,135938586321894 + (0,71588074810547 * \exp(((-1)^{0,0234666513590177} * V))) + (2,79878282504916 * \exp(((-1)^{0,123459782380517} * V))))$
NOx	$((5,58300975720938 + (14,5724996214701 * \exp(((-1)^{0,0510403515051286} * V))) + (45,651882800859 * \exp(((-1)^{0,309240087785118} * V))))$
SOx ¹⁴	$2^{0,00035} * ((199,101296810716 + (496,037924788222 * \exp(((-1)^{0,0466183266185801} * V))) + (3798,31076366067 * \exp(((-1)^{0,573715458508514} * V))))$
MP ₁₀	$((0,100820480611018 + (0,424449762706025 * \exp(((-1)^{0,0416436785215947} * V))) + (0,864328026775096 * \exp(((-1)^{0,159945936589218} * V))))$

Nota: Se consideró como vehículos pesados a camiones Diésel Tipo 3 (Euro III).

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM.

Donde la variable corresponde a la velocidad (V) y el resultado del factor de emisión corresponde a:

Cuadro N° 7.1.4 Factores de Emisión asociados a la Combustión en motores vehículos pesados (Camiones)

VARIABLE	VALOR VARIABLE (km/h)	RESULTADOS FACTOR DE EMISIÓN (g/km)					
		MP ₁₀	MP _{2,5}	NOx	CO	HC/COV	SOx
Velocidad Camino pavimentado	50	0,15	0,15	6,72	1,68	0,36	0,17
Velocidad Camino no pavimentado	30	0,23	0,23	8,74	2,49	0,56	0,23

Fuente: Elaboración propia, 2018.

7.2. Nivel de Actividad

A continuación, se presenta el nivel de actividad asociada a cada una de las actividades consideradas en el acápite anterior.

7.2.1. Nivel de actividad tránsito de vehículos

Caminos Pavimentados

En cuanto al desplazamiento de la flota de vehículos, se estima que estos son similares a los realizados durante la fase de construcción, pero en una menos proporción. Cabe señalar que los tramos son los mismos que han sido definidos para todo el estudio.

¹⁴ Guía metodológica: Inventario de Emisiones Atmosféricas V Región (2011) para el caso de SOx.

Cuadro N° 7.2.1 Nivel Actividad Tránsito de Vehículos fase de construcción

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados			
Bus (cap 22 personas)	Personas	25,2	180
Camión Aljibe (12 m³)	Transporte Agua Industrial	25,2	15
Camión Grúa (20 o 30 ton)	Transporte Maquinaria	25,2	18
Camión Combustible (15 m³)	Transporte Combustible	25,2	12
Camión Residuos	Retiro y transporte de Residuos (RSD, RISES, RESPEL, RLD)	25,2	24
Camión (20 o 30 ton)	Transporte de Estructuras (Módulos fotovoltaicos, seguidores solares, perfiles de acero, materiales eléctricos)	25,2	22
Camioneta	Personas	25,2	120
Residuos Rises	rises	43,0	18
Residuos	respel	23,6	1

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Caminos no Pavimentados

La estimación del nivel de actividad se indica a continuación.

Cuadro N° 7.2.2 Nivel Actividad Tránsito de Vehículos por camino no pavimentado fase de construcción

TIPO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	
		Km (ida + regreso) ¹	Viajes
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados			
Bus (cap 22 personas)	Personas	4,4	180
Camión Aljibe (12 m³)	Transporte Agua Industrial	4,4	15
Camión Grúa (20 o 30 ton)	Transporte Maquinaria	4,4	18
Camión Combustible (15 m³)	Transporte Combustible	4,4	12
Camión Residuos	Retiro y transporte de Residuos (RSD, RISES, RESPEL, RLD)	4,4	24
Camión (20 o 30 ton)	Transporte de Estructuras (Módulos fotovoltaicos, seguidores solares, perfiles de acero, materiales eléctricos)	4,4	22
Camioneta	Personas	4,4	120
Residuos Rises	rises	4,4	18
Residuos	respel	12,3	1

Fuente: Elaboración propia, 2018.

7.2.2. Nivel de Actividad Asociado al Funcionamiento de la Maquinaria

Respecto de la maquinaria, en el siguiente cuadro se presenta el nivel de actividad estimado en función de las horas totales que serán ocupadas, durante la fase de construcción.

Cuadro N° 7.2.3 Nivel Actividad Maquinaria, asociada a la totalidad de la fase de construcción

TIPO DE MAQUINARIA	NIVEL DE ACTIVIDAD	
	CANTIDAD	UTILIZACIÓN (días/año)
Grúa	2	2
Camión Tolva	2	24
Toro Manitou (Grúa Horquilla)	1	36
Excavadora	1	12
Cargador Frontal	2	36

Fuente: Elaboración propia, 2018.

7.3. Estimación de Emisiones Fase de Cierre

A continuación, se presenta la estimación de emisiones para cada una de las actividades descritas anteriormente:

Cuadro N° 7.3.1 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos en caminos pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Bus (cap 22 personas)	0,10	0,41	25,2	180	0,0004	0,002
Camión Aljibe (12 m3)	0,10	0,41	25,2	15	0,0000	0,0002
Camión Aljibe (12 m3)	0,10	0,41	25,2	18	0,00004	0,0002
Camión Grúa (20 o 30 ton)	0,10	0,41	25,2	12	0,00003	0,0001
Camión Combustible (15 m3)	0,10	0,41	25,2	24	0,00006	0,00025
Camión (20 o 30 ton)	0,15	0,61	25,2	22	0,000	0,000
Camioneta	0,10	0,41	25,2	120	0,000	0,001
Tránsito de RISES	0,10	0,41	43,0	18	0,000077	0,000316
Tránsito de RESPEL	0,10	0,41	23,6	1	0,000002	0,000010
Total					0,00108	0,00446

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.2 Estimación de emisiones para actividad de tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)		NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton/Fase)	
	MP _{2,5}	MP ₁₀	Km/viaje	viajes	MP _{2,5}	MP ₁₀
Bus (cap 22 personas)	31,51	315,06	4,4	180	0,025	0,250
Camión Aljibe (12 m3)	56,96	569,63	4,4	15	0,0038	0,0376
Camión Aljibe (12 m3)	56,96	569,63	4,4	18	0,0045	0,045
Camión Grúa (20 o 30 ton)	56,96	569,63	4,4	12	0,0030	0,030
Camión Combustible (15 m3)	56,96	569,63	4,4	24	0,0060	0,0602
Camión (20 o 30 ton)	56,96	569,63	4,4	22	0,006	0,055
Camioneta	31,51	315,06	4,4	120	0,017	0,166
Tránsito de RISES	57,0	569,6	4,4	18	0,0045	0,045
Tránsito de RESPEL	57,0	569,6	12,3	1	0,0007	0,007
Tránsito de RESPEL						

Fuente: Elaboración propia, 2018

Cuadro N° 7.3.3 Estimación de emisiones por utilización de maquinaria

TIPO DE MAQUINARIA	FACTOR DE EMISIÓN (kg/día maquinaria)					NIVEL DE ACTIVIDAD		EMISIÓN (Ton)				
	MP _{2,5}	MP ₁₀	CO	NOx	HC	Días/Fase	Cantidad	MP _{2,5}	MP ₁₀	CO	NOx	HC
Grua	2,49	2,49	6,79	32,51	3,06	2	2	0,01	0,01	0,03	0,13	0,01
Camión Tolva	1,87	1,87	5,09	24,38	2,29	24	2	0,09	0,09	0,24	1,17	0,11
Toro Manitou (grúa Horquilla)	0,58	0,58	2,06	4,60	0,75	36	1	0,02	0,02	0,07	0,17	0,03
Excavadora	1,08	1,08	3,31	12,64	1,51	12	1	0,01	0,01	0,04	0,15	0,02
Cargador Frontal	1,01	1,01	3,10	11,83	1,42	36	2	0,07	0,07	0,22	0,85	0,10
Total								1,17	1,17	3,33	14,65	1,47

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.4 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,68	25,2	91	0,004
HC	0,36			0,001
NOx	6,72			0,02
SOx	0,17			0,0004
MP ₁₀	0,15			0,0004

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.5 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (Buses) en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	1,74	25,5	180	0,008
HC	0,41			0,002
NOx	6,85			0,031
SOx	0,15			0,0007
MP ₁₀	0,17			0,0008

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.6 Emisiones por Combustión de Vehículos livianos (camioneta) en caminos pavimentados (Proyecto-Talca)

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,26	25,5	120	0,001
HC	0,07			0,0002
NOx	0,83			0,002
SOx	0,04			0,0001
MP ₁₀	0,04			0,0001

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.7 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (camiones) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	4,4	91	0,001
HC	0,56			0,000
NOx	8,74			0,00
SOx	0,23			0,000
MP ₁₀	0,23			0,000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.8 Emisiones por Combustión de Vehículos Pesados (Buses) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,74	4,4	180	0,0022
HC	0,66			0,0005
NO _x	9,82			0,0078
SO _x	0,20			0,0002
MP ₁₀	0,25			0,0002

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro N° 7.3.9 Emisiones por Combustión de Vehículos livianos (camionetas) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	0,27	4,4	120	0,0001
HC	0,07			0,0000
NO _x	0,87			0,0005
SO _x	0,04			0,00002
MP ₁₀	0,04			0,00002

Fuente: Elaboración propia, 2018

Cuadro N° 7.3.10 Emisiones por Combustión de Vehículos pesados (RISES) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	4,4	18	0,001
HC	0,56			0,000
NO _x	8,74			0,00
SO _x	0,23			0,000
MP ₁₀	0,23			0,000

Fuente: Elaboración propia, 2018

Cuadro N° 7.3.11 Emisiones por Combustión de Vehículos pesados (RESPEL) en caminos no pavimentados

CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (g/km)	DISTANCIA (km)	VIAJES TOTALES	EMISIÓN (Ton/Fase)
CO	2,49	12,28	1	0,001
HC	0,56			0,000
NO _x	8,74			0,00
SO _x	0,23			0,000
MP ₁₀	0,23			0,000

Fuente: Elaboración propia, 2018

Del análisis precedente se extrae que las emisiones a ser generadas durante la fase de cierre son poco significativas, siendo las emisiones de mayor magnitud atribuibles al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados. Sin embargo, las actividades a ser realizadas durante esta fase serán acotadas, no excediendo los tres meses de duración.

7.4. Resumen Emisiones Fase de Cierre

Cuadro N° 7.4.1 Resumen emisiones fase de Cierre

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NO _x	CO	SO _x	COV/HC
FASE DE CIERRE						
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,001	0,00	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,05	0,53	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,02	0,17	-	-	-	-
Combustión maquinaria	0,21	0,21	2,47	0,61	-	0,27
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00	0,00	0,06	0,01	0,001	0,00
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,0001	0,0001	0,002	0,001	0,0001	0,0002
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,000	0,000	0,01	0,003	0,0002	0,001
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,00002	0,00002	0,000	0,0001	0,00002	0,00004
Grupos Electrógenos	0,00	0,00	0,03	0,01	0,000	-
TOTAL	0,3	0,9	2,6	0,6	0,00	0,3

Fuente: Elaboración propia, 2018.

8. RESUMEN DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA LAS TRES FASES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta un resumen de la estimación de emisiones realizada para cada una de las fases del Proyecto: Construcción, operación y cierre.

Cuadro N° 87.4.1 Cuadro resumen de emisiones en las tres fases del Proyecto

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
FASE DE CONSTRUCCIÓN						
Escarpe	-	0,00	-	-	-	-
Excavación	0,04	0,08	-	-	-	-
Transferencia de Material	0,001	0,01	-	-	-	-
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,01	0,03	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,05	0,47	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,02	0,19	-	-	-	-
Combustión maquinaria	0,84	0,84	10,26	2,42	-	1,10
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00	0,00	0,13	0,03	0,003	0,01
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,0006	0,0006	0,012	0,004	0,0006	0,0010
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,001	0,001	0,05	0,01	0,001	0,00
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,00010	0,00010	0,002	0,0007	0,00011	0,0002
Grupos Electrógenos	0,10	0,10	1,36	0,29	0,091	-
Total Fase de Construcción	1,05	1,71	11,82	2,76	0,10	1,11
ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
FASE DE OPERACIÓN						

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,0014	0,0058	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,032	0,32	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,0393	0,3929	-	-	-	-
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00040	0,00040	0,018	0,0044	0,00045	0,0010
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,000377	0,000377	0,00750	0,00237	0,000370	0,00061
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,00011	0,00011	0,0041	0,0012	0,00010	0,00026
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,000065	0,000065	0,00138	0,00043	0,000068	0,000116
Grupos Electrógenos	0,034	0,034	0,48	0,103	0,032	-
TOTAL PRIMER AÑO	0,11	0,76	0,51	0,11	0,033	0,0019
TOTAL 30 AÑOS	3,24	22,74	15,21	3,34	0,98	0,058
ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
FASE DE CIERRE						
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,001	0,00	-	-	-	-
Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	0,05	0,53	-	-	-	-
Tránsito de vehículos livianos por caminos no pavimentados	0,02	0,17	-	-	-	-
Combustión maquinaria	0,21	0,21	2,47	0,61	-	0,27
Combustión interna vehículos pesados caminos pavimentados	0,00	0,00	0,06	0,01	0,001	0,00
Combustión interna vehículos livianos caminos pavimentados	0,0001	0,0001	0,002	0,001	0,0001	0,0002
Combustión interna vehículos pesados caminos no pavimentados	0,000	0,000	0,01	0,003	0,0002	0,001
Combustión interna vehículos livianos caminos no pavimentados	0,00002	0,00002	0,000	0,0001	0,00002	0,00004
Grupos Electrógenos	0,00	0,00	0,03	0,01	0,000	-

ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton/Fase)					
	MP _{2,5}	MP ₁₀	NOx	CO	SOx	COV/HC
TOTAL	0,3	0,9	2,6	0,6	0,00	0,3

Fuente: Elaboración propia, 2018

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la estimación de emisiones atmosféricas realizada para todas las fases del Proyecto, se obtiene lo siguiente:

Es posible señalar que las emisiones de contaminantes generadas por el Proyecto tendrán un carácter temporal y local, debido a que esta fase contempla una duración de seis (06) meses, siendo la combustión de maquinarias y tránsito por vías no pavimentadas, las actividades que generan mayores emisiones de material particulado. Tomando en cuenta que en la zona donde se desarrollará el proyecto existe un Plan de Descontaminación Atmosférica, vigente, para las comunas de Talca y Maule, el cual limita las emisiones de MP_{10} a un máximo de 1 ton/año, el Proyecto deberá compensar 0,71 ton de MP_{10} .

Según lo establecido en el artículo 47 del Decreto N°49/2016 del Ministerio de Medio Ambiente, se presentará un Programa de Compensación de Emisiones (PCE) ante la Seremi de Medio Ambiente de la Región del Maule, cuyos contenidos serán los siguientes:

- a) Estimación anual de las emisiones del proyecto, en la fase de construcción (que es donde se compensa).

Las medidas de compensación cumplirán con el siguiente criterio:

- a) Cuantificable.
- b) Efectiva.
- c) No responderá a otras obligaciones surgidas del Proceso de Evaluación Ambiental.
- d) Permanente.

Durante la fase de operación, se tiene que las emisiones atmosféricas provendrán del Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados, sin embargo son poco significativas.

Finalmente, para la fase de cierre se consideran que estas emisiones igualmente son poco significativas y acotadas en el tiempo. Si bien su temporalidad es similar a la fase de construcción, se considera un menor número de actividades a ejecutar.

En base a lo expuesto anteriormente se tiene para las emisiones de material particulado MP_{10} lo siguiente:

- Durante la fase de construcción las emisiones de MP_{10} alcanzan un total de 1,71 ton/fase, considerando una eficiencia por humectación de un 75%.
- Para la fase de operación del Proyecto, se tiene que las emisiones anuales de MP_{10} estimadas corresponderán a 0,76 ton/año, emisiones atribuibles a las actividades de mantención. La magnitud de tales emisiones es poco significativa, descartándose la humectación del camino de acceso.
- Para la fase de cierre, las emisiones de MP_{10} alcanzan un total de 0,9 ton/fase.

Sumado a lo anterior, a continuación, se listan una serie de recomendaciones a ser implementadas durante las distintas fases del Proyecto:

- Utilizar vehículos, maquinarias y equipos motorizados en buen estado y con su revisión técnica al día.
- Recubrimiento de la tolva de los camiones. Se exigirá que todos los camiones que transporten material de relleno o cualquier tipo, deberán cumplir con la disposición que determina el cubrimiento total de sus tolvas, con el fin de disminuir la emisión de material particulado.
- Limitación de velocidad máxima de 60 km/h para vehículos livianos en caminos pavimentados y de 50 km/h en caminos no pavimentados.
- Limitación de velocidad máxima de 50 km/h para vehículos pesados en caminos pavimentados y de 30 km/h en caminos no pavimentados.