

MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

PROYECTO

PLANTA SAN CAYETANO Y DEPÓSITO DE RELAVES FILTRADOS

Preparado para: Soc. Comercial Importadora y
Exportadora DICAVE Ltda

Realizado por:
GeoModel Consulting Ltda.

30/08/2016

Rev. 1

contacto@geomodelconsulting.cl

Índice de Contenidos

1.	Introducción	6
2.	Objetivos.....	7
2.1.	Objetivo general	7
2.2.	Objetivos específicos.....	7
3.	Antecedentes.....	8
3.1.	Descripción del Proyecto.....	8
3.2.	Localización del Proyecto.....	8
4.	Estimación de emisiones.....	10
4.1.	Identificación de actividades emisoras.....	10
4.2.	Factores de emisión	11
4.3.	Niveles de actividad.....	24
4.4.	Tasas de emisión	39
4.5.	Tablas resumen estimación de emisiones	54
5.	MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA	56
5.1.	Descripción y justificación del modelo.....	56
5.2.	Características del dominio de modelación y su entorno.....	56
5.3.	Receptores	57
5.4.	Tablas resumen de los aportes del Proyecto	58
6.	Conclusiones	62
7.	Bibliografía.....	64

Índice de Tablas

Tabla 4-1:	Actividades emisoras de material particulado y gases de combustión	10
Tabla 4-2:	Factores de Emisión Fase de Construcción	12
Tabla 4-3:	Factores de Emisión Fase de Operación.....	14
Tabla 4-4:	Factores de Emisión Fase de Cierre	20
Tabla 4-5:	Peso promedio vehículos por fase del Proyecto	22
Tabla 4-6:	Factores de Emisión de maquinaria según potencia	23
Tabla 4-7:	Factores de Emisión de generadores según potencia	23
Tabla 4-8:	Nivel de actividad fase de construcción – Escarpe	24
Tabla 4-9:	Nivel de actividad fase de construcción – Excavación	24
Tabla 4-10:	Nivel de actividad fase de construcción – Compactación.....	25
Tabla 4-11:	Nivel de actividad fase de construcción – Transferencia de material.....	25
Tabla 4-12:	Nivel de actividad fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	26
Tabla 4-13:	Nivel de actividad fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados	26
Tabla 4-14:	Nivel de actividad fase de construcción – Combustión de motores de vehículos.....	27

Tabla 4-15: Nivel de actividad fase de construcción – Combustión interna de motores de maquinaria.....	27
Tabla 4-16: Nivel de actividad fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores	28
Tabla 4-17: Procesos en planta San Cayetano	28
Tabla 4-18: Diseño Muro Etapa II	29
Tabla 4-19: Parámetros para estimar el nivel de actividad del escarpe	30
Tabla 4-20: Nivel de actividad escarpe, fase de operación.	30
Tabla 4-21: Parámetros emisión excavación	30
Tabla 4-22: Nivel de actividad excavación	31
Tabla 4-23: Parámetros emisión compactación.....	31
Tabla 4-24: Nivel de actividad compactación.....	31
Tabla 4-25: Nivel de actividad transferencia de material	31
Tabla 4-26: Nivel de actividad correas transportadoras encapsuladas	33
Tabla 4-27: Nivel de actividad de la erosión eólica.....	33
Tabla 4-28: Nivel de actividad tránsito por caminos no pavimentados.....	34
Tabla 4-29: Peso promedio en caminos pavimentados fase de operación	34
Tabla 4-30: Nivel de actividad tránsito por caminos pavimentados.....	34
Tabla 4-31: Nivel de actividad combustión de maquinaria	34
Tabla 4-32: Nivel de actividad combustión de fuentes móviles	35
Tabla 4-33: Nivel de actividad generador Chancado.....	35
Tabla 4-34: Nivel de actividad generador Molienda.....	35
Tabla 4-35: Nivel de actividad generador Relaves	35
Tabla 4-36: Resumen nivel de actividad generadores fase operación	36
Tabla 4-37: Nivel de actividad fase de cierre – Compactación.....	36
Tabla 4-38: Nivel de actividad fase de cierre – Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	37
Tabla 4-39: Nivel de actividad fase de cierre – Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados	37
Tabla 4-40: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión de motores de vehículos	38
Tabla 4-41: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión interna de motores de maquinaria	38
Tabla 4-42: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión interna de motores de generadores ...	38
Tabla 4-43: Emisión fase de construcción – Excavación.....	39
Tabla 4-44: Emisión fase de construcción – Excavación.....	39
Tabla 4-45: Emisión fase de construcción – Compactación	40
Tabla 4-46: Emisiones fase de construcción – Transferencia de material	40
Tabla 4-47: Emisiones fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados	40
Tabla 4-48: Emisiones fase de construcción– Tránsito de vehículos por caminos pavimentados...	41
Tabla 4-49: Emisiones fase de construcción – Combustión de motores de vehículos.....	41
Tabla 4-50: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de maquinaria	42
Tabla 4-51: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores ...	43
Tabla 4-52: Tasa de emisión de MP-10 por escarpe, fase de operación	43
Tabla 4-53: Tasa de emisión de MP-10 por excavación, fase de operación.....	43

Tabla 4-54: Tasa de emisión de MP-2,5 por excavación, fase de operación	43
Tabla 4-55: Tasa de emisión de MP-10 por compactación, fase de operación.....	43
Tabla 4-56: Tasa de emisión de MP-2,5 por compactación, fase de operación.....	44
Tabla 4-57: Tasa de emisión de MP-10 por transferencia de material, fase de operación	44
Tabla 4-58: Tasa de emisión de MP-2,5 por transferencia de material, fase de operación	44
Tabla 4-59: Tasa de emisión de MP-10 por chancado primario, fase de operación	45
Tabla 4-60: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado primario, fase de operación	45
Tabla 4-61: Tasa de emisión de MP-10 por chancado secundario, fase de operación.....	45
Tabla 4-62: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado secundario, fase de operación.....	45
Tabla 4-63: Tasa de emisión de MP-10 por chancado terciario, fase de operación	45
Tabla 4-64: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado terciario, fase de operación	45
Tabla 4-65: Tasa de emisión de MP-10 por harnero primario, fase de operación	45
Tabla 4-66: Tasa de emisión de MP-2,5 por harnero primario, fase de operación	46
Tabla 4-67: Tasa de emisión de MP-10 por harnero secundario, fase de operación.....	46
Tabla 4-68: Tasa de emisión de MP-2,5 por harnero secundario, fase de operación.....	46
Tabla 4-69: Tasa de emisión de MP-10 por transferencia de material, fase de operación	46
Tabla 4-70: Tasa de emisión de MP-2,5 por transferencia de material, fase de operación	46
Tabla 4-71: Tasa de emisión de MP-10 por erosión eólica, fase de operación.....	47
Tabla 4-72: Tasa de emisión de MP-2,5 por erosión eólica, fase de operación.....	47
Tabla 4-73: Tasa de emisión de MP-10 por tránsito por caminos no pavimentados, fase de operación.....	47
Tabla 4-74: Tasa de emisión de MP-2,5 por tránsito por caminos no pavimentados, fase de operación.....	47
Tabla 4-75: Tasa de emisión de MP-10 por tránsito por caminos pavimentados, fase de operación	48
Tabla 4-76: Tasa de emisión de MP-2,5 por tránsito por caminos pavimentados, fase de operación	48
Tabla 4-77: Tasa de emisión de MP-10 por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación .	48
Tabla 4-78: Tasa de emisión de MP-2,5 por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación	48
Tabla 4-79: Tasa de emisión de CO por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación	48
Tabla 4-80: Tasa de emisión de HC por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación	49
Tabla 4-81: Tasa de emisión de NOx por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación	49
Tabla 4-82: Tasa de emisión por combustión fuentes móviles, fase de operación	50
Tabla 4-83: Resumen emisión por combustión fuentes móviles, fase de operación.....	50
Tabla 4-84: Tasa de emisión de generadores eléctricos, fase de operación	50
Tabla 4-85: Emisión fase de cierre – Compactación	51
Tabla 4-86: Emisiones fase de cierre – Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	51
Tabla 4-87: Emisiones fase de cierre– Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	52
Tabla 4-88: Emisiones fase de cierre – Combustión de motores de vehículos	52
Tabla 4-89: Emisiones fase de cierre – Combustión interna de motores de maquinaria	53
Tabla 4-90: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores ...	53
Tabla 4-91: Estimación de emisiones fase de Construcción	54
Tabla 4-92: Estimación de emisiones fase de Operación.....	54
Tabla 4-93: Estimación de emisiones fase de Cierre.....	55

Tabla 5-1: Variables espaciales ponderadas en el desarrollo de la modelación	57
Tabla 5-2: Receptores discretos del Proyecto	57
Tabla 5-3: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Construcción	58
Tabla 5-4: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Construcción	59
Tabla 5-5: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de operación	59
Tabla 5-6: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de operación	60
Tabla 5-7: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Cierre	60
Tabla 5-8: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Cierre	61

Indice de Figuras

Figura 3-1: Localización General del Proyecto	9
Figura 4-1: Esquema procesos unitarios planta San Cayetano	29
Figura 5-1: Receptores discretos del Proyecto	58

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por objeto evaluar las concentraciones ambientales de material particulado, producto de las emisiones asociadas a las fases construcción, operación y cierre del Proyecto “**Planta San Cayetano y Depósito de Relaves Filtrados**”, ubicado en la Región de Coquimbo, Comuna de Ovalle.

Para el desarrollo de la modelación se utilizó la metodología propuesta en la “Guía para el uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA” (en adelante la Guía de modelos) que incorpora la meteorología de pronóstico mediante modelación numérica Weather Research and Forecasting Model (WRF).

La estructura del informe considera la estimación de emisiones atmosféricas del Proyecto, en la cual se identifican las principales actividades generadoras de emisiones en las etapas de construcción, operación y cierre. Cabe señalar que, los factores de emisión asociados a cada una de las actividades, se calculan en base a lo desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos compilados en la quinta edición del AP-42 y la “Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire” publicado por el Ministerio del Medio Ambiente en 2015 (en adelante la guía de emisiones).

Finalmente, se presentan las tablas de aporte del Proyecto que se derivan del modelo desarrollado bajo plataforma CALPUFF VIEW.

.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las concentraciones de material particulado respirable (MP10 y MP2.5), en los receptores sensibles identificados para el Proyecto **“Planta San Cayetano y Depósito de Relaves Filtrados”**, producto de las emisiones asociadas a las fases de construcción, operación y cierre.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las principales fuentes de emisión de material particulado respirable (MP10 y MP2.5) y gases de combustión (NO_2 , SO_2 , CO y HC), asociadas a las actividades de construcción, operación y cierre del Proyecto.
- Estimar las emisiones atmosféricas de material particulado respirable (MP10 y MP2.5), generadas durante las actividades de construcción, operación y cierre del Proyecto.
- Establecer la línea base de meteorología local observada del área de influencia del Proyecto.
- Modelar la dispersión atmosférica de las emisiones de material particulado (MP10 y MP2.5), generadas por el Proyecto durante las fases de construcción, operación y cierre mediante el modelo CALPUFF, incorporando como dato de entrada, la meteorología de pronóstico desarrollada a partir del modelo numérico Weather Research and Forecasting Model (WRF), correspondiente al modelo meteorológico de pronóstico más avanzado y completo mantenido por NCAR¹/NOAA² de Estados Unidos.
- Comparar los valores de inmisión de material particulado respirable en los receptores sensibles identificados, con los niveles establecidos en las normativas nacionales de referencia en la materia.

¹National Center for Atmospheric Research.

²National Oceanic and Atmospheric Administration.

3. ANTECEDENTES

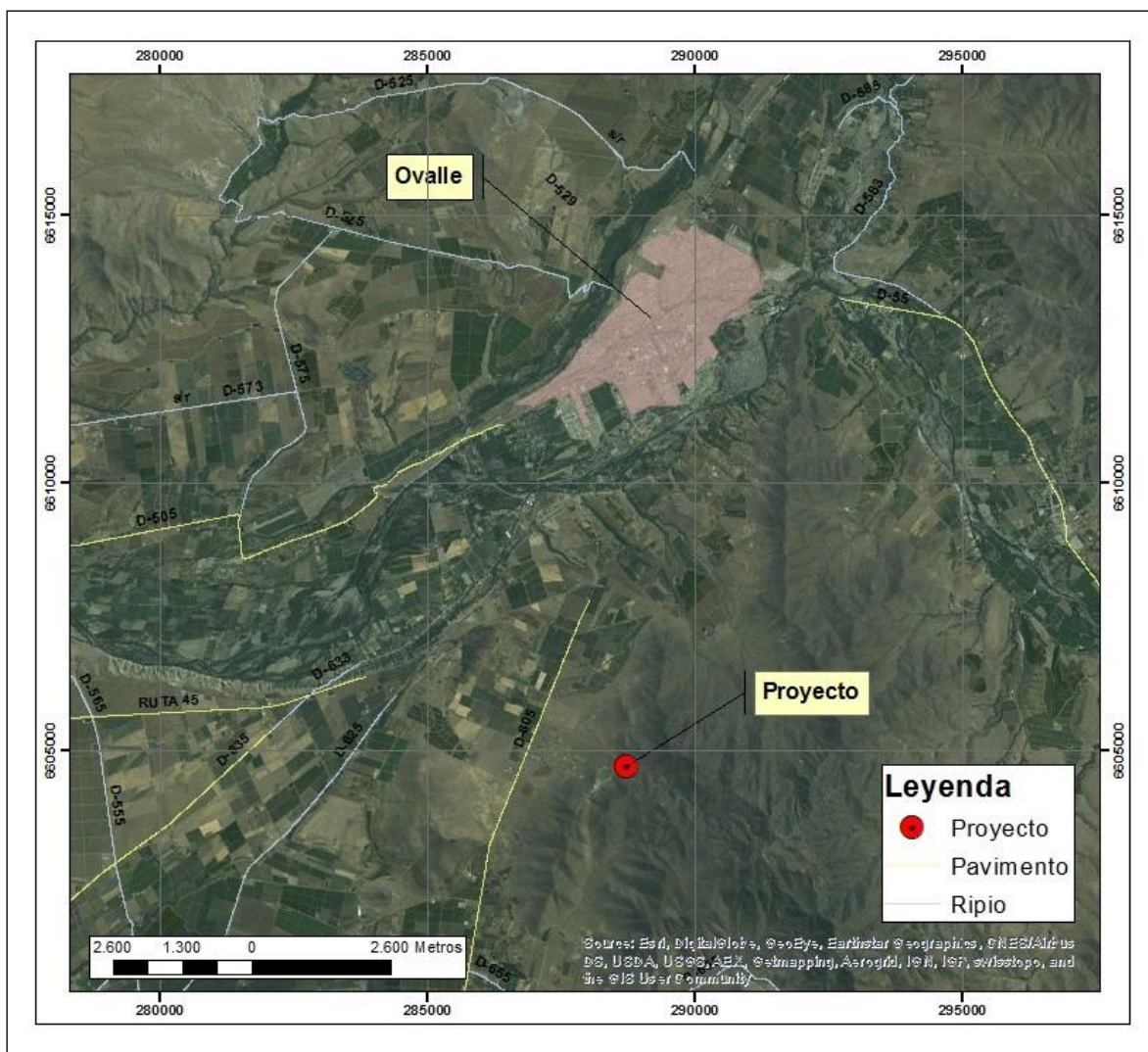
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta concentradora de flotación. Esta planta comprende las etapas de Chancado, Molienda, Acondicionamiento, Clasificación, Flotación, Espesamiento, Filtrado de Concentrados y Relaves y Depósito de Relaves para el tratamiento 4.900 toneladas mensuales de minerales de cobre sulfurado con una ley media de 2,20% cobre total (CuT), y dando una producción anual de 3.050 toneladas de concentrado de cobre con una ley promedio de 25,5% y con una vida útil de 20 años. Los concentrados se filtrarán y transportarán por camión hasta plantas de fundición nacionales o exportación directa.

Durante la vida útil de la planta, los relaves filtrados serán transportado y almacenados en un depósito de relaves filtrados que será diseñado y construido sobre un terreno compactado e impermeabilizado aplicando las mejores prácticas de ingeniería y las normas internacionales referidas a la estabilidad, incluyendo las relacionadas a eventos sísmicos, asegurando de esta forma evitar en el futuro el impacto sobre el suelo natural, la contaminación a los efluentes y aguas freáticas.

3.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se localiza a 8,5 km al sur de la ciudad de Ovalle, en la localidad de Los Llanos de La Chimba, provincia del Limarí, Región de Coquimbo. En la Figura 3-1 se muestra la ubicación geográfica del Proyecto.



4. ESTIMACIÓN DE EMISIONES

El cálculo de la estimación de emisiones se realizó en base a la metodología publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), a través del documento “Compilation of Air Pollutant Emission Factor, AP 42, 5th Edition y la “Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana” publicada por el Ministerio del Medio Ambiente en enero de 2012. La ecuación general empleada se presenta a continuación:

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

Dónde:

- E = emisión
- fe = factor de emisión
- Na = nivel de actividad
- Ea = eficiencia de abatimiento

4.1. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES EMISORAS

A continuación se realiza la estimación de emisiones de material particulado respirable (MP10 y MP2.5), y gases de combustión (NO₂, SO₂, CO y HC) asociadas a las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto.

Tabla 4-1: Actividades emisoras de material particulado y gases de combustión

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE (*)					
	MP10	MP2.5	NO ₂	SO ₂	CO	HC
Fase de Construcción						
- Escarpe	✓					
- Excavación	✓	✓				
- Compactación	✓	✓				
- Transferencia de material	✓	✓				
- Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	✓	✓				
- Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	✓	✓				
- Combustión motores de vehículos	✓		✓		✓	✓
- Combustión motores de maquinaria	✓		✓		✓	✓
- Combustión motores de generadores	✓		✓	✓	✓	✓
Fase de Operación						
- Escarpe						

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE (*)					
	MP10	MP2.5	NO2	SO2	CO	HC
- Excavación	✓					
- Compactación	✓	✓				
- Transferencia de material	✓	✓				
- Chancador Primario	✓	✓				
- Chancador secundario	✓	✓				
- Chancador terciario	✓	✓				
- Harnero 1	✓	✓				
- Harnero 2	✓	✓				
- Puntos de transferencias en correas transportadoras encapsuladas	✓	✓				
- Erosión eólica	✓	✓				
- Tránsito por caminos no pavimentados	✓	✓				
- Tránsito por caminos pavimentados	✓	✓				
- Combustión de fuentes fuera de ruta	✓	✓	✓		✓	✓
- Combustión de fuentes móviles	✓	✓	✓		✓	✓
- Combustión motores de generadores	✓		✓	✓	✓	✓
Fase de Cierre						
- Compactación	✓	✓				
- Transferencia de material	✓	✓				
- Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	✓	✓				
- Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	✓	✓				
- Combustión motores de vehículos	✓		✓		✓	✓
- Combustión motores de maquinaria	✓		✓		✓	✓
- Combustión motores de generadores	✓		✓	✓	✓	✓

(*) MP10: Material Particulado Respirable; MP2.5: Material Particulado Fino; HC: Hidrocarburos Totales; CO: Monóxido de Carbono; NOx: Óxidos de Nitrógeno; SOx: Óxidos de Azufre.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. FACTORES DE EMISIÓN

A continuación en las siguientes tablas se presentan los factores de emisión definidos según fase del proyecto, incluyendo la proporción fugitiva producto de la combustión de motores para las fases de construcción y operación del Proyecto.

4.2.1. Fase de construcción

Tabla 4-2: Factores de Emisión Fase de Construcción

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
Escarpe	(kg/km)	$Fe = 5,7$	No utiliza	-	AP42Capítulo 13, sección 13.2.3 "Heavy Construction Operations".
Excavación	kg/hr	$Fe = 0,45 \times k \times \frac{s^{1.5}}{M^{1.4}}$ MP10 $Fe = 2,6 \times k \times \frac{s^{1.2}}{M^{1.3}}$ MP2.5	s: % de finos en el suelo (sector planta y canal de contorno depósito de relaves)	13 (Muestras de suelo)	AP42 Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining" ;
			s: % de finos en el suelo (empréstitos muro de relaves)	15 (diseño de ingeniería del Proyecto)	
			M: % de humedad material	11,8 (Muestras de suelo)	
			k: constante de tamaño aerodinámico de partícula	MP10= 0,75 MP2.5 = 0,105	
Compactación	kg/veh-km	$Fe = 0,60 \times 0,0056 \times S^2$ MP10 $Fe = 0,031 \times 0,0034 \times S^{2.5}$ MP2.5	s: velocidad del compactador (m/s)	5	AP42 Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".
Transferencia de material	kg/ton	$Fe = k \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	U: Velocidad promedio del viento (m/s)	5 (Valor por defecto)	AP42 Capítulo 13, sección 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".
			M: % de humedad material	11,8 (Muestras de suelo)	
			k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 0,35 MP2.5 =0,053	
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	g/km	$Fe = k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{2,72}\right)^b$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 422,85 MP2.5 = 42,29	AP42 Capítulo 13, sección 13.2.2 "Unpaved Road";
			a (MP10 y MP2.5)	0,9	

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
			b (MP10 y MP2.5)	0,45	
			s: % de finos en el suelo	10	
			W: Peso promedio vehículos (ton)	7 (ver Tabla 4-5)	
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	g/km	$Fe = k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula	MP10= 0,62 MP2.5 =0,15	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, Enero 2011" (ecuación 1, página 13.2.1-4).
			sL: carga de fino de la superficie	0,6 (vías flujo < 500 veh/día)	
			W: Peso promedio vehículos (ton)	8	
Combustión interna de motores de maquinaria	kg/ kw-h	$Fe = FP \times t \times C \times P/1000$	C: % de carga del motor	0,5	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
			t: Tiempo de operación (h)	10	
			FP: Factor según potencia	Ver Tabla 4-6	
			P: Potencia Nominal (kW)	Cargador frontal = 147 kW Excavadora = 103 kW Motoniveladora = 93 kW Rodillo compactador = 97 kW Bulldozer = 231 kW	
Combustión interna de motores de generadores	kg/kw-h	$Fe = FP \times t \times C \times P/1000$	C: % de carga del motor	0,5	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
			t: Tiempo de operación diaria (h)	10	
			FP: Factor según potencia	Ver Tabla 4-7	
			P: Potencia Nominal (kW)	265 KVA	
Combustión interna Motor de vehículos Comerciales Diesel Tipo 2	g/km	CO=0,82*(0,000223*V ^ 2 - 0,026*V + 1,076)	V: Velocidad de la camioneta por caminos pavimentados (km/hr) V: Velocidad de la camioneta por caminos no pavimentados (km/hr)	80	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana,
		HC=0,62*(0,0000175*V ^ 2 - 0,00284*V + 0,2162)			
		NOx=0,84*(0,000241*V ^ 2 - 0,03181*V + 2,0247)		40	
		MP=0,67*(0,000045*V ^ 2 - 0,004885*V + 0,1932)			

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
					Enero 2012.
Combustión interna Motor de Camiones pesados Diesel Tipo 3	g/km	CO=	V: Velocidad del camión por caminos pavimentados (km/hr)	60	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
		HC=			
		NOx=			
		MP=			

4.2.2. Fase de operación

Tabla 4-3: Factores de Emisión Fase de Operación

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
Escarpe	(kg/km)	$Fe = 5,7$	No utiliza	-	AP-42, 5ª Edición, Actualización de 1998, Capítulo 13, Sección 13.2.3, "Heavy Construction Operations 2010"
Excavaciones	kg/hr	$Fe = 0,45 \times k \times \frac{s^{1.5}}{M^{1.4}}$ MP10	s: % de finos en el suelo (sector canal de contorno depósito de relaves)	13 (Muestras de suelo)	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.9 "Western Surface
			s: % de finos en el suelo (empréstitos muro de relaves)	15 (diseño de ingeniería del Proyecto)	

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
		$Fe = 2,6 \times k \times \frac{s^{1.2}}{M^{1.3}}$ MP2.5	M: % de humedad material (canal de contorno sector depósito de relaves)	11,8 (Muestras de suelo)	Coal Mining, Octubre 1998" (páginas 11.9-1 a 11.9-14).
			M: % de humedad material (empréstitos muro de relaves)	11,8 (Muestras de suelo)	
			k: constante de tamaño aerodinámico de partícula	MP10= 0,75 MP2.5 = 0,105	
Compactación	kg/veh-km	$Fe = 0,60 \times 0,0056 \times S^2 MP10$ $Fe = 0,031 \times 0,0034 \times S^{2.5} MP2.5$	s: velocidad del compactador (m/s)	5	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.9 "Western Surface Coal Mining, Octubre 1998" (páginas 11.9-1 a 11.9-14).
Transferencia de material	kg/ton	$Fe = k \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	U: Velocidad promedio del viento (m/s)	5 (Valor por defecto Guía 2015)	AP 42, Volume I, Stationary point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, Noviembre 2006" (ecuación 1, página 13.2.4-4).
			M: % de humedad mineral	3 (Guía CONAMA 2006)	
			M: % de humedad del concentrado	9 (Proyecto)	
			M: % de humedad material (empréstitos)	11,8 (Muestras de suelo)	
			k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 0,35 MP2.5 =0,053	
Chancador primario (mineral de baja humedad)	kg/ton	$Fe = 0,2 MP10$ $Fe = 0,02 MP2.5$	No utiliza	-	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.24 "Metallic Minerals Processing, Agosto 1982 (Reformateado Enero 1995)" (páginas 11.24-1 a 11.24-7).

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
Chancado secundario (*) (Mineral de baja humedad)	kg/ton	$Fe = 0,05MP10$ (corresponde a la interpolación lineal entre el chancador primario y el terciario)	No utiliza	-	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.24 "Metallic Minerals Processing, Agosto 1982 (Reformateado Enero 1995)" (páginas 11.24-1 a 11.24-7).
Chancado terciario (*) (Mineral de baja humedad)	kg/ton	$Fe = 0,08MP10$	No utiliza	-	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.24 "Metallic Minerals Processing, Agosto 1982 (Reformateado Enero 1995)" (páginas 11.24-1 a 11.24-7).
Harnero primario con control de emisiones (mineral de baja humedad)	kg/ton	$Fe = 0,00037MP10$ $Fe = 0,000025 \quad MP2.5$	No utiliza	-	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.24 "Metallic Minerals Processing, Agosto 1982 (Reformateado Enero 1995)" (páginas 11.24-1 a 11.24-7).
Harnero secundario con control de emisiones (*) (mineral de baja humedad)	kg/ton	$Fe = 0,0011MP10$	No utiliza	-	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 11, Section 11.24 "Metallic Minerals Processing, Agosto 1982 (Reformateado Enero 1995)" (páginas 11.24-1 a 11.24-7).
Puntos de transferencia en	kg/ton	$Fe = 2,3 \times 10^{-5}MP10$	No utiliza	-	11.19.2 Crushed Stone Processing and

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
correas transportadoras encapsuladas		$Fe = 6,5 \times 10^{-6} MP_{2,5}$			Pulverized Mineral Processing. Table 11.19.2-1 (Metric Units). EMISSION Factors For Crushed Stone Processing Operations (kg/Mg)a
Erosión en pilas de almacenamiento y áreas expuestas al interior de una instalación industrial	kg/ha	$Fe = k \times \left(\frac{s}{1,5}\right) \times \left(\frac{f}{15}\right)$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 0,95 MP2.5 = 0,14	WRAP (Western Regional Air Partnership) Fugitive Dust Handbook, Chapter 9 "Storage Pile Wind Erosion, Septiembre 2006" (página 9-8).
			s: Contenido de finos del material (%)	10	
			f: Porcentaje del tiempo en el que el viento excede los 5,36 m/s a la altura media de la pila.	30	
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	g/km	$Fe = k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{2,72}\right)^b$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 422,85 MP2.5 = 42,29	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.2 "Unpaved Roads, Noviembre 2006" (ecuaciones 1a y 1b, página 13.2.2-4).
			a (MP10 y MP2.5)	0,9	
			b (MP10 y MP2.5)	0,45	
			s: % de finos en el suelo	10 Valor por defecto para camino hacia/desde cantera en minería y procesamiento de roca.	
			W: Peso promedio vehículos (ton)	18,5 (ver Tabla 4-5)	
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	g/km	$Fe = k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula	MP10= 0,62 MP2.5 = 0,15	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, Enero 2011" (ecuación 1, página 13.2.1-4)..
			sL: carga de fino de la superficie	0,6 (vías flujo < 500 veh/día)	
			W: Peso promedio flota (ton)	3,7 (ver Tabla 4-5)	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources:

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
					Chapter 13, Section 13.2.2 "Unpaved Roads, Noviembre 2006" (ecuaciones 1a y 1b, página 13.2.2-4).
Combustión interna de motores de maquinaria	kg/ kw-h	$Fe = FP \times t \times C \times P/1000$	C: % de carga del motor	0,5	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
			t: Tiempo de operación (h)	10	
			FP: Factor según potencia	Ver Tabla 4-6	
			P: Potencia Nominal (kW)	Cargador frontal (2) = 147 kW Excavadora = 103 kW Motoniveladora = 93 kW Rodillo compactador = 97 kW Bulldozer = 231 kW	
Combustión de motores de generadores	kg/kgcomb	MP10= 0,00282 MP2,5= 0,00068 SO2= 0,0001 CO= 0,0173 NOx= 0,0801 HC= 0,00636	No utiliza	-	Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes
Combustión interna Motor de vehículos Comerciales Diesel Tipo 2	g/km	CO=0,82*(0,000223*V ^ 2 - 0,026*V + 1,076)	V: Velocidad de la camioneta por caminos pavimentados (km/hr) V: Velocidad de la camioneta por caminos no pavimentados (km/hr)	60 20	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
		HC=0,62*(0,000175*V ^ 2 - 0,00284*V + 0,2162)			
		NOx=0,84*(0,000241*V ^ 2 - 0,03181*V + 2,0247)			
		MP=0,67*(0,000045*V ^ 2 - 0,004885*V + 0,1932)			
Combustión interna Motor de buses particulares Buses interurbanos Diesel Tipo 3	g/km	CO= ((1,08632604031267+(6,46823166382744*exp(((-1)*0,0457909676088093)*V)))+(15,0010348169023*exp(((-1)*0,221904651804259)*V)))	V: Velocidad del bus por caminos pavimentados (km/hr)	60	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la
		HC= (0,227231246172132+(15,6623993601925/(1+exp((((-1)*-	V: Velocidad del bus por caminos no pavimentados (km/hr)	20	

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
		$0,530825258433305)+(0,64893877880533*\ln(V)))+(0,0270342446309713*V))))$ $\text{NOx}= ((5,30542698745506+(21,8812199241423*\exp(((-1)*0,0529967144180243)*V)))+(90,0551365078442*\exp(((-1)*0,247649925809256)*V))))$ $\text{MP}= (0,0824673698756213+(1,06820321325441/(1+\exp(((-1)*2,35097203495455)+(1,08187915615308*\ln(V)))+(0,0118433684419714*V))))))$			Región Metropolitana, Enero 2012.
Combustión interna Motor de Camiones pesados Diesel Tipo 3	g/km	$\text{CO}= (1,24588358438859+(103,700537481749/(1+\exp(((-1)* -1,3906312471446)+(0,543451750078654*\ln(V)))+(0,0390066425998189*V))))))$ $\text{HC}= ((0,135938586321894+(0,71588074810547*\exp(((-1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*\exp(((-1)*0,123459782380517)*V))))$ $\text{NOx}= ((5,58300975720938+(14,5724996214701*\exp(((-1)*0,0510403515051286)*V)))+(45,651882800859*\exp(((-1)*0,309240087785118)*V))))$ $\text{MP}= ((0,100820480611018+(0,424449762706025*\exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*\exp(((-1)*0,159945936589218)*V))))$	<p>V: Velocidad del camión por caminos pavimentados (km/hr)</p> <p>V: Velocidad del camión por caminos no pavimentados (km/hr)</p>	<p>60</p> <p>20</p>	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.

(*) Considera un escenario conservador de emisiones de MP2,5. En efecto, en ausencia del factor de emisión específico de MP2,5 se considera que todo el MP10 corresponde a MP2,5.

4.2.3. Fase de cierre

Tabla 4-4: Factores de Emisión Fase de Cierre

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
Compactación	kg/veh-km	$Fe = 0,60 \times 0,0056 \times S^2 MP10$ $Fe = 0,031 \times 0,0034 \times S^{2.5} MP2.5$	s: velocidad del compactador (m/s)	5	AP42 Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	g/km	$Fe = k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{2,72}\right)^b$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula.	MP10= 422,85 MP2.5 = 42,29	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.2 "Unpaved Roads, Noviembre 2006" (ecuaciones 1a y 1b, página 13.2.2-4).
			a (MP10 y MP2.5)	0,9	
			b (MP10 y MP2.5)	0,45	
			s: % de finos en el suelo	10 Valor por defecto para camino hacia/desde cantera en minería y procesamiento de roca.	
			W: Peso promedio vehículos (ton)	5 (ver Tabla 4-5)	
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	g/km	$Fe = k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$	k: constante de tamaño aerodinámico de partícula	MP10= 0,62 MP2.5 =0,15	AP 42, Volume I, Stationary Point and Area Sources: Chapter 13, Section 13.2.1 "Paved Roads, Enero 2011" (ecuación 1, página 13.2.1-4)..
			sL: carga de fino de la superficie	0,6 (vías flujo < 500 veh/día)	
			W: Peso promedio vehículos (ton)	8	
Combustión interna de motores de maquinaria	kg/ kw-h	$Fe = FP \times t \times C \times P/1000$	C: % de carga del motor	0,5	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
			t: Tiempo de operación (h)	10	
			FP: Factor según potencia	Ver Tabla 4-6	
			P: Potencia Nominal (kW)	Cargador frontal = 147 kW Rodillo compactador = 97 kW Bulldozer = 231 kW	
Combustión	kg/kw-h	$Fe = FP \times t \times C \times P/1000$	C: % de carga del motor	0,5	Guía para la

FUENTE EMISORA	UNIDAD	FÓRMULA FACTOR DE EMISIÓN	VARIABLES	VALOR	REFERENCIA
interna de motores de generadores			t : Tiempo de operación diaria (h)	10	Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
			FP : Factor según potencia	Ver Tabla 4-6	
			P : Potencia Nominal (kW)	265 KVA	
Combustión interna Motor de vehículos Comerciales Diesel Tipo 2	g/km	$CO=0,82*(0,000223*V^2 - 0,026*V + 1,076)$	V : Velocidad del camión por caminos pavimentados (km/hr)	80	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
		$HC=0,62*(0,0000175*V^2 - 0,00284*V + 0,2162)$			
		$NOx=0,84*(0,000241*V^2 - 0,03181*V + 2,0247)$	V : Velocidad del camión por caminos no pavimentados (km/hr)	40	
		$MP=0,67*(0,000045*V^2 - 0,004885*V + 0,1932)$			
Combustión interna Motor de Camiones pesados Diesel Tipo 3	g/km	$CO=$ $(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+\exp(((((-1)^{-1,3906312471446})+(0,543451750078654*\ln(V)))+(0,0390066425998189*V))))))$	V : Velocidad del camión por caminos pavimentados (km/hr)	60	Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, Enero 2012.
		$HC=$ $((0,135938586321894+(0,71588074810547*\exp(((((-1)^{0,0234666513590177}*V)))+(2,79878282504916*\exp(((((-1)^{0,123459782380517}*V)))))$			
		$NOx=$ $((5,58300975720938+(14,5724996214701*\exp(((((-1)^{0,0510403515051286}*V)))+(45,651882800859*\exp(((((-1)^{0,309240087785118}*V)))))$	V : Velocidad del camión por caminos no pavimentados (km/hr)	40	
		$MP=$ $((0,100820480611018+(0,424449762706025*\exp(((((-1)^{0,0416436785215947}*V)))+(0,864328026775096*\exp(((((-1)^{0,159945936589218}*V)))))$			

Tabla 4-5: Peso promedio vehículos por fase del Proyecto

FASE	TIPO DE VEHÍCULO	PESO PROMEDIO (TON)	VIAJES (KM)	PORCENTAJE DE VIAJES	PESO PROMEDIO FLOTA VEHICULAR (TON)
Construcción	Furgones 15 personas	4,6	300	30,55%	9,0
	Camionetas	3,2	300	30,55%	
	Camión 30 ton	30	15	1,53%	
	Camión mixer 8 m3	15	60	6,11%	
	Camión plano 10 ton	10	60	6,11%	
	Camión tolva de 25 m3	20	180	18,33%	
	Camión recolector 10 ton	10	60	6,11%	
	Camión recolector 10 ton	10	2	0,20%	
	Camión recolector 10 ton	10	5	0,51%	
Operación	Camión Transporte de relaves	29,0	8,6	47,5%	18,5
	Furgón Jac Sunray (15 pers)	4,6	3,2	17,7%	
	Camionetas (2)	3,2	3,2	17,7%	
	Camión tolva	20,0	3,0	16,6%	
	Camión recolector de residuos	10,0	0,1	0,6%	
Cierre	Furgones 15 personas	4,6	300	41,67%	7,0
	Camionetas	3,2	300	41,67%	
	Camión plano 30 ton	30	60	8,33%	
	Camión recolector 10 ton	10	60	8,33%	

Tabla 4-6: Factores de Emisión de maquinaria según potencia

POTENCIA MAQUINARIA KW	FACTORES DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE (G/KWHR)			
	CO	HC	NOX	MP
0-20	8,38	3,87	14,36	2,22
20-37	6,43	2,96	14,36	1,81
37-75	5,06	2,33	14,36	1,51
75-130	3,76	1,72	14,36	1,23
>130	3,00	1,35	14,36	1,10

Tabla 4-7: Factores de Emisión de generadores según potencia

POTENCIA	UNIDAD	CO	NOX	MP10	SOx
Diesel hasta 600 hp	kg/Kw-h	4,06E-03	0,0188	1,34E-03	1,25E-03
Diesel más 600 hp	kg/Kw-h	3,34E-04	0,0146	4,26E-04	2,46E-04
Gasolina hasta 250 hp	kg/Kw-h	0,267	0,0067	4,38E-04	3,59E-04

4.3. NIVELES DE ACTIVIDAD

4.3.1. Fase de construcción

4.3.1.1. Escarpe

El nivel de actividad corresponde a la distancia en kilómetros que recorre el cargador frontal³ por el área a escarpar. Por defecto para 1 ha el cargador frontal recorre una distancia de 3,57 km.

A continuación, la Tabla 4-8 presenta el nivel de actividad para las obras del Proyecto que requiere de esta actividad.

Tabla 4-8: Nivel de actividad fase de construcción – Escarpe

OBRA	SUPERFICIE A ESCARPAR (HA/FASE)	REND. MAQUINARIA (KM/HA)	NA (KM/FASE)
Planta	3,75	3,57	13,39
Camino proyectados	0,61	3,57	2,18
Muro depósito de relaves	0,22	3,57	0,80

Fuente: elaboración propia.

4.3.1.2. Excavación

El nivel de actividad por excavación, corresponde al número de horas de funcionamiento de la maquinaria requerida para realizar esta función, estimadas a partir del volumen total de movimiento de tierra.

Por defecto se considera para una retroexcavadora con capacidad de palada de 1 m³ un rendimiento igual a 30 m³/h.

De acuerdo a lo anterior, las horas de funcionamiento de la maquinaria por tipo de obra se presentan a continuación:

Tabla 4-9: Nivel de actividad fase de construcción – Excavación

OBRA	MATERIAL A REMOVER (M3)	RENDIMIENTO MAQUINARIA (M3/H)	NA(H/FASE)
Planta	85.000	30	2.833
Zona de extracción material de empréstito	15.000	30	500
Canales de contorno	2.320	30	77

Fuente: Elaboración propia.

³La metodología del MMA indica el uso de un cargador frontal para la estimación, aunque en la práctica puede ser con una retroexcavadora como maquinaria a utilizar.

4.3.1.3. Compactación

El nivel de actividad producto de la compactación, se determina según la distancia que recorre la maquinaria por la superficie a compactar. Por defecto se considera un rendimiento de la maquinaria de 3,57 km por hectárea.

A continuación la Tabla 4-10 presenta el nivel de actividad por compactación, considerando las distintas obras que requieren de esta actividad, amplificada por el número de veces que la maquinaria recorrerá la misma superficie (3 veces).

Tabla 4-10: Nivel de actividad fase de construcción – Compactación

OBRA	SUPERFICIE A COMPACTAR (HA)	RENDIMIENTO MAQUINARIA (KM/HA)	NA (KM/FASE)
Planta	3,75	3,57	40,16
Caminos proyectados	0,61	3,57	6,55
Muro depósito de relaves	0,22	3,57	2,40

Fuente: elaboración propia.

4.3.1.4. Transferencia de material

El nivel de actividad por transferencia de material se presenta en la Tabla 4-11, el cual fue calculado a partir de cantidad de material a remover en metros cúbicos y la densidad del material (2 ton/m³).

Tabla 4-11: Nivel de actividad fase de construcción – Transferencia de material

OBRA	CARGA DE MATERIAL (M3)	DESCARGA DE MATERIAL (M3)	DENSIDAD MATERIAL (TON/M3)	MATERIAL A MOVER (TON)
Planta	85.000	85.000	2	340.000
Zona de extracción material de empréstito	15.000	--	2	30.000
Muro depósito de relaves	--	15.000	2	30.000

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.5. Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

El nivel de actividad, corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos no pavimentados, para el transporte de personal, insumos y materiales requeridos durante la fase de construcción del Proyecto estimada en 5 meses.

A continuación la Tabla 4-12 presenta las rutas transitadas, kilómetros recorridos y los viajes totales estimados por cada vehículo por actividad de transporte.

Tabla 4-12: Nivel de actividad fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	RUTA UTILIZADA	LONGITUD (KM)	TIPO DE VEHÍCULO	VIAJES TOTALES/FASE ⁴	NA(KM/FASE)
Transporte de personal	Camino de acceso	3	Camionetas	300	1.800
Transporte de personal	Camino de acceso	3	Furgones	300	1.800
Transporte de Equipos	Camino de acceso	3	Camión 30 ton	15	90
Transporte Hormigón	Camino de acceso	3	Camión mixer 8 m ³	60	360
Transporte Acero	Camino de acceso	3	Camión plano	60	360
Transporte Material de Empréstito	Camino interno	0,5	Camión tolva de 25 m ³	180	180
Transporte RSD	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	60	360
Transporte RESPEL	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	2	12
Transporte RSINP	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	5	30

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.6. Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

El nivel de actividad, corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos pavimentados, para el transporte de personal, insumos y materiales durante la fase de construcción. Se estima que estos viajes serán realizados desde la ciudad de Ovalle hasta el Proyecto.

A continuación la Tabla 4-13 presenta las rutas transitadas, kilómetros recorridos y los viajes totales estimados por actividad de transporte.

Tabla 4-13: Nivel de actividad fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	RUTAS UTILIZADAS	LONGITUD (KM)	TIPO DE VEHÍCULO	VIAJES TOTALES/FASE ⁴	NA (KM/FASE)
Transporte de personal	Rutas pavimentadas	8	Camionetas	300	2.400
Transporte de personal	Rutas pavimentadas	8	Furgones	300	2.400
Transporte de Equipos	Rutas pavimentadas	8	Camión 30 ton	15	120
Transporte Hormigón	Rutas pavimentadas	8	Camión mixer 8 m ³	60	480
Transporte Acero	Rutas pavimentadas	8	Camión plano	60	480
Transporte RSD	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	60	480
Transporte RESPEL	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	2	16
Transporte RSINP	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	5	40

Fuente: Elaboración propia.

⁴ Un viaje considera ida y vuelta.

4.3.1.7. Combustión interna de motores de vehículos

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados. De acuerdo a los cálculos realizados en los acápite anteriores, los kilómetros recorridos por los vehículos, se presenta a continuación en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14: Nivel de actividad fase de construcción – Combustión de motores de vehículos

TIPO DE CAMINO	TIPO DE VEHÍCULO	NA (KM/FASE)
No pavimentado	Camiones pesados	1.392
	Camionetas y furgones	3.600
Pavimentado	Camiones pesados	1.616
	Camionetas y furgones	4.800

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.8. Combustión interna de motores de maquinaria

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación de la maquinaria requerida para realizar las labores de construcción del Proyecto. A continuación la Tabla 4-16 presenta el número de horas de operación por tipo de maquinaria.

Tabla 4-15: Nivel de actividad fase de construcción – Combustión interna de motores de maquinaria

FRENTE DE OBRA	MAQUINARIA	CANTIDAD	NA (H/MAQUINARIA)	NA TOTAL (H/FASE)
Planta y caminos proyectados	Cargador frontal	1	600	600
	Excavadora	1	600	600
	Motoniveladora	1	600	600
	Rodillo compactador	1	600	600
	Bulldozer	1	600	600
Depósito de relaves	Cargador frontal	1	600	600
	Excavadora	1	600	600
	Motoniveladora	1	600	600
	Rodillo compactador	1	600	600
	Bulldozer	1	600	600

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.9. Combustión interna de motores de generadores

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación del generador requerido como apoyo para realizar las labores de construcción del Proyecto. A continuación la Tabla 4-16 presenta el número de horas por fase estimadas para el funcionamiento del generador.

Tabla 4-16: Nivel de actividad fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores

GENERADOR	CANTIDAD	NA (H/GENERADOR)	NA TOTAL (H/FASE)
Generador de 265 kVA (212 kW)	1	1.500	1.500

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Fase de operación

Tal como se señaló anteriormente, la Planta San Cayetano comprende las etapas de Chancado, Molienda, Acondicionamiento, Clasificación, Flotación, Espesamiento, Filtrado de Concentrados y Relaves y Depósito de Relaves para el tratamiento 4.900 toneladas mensuales de minerales de cobre sulfurado. Desde el punto de vista de las emisiones atmosféricas, la etapa de chancado corresponde a un proceso en seco que genera emisiones atmosféricas, mientras que desde la flotación en adelante, el proceso es húmedo, por lo cual se considera que no genera emisiones.

En este contexto, el mineral proveniente desde distintas explotaciones mineras ingresa a la cancha de almacenamiento desde donde es cargado mediante cargador frontal CAT 950, alimentando la tolva de recepción de la planta para comenzar a avanzar en los distintos procesos unitarios, obteniendo como producto el concentrado de cobre, cuya humedad se sitúa entre 8% y un 10%. Este concentrado se carga a los camiones mediante cargador frontal CAT 950 al interior del galpón de almacenamiento de concentrado (espacio cerrado).

En la Tabla 4-17 se indican los procesos unitarios que generan emisiones atmosféricas y que se llevan a cabo al interior de la Planta San Cayetano.

Tabla 4-17: Procesos en planta San Cayetano

ID	Proceso	Mineral
1	Carga de mineral a tolva	100%
2	Chancador primario	100%
3	Transferencia a correa 1	100%
4	Transferencia desde correa 1 a harnero 1	100%
5	Chancador secundario	60%
6	Transferencia de correa 2 a correa 3	40%
7	Transferencia de correa 4 a correa 1	60%
6	Transferencia de correa 2 a correa 3	60%
8	Transferencia desde correa 3 a harnero 2	100%
9	Chancador terciario	60%
10	Transferencia desde correa 5 a correa 3	60%
8	Transferencia desde correa 3 a harnero 2	60%
11	Transferencia de correa 6 a stock pile	100%

La Figura 4-1 muestra el esquema gráfico de los procesos emisores al interior de la Planta San Cayetano.

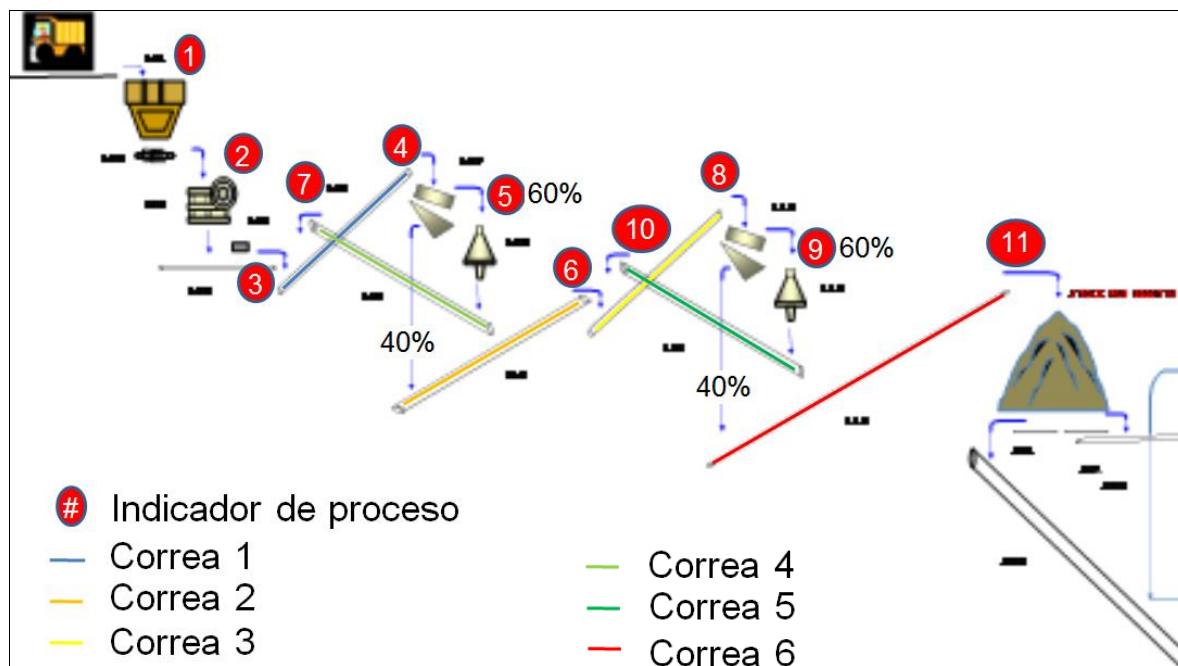


Figura 4-1: Esquema procesos unitarios planta San Cayetano

Cabe destacar que el proyecto considera en su diseño de planta, que la etapa de chancado se encuentre encapsulada, al igual que las correas transportadoras. Debido a ello, se han utilizado factores de emisión que consideran el control de las emisiones.

El inventario de emisiones de la fase de operación considera la construcción del muro del depósito de relaves en su segunda etapa. En la Tabla 4-18 se muestra el diseño considerado para el muro en su segunda etapa.

Tabla 4-18: Diseño Muro Etapa II

ÍTEM DEL DISEÑO	VALOR
Ancho de coronamiento	15 m
Longitud de coronamiento	118 m
Volumen	19.015 m ³
Tonelaje	41.643 ton
Superficie Basal	2.986 m ²

Fuente: Proyecto Depósito de Relaves, Julio 2016

Para configurar un escenario conservador de emisiones que permita evaluar las concentraciones ambientales más desfavorables para los receptores de interés, se ha considerado que las emisiones de material particulado fino del chancador primario, secundario y terciario son equivalentes a las emisiones de MP10.

En las siguientes secciones se indican los niveles de actividad considerados para cada actividad emisora.

4.3.2.1. Escarpe

El nivel de actividad corresponde a la distancia en kilómetros que recorre el cargador frontal⁵ por el área a escarpar. Por defecto para 1 ha el cargador frontal recorre una distancia de 3,57 km.

El área a escarpar corresponde a la superficie basal de la segunda etapa del muro de relaves (2.986 m²)

Tabla 4-19: Parámetros para estimar el nivel de actividad del escarpe

Parámetro	Valor	Unidad
Escarpe base muro Etapa II D. Relaves	0,3	ha
Duración de la actividad	60	Días
Distancia recorrida por un bulldozer por el área a escarpar	3,57	km/Ha

Fuente: elaboración propia.

A continuación, la Tabla 4-20 presenta el nivel de actividad para las obras del Proyecto que requiere de esta actividad durante la fase de operación.

Tabla 4-20: Nivel de actividad escarpe, fase de operación.

Fuente de Emisión	Distancia a escarpar [km/día]	Pasadas Máquina
Escarpe base muro Etapa II D. Relaves	0,053	3,0

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.2. Excavación

El nivel de actividad por excavación, corresponde al número de horas de funcionamiento de la maquinaria requerida para realizar esta función, estimadas a partir del volumen total de movimiento de tierra.

Por defecto se considera para una retroexcavadora con capacidad de palada de 1 m³ un rendimiento igual a 30 m³/h.

Tabla 4-21: Parámetros emisión excavación

Parámetros	Valor	Unidad
Días - Año	360	Días
Rendimiento excavadora	30	m3/hora
Material Extraído muro de relaves	19.015	m3/año
Material Extraído canal de contorno	4.690	m3/año

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, las horas de funcionamiento de la maquinaria por tipo de obra se presentan a continuación:

⁵La metodología del MMA indica el uso de un cargador frontal para la estimación, aunque en la práctica puede ser con una retroexcavadora como maquinaria a utilizar.

Tabla 4-22: Nivel de actividad excavación

Frete de Trabajo	Extracción (m3/Año)	Extracción (m3/día)	Horas Excavación/Día
Sitio de extracción de empréstitos	19.015	53	1,8
Canal de contorno fase 5 a 9 (Etapa II)	4.690	13	0,4

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.3. Compactación

El nivel de actividad producto de la compactación, se determina según la distancia que recorre la maquinaria por la superficie a compactar. Por defecto se considera un rendimiento de la maquinaria de 3,57 km por hectárea.

A continuación se presenta el nivel de actividad por compactación del muro del depósito de relaves en su segunda etapa, amplificada por el número de veces que la maquinaria recorrerá la misma superficie (3 veces).

Tabla 4-23: Parámetros emisión compactación

Ítem	Valor	Unidad
Nº veces que la maquinaria compacta	3	cantidad
Estratos a compactar	44	cantidad
Ancho del coronamiento	15	metros
Largo del muro	188	metros
Superficie a compactar por estrato	2820	m ²
Duración de la actividad	60	días
Factor de avance	3,57	km/ha

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4-24: Nivel de actividad compactación

Frete de trabajo	Superficie [ha]	NA [km/día]
Muro Depósito de relaves fase II	37,22	2,21

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.4. Transferencias de material

El nivel de actividad por transferencia de material se presenta en la Tabla 4-25, el cual fue calculado a partir de cantidad de material a remover en metros cúbicos y la densidad del material (2 ton/m³).

Tabla 4-25: Nivel de actividad transferencia de material

ÁREA	TRANSFERENCIA	LUGAR CARGA/DESCARGA	TRANSFERENCIA DIARIA (TON/DÍA)
Cancha de recepción de mineral	Carga de mineral	Cancha de recepción de	163,33

ÁREA	TRANSFERENCIA	LUGAR CARGA/DESCARGA	TRANSFERENCIA DIARIA (TON/DÍA)
		mineral	
Cancha de recepción de mineral	Descarga de mineral	Tolva de recepción	163,33
Carga de concentrado	Carga de concentrado	Galpón de concentrado	8,47
Descarga de Concentrado	Descarga de concentrado	Camión de concentrado	8,47
Carga de empréstitos para muro de D. relaves etapa II	Carga de empréstitos	Sitio de empréstitos	115,68
Descarga de empréstitos para muro de D. Relaves etapa II	Descarga de empréstitos	Muro de relaves	115,68

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.5. Chancador primario

El nivel de actividad corresponde 163,3 toneladas de mineral que diariamente pasan por el chancador primario según el esquema de la Figura 4-1.

4.3.2.6. Chancador secundario

El nivel de actividad corresponde 98 toneladas de mineral que diariamente pasan por el chancador secundario según el esquema de la Figura 4-1.

4.3.2.7. Chancador terciario

El nivel de actividad corresponde 98 toneladas de mineral que diariamente pasan por el chancador terciario según el esquema de la Figura 4-1.

4.3.2.8. Harnero 1

El nivel de actividad corresponde 163,3 toneladas de mineral que diariamente pasan por el harnero primario según el esquema de la Figura 4-1.

4.3.2.9. Harnero 2

El nivel de actividad corresponde 163,3 toneladas de mineral que diariamente pasan por el harnero secundario según el esquema de la Figura 4-1.

4.3.2.10. Puntos de transferencia en correas transportadoras

El nivel de actividad corresponde a las toneladas de mineral que diariamente pasan por los distintos puntos de transferencia en las correas transportadoras según el esquema de la Figura 4-1.

Tabla 4-26: Nivel de actividad correas transportadoras encapsuladas

ACTIVIDAD	TON/DÍA
Transferencia a correa 1	163
Transferencia desde correa 1 a harnero 1	163
Transferencia de correa 2 a correa 3	65
Transferencia de correa 4 a correa 1	98
Transferencia de correa 2 a correa 3	98
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	163
Transferencia desde correa 5 a correa 3	98
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	98
Transferencia de correa 6 a stock pile	163

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.11. Erosión eólica

El nivel de actividad de la erosión eólica está dado por el área susceptible de ser erosionada. Para configurar un escenario conservador se ha considerado que el total de la superficie de la cancha de recepción de mineral será susceptible de ser erosionada.

A continuación se indica el nivel de actividad de la erosión eólica.

Tabla 4-27: Nivel de actividad de la erosión eólica

PILA	SUPERFICIE SUSCEPTIBLE DE EROSIONAR	UNIDAD
Cancha de recepción de mineral	0,0910	Ha/día
Stock Pile	0,0829	Ha/día

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que no se ha considerado la superficie del almacenamiento de concentrado, toda vez que éste será almacenado en un galpón cerrado (ausencia de viento).

4.3.2.12. Tránsito por caminos no pavimentados

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros a recorrer diariamente por los caminos no pavimentados por los distintos tipos de transporte generados por el Proyecto en la fase de operación. De acuerdo a la información de Proyecto, los camiones tienen las siguientes capacidades de transporte:

- Camión de relaves: 32 toneladas
- Camión de empréstitos: 20 toneladas
- Camión recolector de residuos: 10 toneladas

A continuación se indican los kilómetros recorridos diariamente por los distintos tipos de transporte en los caminos no pavimentados.

Tabla 4-28: Nivel de actividad tránsito por caminos no pavimentados

RECORRIDO	DISTANCIA (KM)	NÚMERO DE VIAJES DIARIOS	DISTANCIA RECORRIDA (KM/DÍA) (*)
Camión Transporte de relaves	1,7	5,0	17,2
Furgón Jac Sunray (15 pers)	3,2	1,0	6,4
Camionetas (2)	3,2	2,0	12,8
Camión tolva	0,5	6,0	6,0
Camión recolector de residuos	3,2	0,03	0,2

(*): Ida y Vuelta.

Fuente: elaboración propia

4.3.2.13. Tránsito por caminos pavimentados

A continuación se muestra el peso promedio de los vehículos que circularán por caminos pavimentados en la fase de operación.

Tabla 4-29: Peso promedio en caminos pavimentados fase de operación

CATEGORÍA VEHICULAR	PESO PROMEDIO (TON)	VKT	%VKT
Furgón Jac Sunray (15 pers)	4,6	8,0	33,0%
Camionetas (2)	3,2	16,0	65,9%
Camión recolector de residuos	10,0	0,3	1,1%
Peso promedio flota			3,7

Fuente: elaboración propia

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos diariamente (ida y vuelta) por los caminos pavimentados (se considera distancia desde el límite urbano de la ciudad de Ovalle hasta el Proyecto).

Tabla 4-30: Nivel de actividad tránsito por caminos pavimentados

Recorrido	Distancia (km)	Número de Viajes Diarios	Distancia Recorrida (km/día) (*)
Furgón Jac Sunray (15 pers)	8,0	1,00	16
Camionetas (2)	8,0	2,00	32
Camión recolector de residuos	8,0	0,03	1

(*): Ida y Vuelta.

Fuente: elaboración propia

4.3.2.14. Combustión de fuentes fuera de ruta

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación de la maquinaria requerida para realizar las labores de operación en Planta y construcción segunda etapa muro del depósito de relaves. A continuación se presenta el número de horas de operación por tipo de maquinaria.

Tabla 4-31: Nivel de actividad combustión de maquinaria

EQUIPO	CANTIDAD	T (HORAS/DÍA)	P [kW]	NA [kW*HR/DÍA]
Cargador Frontal (Planta)	2	24	147	3.528
Cargador Frontal (D. Relaves)	1	10	147	735
Excavadora (D. Relaves)	1	10	103	515

EQUIPO	CANTIDAD	T (HORAS/DÍA)	P [kW]	NA [kW*HR/DÍA]
Motoniveladora (D. Relaves)	1	10	93	465
Rodillo Compactador (D. Relaves)	1	10	97	485
Bulldozer (D. Relaves)	1	10	231	1.155

Fuente: elaboración propia

4.3.2.15. Combustión de fuentes móviles

El nivel de actividad, corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados desde el límite urbano de la ciudad de Ovalle hasta el Proyecto. A continuación se presenta los kilómetros recorridos por tipo de vehículo y tipo de ruta.

Tabla 4-32: Nivel de actividad combustión de fuentes móviles

RECORRIDO	DISTANCIA RECORRIDA (KM/DÍA) (*)		
	CAMINOS NO PAVIMENTADOS PRIVADOS	CAMINOS NO PAVIMENTADOS PÚBLICOS	CAMINOS PAVIMENTADOS
Total camioneta	12,8	0	32
Total Minibús	6,4	0	16
Total Camión	23,4	0	1

Fuente: elaboración propia

4.3.2.16. Combustión de motores de generadores

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible utilizado para la operación de los motores de los generadores. En las siguientes tablas se presenta el nivel de actividad para los dos generadores del área planta y el generador del sector de relaves.

Tabla 4-33: Nivel de actividad generador Chancado

CHANCADO (opera 15 días al mes en horario día): 1 CAT C 13 o similar		
ÍTEM	VALOR	UNIDAD
Consumo de petróleo	62,8	lt/hr
Tiempo de operación anual	1.170	hr/año
Consumo de combustible	73.476	lt/año
Densidad del petróleo	0,84	kg/lt
Consumo de combustible	61.720	Kg/año

Fuente: Ingeniería del Proyecto

Tabla 4-34: Nivel de actividad generador Molienda

MOLIENDA, FLOTACIÓN Y FILTRADO (24 horas continuo): 1 CAT C18 o similar		
ÍTEM	VALOR	UNIDAD
Consumo de petróleo	96,9	lt/hr
Tiempo de operación anual	8.760	hr/año
Consumo de combustible	848.844	lt/año
Densidad del petróleo	0,84	kg/lt
Consumo de combustible	713.029	Kg/año

Fuente: Ingeniería del Proyecto

Tabla 4-35: Nivel de actividad generador Relaves

RELAVES (24 horas continuo): 1 CAT C 13 o similar		
ÍTEM	VALOR	UNIDAD
Consumo de petróleo	62,8	lt/hr

Tiempo de operación anual	8.760	hr/año
Consumo de combustible	550.128	lt/año
Densidad del petróleo	0,84	kg/lt
Consumo de combustible	462.108	Kg/año

Fuente: Ingeniería del Proyecto

Tabla 4-36: Resumen nivel de actividad generadores fase operación

Nivel de actividad	Generador C13 Chancado (15 días/mes diurno)	Generador C18 Molienda (24 horas continuo)	Generador C13 Relaves (24 horas continuo)
Consumo de combustible (kg comb/año)	61.719,8	71.3029,0	46.2107,5
Consumo de combustible (ton comb /día)	171,444	1.980,636	1.283,632

Fuente: elaboración propia, a partir de Ingeniería del Proyecto

4.3.3. Fase de cierre

4.3.3.1. Compactación

El nivel de actividad producto de la compactación, se determina según la distancia que recorre la maquinaria por la superficie a compactar. Por defecto se considera un rendimiento de la maquinaria de 3,57 km por hectárea.

A continuación la Tabla 4-37 presenta el nivel de actividad por compactación, considerando las distintas obras que requieren de esta actividad, amplificada por el número de veces que la maquinaria recorrerá la misma superficie (3 veces).

Tabla 4-37: Nivel de actividad fase de cierre – Compactación

OBRA	SUPERFICIE A COMPACTAR (HA)	RENDIMIENTO MAQUINARIA (KM/HA)	NA (KM/FASE)
Planta	3,75	3,57	40,16
Depósito de relaves	5,2	3,57	55,69
Camino Planta - Depósito de relaves	1,03	3,57	11,05

Fuente: elaboración propia.

4.3.3.2. Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

El nivel de actividad, corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos no pavimentados, para el transporte de personal, residuos, equipos y maquinarias provenientes del desmantelamiento de las instalaciones.

A continuación la Tabla 4-38 presenta las rutas transitadas, kilómetros recorridos y los viajes totales estimados por cada vehículo por actividad de transporte.

Tabla 4-38: Nivel de actividad fase de cierre – Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	RUTA UTILIZADA	LONGITUD (KM)	TIPO DE VEHÍCULO	VIAJES TOTALES/FASE	NA (KM/FASE)
Transporte de Personal	Camino de acceso	3	Furgones 15 personas	300	1.800
Transporte de Personal	Camino de acceso	3	Camionetas	300	1.800
Transporte de Equipos y maquinarias	Camino de acceso	3	Camión 30 ton	60	360
Transporte RSD	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	96	360
Transporte RESPEL	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	1	6
Transporte RSINP	Camino de acceso	3	Camión recolector 10 ton	1	30

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3. Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

El nivel de actividad, corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos pavimentados, para el transporte de personal, residuos, y equipos y maquinarias provenientes del desmantelamiento de las instalaciones. Se estima que estos viajes serán realizados desde la ciudad de Ovalle hasta el Proyecto.

A continuación la Tabla 4-39 presenta las rutas transitadas, kilómetros recorridos y los viajes totales estimados por actividad de transporte.

Tabla 4-39: Nivel de actividad fase de cierre – Tránsito de vehículos pesados por caminos pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	RUTAS UTILIZADAS	LONGITUD (KM)	TIPO DE VEHÍCULO	VIAJES TOTALES/FASE	NA (KM/FASE)
Transporte de personal	Rutas pavimentadas	8	Camionetas	300	2.400
Transporte de personal	Rutas pavimentadas	8	Furgones	300	2.400
Transporte de Equipos y maquinarias	Rutas pavimentadas	8	Camión 30 ton	60	480
Transporte RSD	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	60	480
Transporte RESPEL	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	1	8
Transporte RSINP	Rutas pavimentadas	8	Camión recolector 10 ton	5	40

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.4. Combustión interna de motores de vehículos

El nivel de actividad corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos por caminos pavimentados y no pavimentados. De acuerdo a los cálculos realizados en los acápite anteriores, los kilómetros recorridos por los vehículos, se presenta a continuación en la Tabla 4-40.

Tabla 4-40: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión de motores de vehículos

TIPO DE CAMINO	TIPO DE VEHÍCULO	NA (KM/FASE)
No pavimentado	Camiones pesados	756
	Camionetas y furgones	3.600
Pavimentado	Camiones pesados	1.008
	Camionetas y furgones	4.800

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.5. Combustión interna de motores de maquinaria

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación de la maquinaria requerida para realizar las labores de cierre del Proyecto. A continuación la Tabla 4-41 presenta el número de horas de operación por tipo de maquinaria.

Tabla 4-41: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión interna de motores de maquinaria

FRENTE DE OBRA	MAQUINARIA	CANTIDAD	NA (H/MAQUINARIA)	NA TOTAL (H/FASE)
Planta y caminos proyectados	Cargador frontal	1	600	600
	Rodillo compactador	1	600	600
	Bulldozer	1	900	900
DEPÓSITO DE RELAVES	CARGADOR FRONTAL	1	600	600
	Rodillo compactador	1	600	600
	Bulldozer	1	900	900

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.6. Combustión interna de motores de generadores

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación del generador requerido como apoyo para realizar las labores de cierre del Proyecto. A continuación la Tabla 4-42 presenta el número de horas por fase estimadas para el funcionamiento del generador.

Tabla 4-42: Nivel de actividad fase de cierre – Combustión interna de motores de generadores

GENERADOR	CANTIDAD	NA (H/GENERADOR)	NA TOTAL (H/FASE)
Generador de 265 kVA (212 kW)	1	1.500	1.500

Fuente: Elaboración propia.

4.4. TASAS DE EMISIÓN

4.4.1. Fase de construcción

A continuación se presentan el cálculo de emisiones por tipo de actividad, estimados para la fase de construcción del Proyecto.

4.4.1.1. Escarpe

La Tabla 4-43 presenta la estimación de emisiones para MP10, por tipo de obra que se generará por la actividad de escarpe.

Tabla 4-43: Emisión fase de construcción – Excavación

OBRA	FE (KG/H)	NA (H/FASE)	EMISIÓN MP10 (TON/FASE)
Planta	5,7	13,39	0,08
Caminos proyectados	5,7	2,18	0,01
Muro depósito de relaves	5,77	0,80	0,005
Total			0,09

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.2. Excavaciones

La Tabla 4-44 presenta la estimación de emisiones para MP10 y MP2.5, por tipo de obra que se generará por la actividad de excavaciones.

Tabla 4-44: Emisión fase de construcción – Excavación

OBRA	FE (KG/H)		NA (H/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Planta	0,50	0,24	2.833	1,42	0,68
Zona de extracción material de empréstito	0,62	0,28	500	0,31	0,14
Canales de contorno	0,62	0,28	77	0,05	0,02
Total				1,77	0,84

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.3. Compactación

La Tabla 4-45 presenta la estimación de emisiones de material particulado que se generará por la actividad de compactación.

Tabla 4-45: Emisión fase de construcción – Compactación

OBRA	FE (KG/H)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Planta	0,08	0,01	40,16	0,01	0,001
Caminos proyectados	0,08	0,01	6,55	0,00	0,000
Muro depósito de relaves	0,08	0,01	2,40	0,00	0,000
Total				0,01	0,001

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.4. Transferencia de material

A continuación la Tabla 4-46 indica la cantidad de material particulado MP10 y MP2.5, que se emitirá a la atmósfera, producto de la transferencia de material.

Tabla 4-46: Emisiones fase de construcción – Transferencia de material

OBRA	FE (KG/TON)		NA (TON/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Planta	0,0001	0,00002	340.000	0,05	0,01
Zona de extracción material de empréstito	0,0001	0,00002	30.000	0,00	0,00
Muro depósito de relaves	0,0001	0,00002	30.000	0,00	0,00
Total				0,05	0,01

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.5. Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

La Tabla 4-47 indica la cantidad de material particulado que se emitirá, producto de la circulación de vehículos pesados por caminos no pavimentados durante la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-47: Emisiones fase de construcción – Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	FE (G/KM)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Transporte de personal	614,86	61,49	1.800	0,44	0,04
Transporte de personal	614,86	61,49	1.800	0,44	0,04
Transporte de Equipos	614,86	61,49	90	0,02	0,00
Transporte Hormigón	614,86	61,49	360	0,09	0,01
Transporte Acero	614,86	61,49	360	0,09	0,01
Transporte Material de Empréstito	614,86	61,49	180	0,04	0,00
Transporte RSD	614,86	61,49	360	0,09	0,01

MOTIVO DE VIAJE	FE (G/KM)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Transporte RESPEL	614,86	61,49	12	0,00	0,00
Transporte RSINP	614,86	61,49	30	0,01	0,00
Total				1,23	0,12

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que, las emisiones presentadas presentan un abatimiento conservador del 60% para los caminos de acceso no pavimentados al Proyecto desde la Ruta D-605; ya que para éstos se considera la como medida de abatimiento de polvo la humectación con una frecuencia mayor a dos veces al día.

4.4.1.6. Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

La Tabla 4-48 indica la cantidad de material particulado que se generará, producto de la circulación de vehículos por caminos pavimentados durante la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-48: Emisiones fase de construcción– Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	FE (G/KM)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Transporte de personal	3,25	0,79	2.400	0,01	0,00
Transporte de personal	3,25	0,79	2.400	0,01	0,00
Transporte de Equipos	3,25	0,79	120	0,00	0,00
Transporte Hormigón	3,25	0,79	480	0,00	0,00
Transporte Acero	3,25	0,79	480	0,00	0,00
Transporte RSD	3,25	0,79	480	0,00	0,00
Transporte RESPEL	3,25	0,79	16	0,00	0,00
Transporte RSINP	3,25	0,79	40	0,00	0,00
Total				0,02	0,01

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.7. Combustión interna motores de vehículos

En Tabla 4-49 se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la combustión de los motores de vehículos que se utilizarán en la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-49: Emisiones fase de construcción – Combustión de motores de vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	FE (G/KM)				NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	HC	NOX	MP		CO	HC	NOX	MP

TIPO DE VEHÍCULO	FE (G/KM)				NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	HC	NOX	MP		CO	HC	NOX	MP
Camino pavimentado									
Camiones pesados	1,51	0,31	6,27	0,14	1.616	0,003	0,001	0,012	0,000
Camionetas y furgones	0,35	0,06	0,86	0,06	4.800	0,009	0,002	0,036	0,001
Camino no pavimentado									
Camiones pesados	1,97	0,44	7,48	0,18	1.392	0,002	0,000	0,009	0,000
Camionetas y furgones	0,32	0,08	0,96	0,05	3.600	0,005	0,001	0,023	0,000
Total						0,02	0,00	0,08	0,002

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.8. Combustión interna de motores de maquinaria

En la Tabla 4-50, se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la operación de las maquinarias que se utilizarán en la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-50: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de maquinaria

MAQUINARIA	FE (G/KWHR)				NA (H/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	HC	NOX	MP		CO	HC	NOx	MP
Cargador frontal	3,00	1,35	14,36	1,23	600	0,13	0,06	0,63	0,05
Excavadora	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,12	0,05	0,44	0,04
Motoniveladora	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,10	0,05	0,40	0,03
Rodillo compactador	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,11	0,05	0,42	0,04
Bulldozer	3,00	1,35	14,36	1,10	600	0,21	0,09	1,00	0,08
Cargador frontal	3,00	1,35	14,36	1,23	600	0,13	0,06	0,63	0,05
Excavadora	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,12	0,05	0,44	0,04
Motoniveladora	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,10	0,05	0,40	0,03
Rodillo compactador	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,11	0,05	0,42	0,04
Bulldozer	3,00	1,35	14,36	1,23	600	0,21	0,09	1,00	0,08
Total						1,34	0,61	5,78	0,48

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.9. Combustión interna de motores de generadores

En la Tabla 4-51 se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la operación del generador que se utilizará en la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-51: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores

MAQUINARIA	FE (G/KWHR)				NA (H/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	NOx	MP	SOX		CO	NOx	MP	SOx
Generador 212 kW	4,06E-03	0,0188	1,34E-03	1,25E-03	1.500	0,65	2,99	0,21	0,20
Total						0,65	2,99	0,21	0,20

4.4.2. Fase de operación

En las siguientes tablas se presentan las tasas de emisión para cada actividad emisora de la fase de operación.

4.4.2.1. Escarpe

Tabla 4-52: Tasa de emisión de MP-10 por escarpe, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	[KG/KM]	DISTANCIA A ESCARPAR [KM]	[KG/día]
Escarpe base muro Etapa II D. Relaves	5,7	0,1	0,3

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.2. Excavación

Tabla 4-53: Tasa de emisión de MP-10 por excavación, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
FRENTE DE TRABAJO	[KG/HORA]	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	[KG/día]
Sitio de extracción de empréstitos	0,619	1,8	1,1
Canal de contorno fase 5 a 9 (Etapa II)	0,500	0,4	0,2
Total			1,3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-54: Tasa de emisión de MP-2,5 por excavación, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
FRENTE DE TRABAJO	[KG/HORA]	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	[KG/día]
Sitio de extracción de empréstitos	0,284	1,8	0,5
Canal de contorno fase 5 a 9 (Etapa II)	0,240	0,4	0,1
Total			0,6

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.3. Compactación

Tabla 4-55: Tasa de emisión de MP-10 por compactación, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
FUENTE EMISORA	[KG/HORA]	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	[KG/día]
Muro Depósito de relaves fase II	0,084	2,21	0,1860

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-56: Tasa de emisión de MP-2,5 por compactación, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
FUENTE EMISORA	[Kg/HORA]	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	[Kg/día]
Muro Depósito de relaves fase II	0,006	2,21	0,0130

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.4. Transferencias de material

Tabla 4-57: Tasa de emisión de MP-10 por transferencia de material, fase de operación

ÁREA	FUENTE DE EMISIÓN	LUGAR	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	TRANSFERENCIA	CARGA/DESCARGA	[Kg/TON]	TRANSFERENCIA DIARIA [TON/día]	[Kg/día]
Cancha de recepción de mineral	Carga de mineral	Cancha de recepción de mineral	0,000923	163	0,15
Cancha de recepción de mineral	Descarga de mineral	Tolva de recepción	0,000923	163	0,15
Carga de concentrado	Carga de concentrado	Galpón de concentrado	0,000198	8	0,00
Descarga de Concentrado	Descarga de concentrado	Camión de concentrado	0,000198	8	0,00
Carga de empréstitos para muro de D. relaves etapa II	Carga de empréstitos	Sitio de empréstitos	0,000136	116	0,02
Descarga de empréstitos para muro de D. Relaves etapa II	Descarga de empréstitos	Muro de relaves	0,000136	116	0,02
Total					0,34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-58: Tasa de emisión de MP-2,5 por transferencia de material, fase de operación

ÁREA	FUENTE DE EMISIÓN	LUGAR	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	TRANSFERENCIA	CARGA/DESCARGA	[Kg/TON]	TRANSFERENCIA DIARIA [TON/día]	[Kg/día]
Cancha de recepción de mineral	Carga de mineral	Cancha de recepción de mineral	0,000140	163	0,02
Cancha de recepción de mineral	Descarga de mineral	Tolva de recepción	0,000140	163	0,02
Carga de concentrado	Carga de concentrado	Galpón de concentrado	0,000030	8	0,00
Descarga de Concentrado	Descarga de concentrado	Camión de concentrado	0,000030	8	0,00
Carga de empréstitos para muro de D. relaves etapa II	Carga de empréstitos	Sitio de empréstitos	0,000021	116	0,00
Descarga de empréstitos para muro de D. Relaves etapa II	Descarga de empréstitos	Muro de relaves	0,000021	116	0,00
Total					0,05

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.5. Chancador primario

Tabla 4-59: Tasa de emisión de MP-10 por chancado primario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,02	163,3	3,3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-60: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado primario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,02	163,3	3,3

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.6. Chancador secundario

Tabla 4-61: Tasa de emisión de MP-10 por chancado secundario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,05	98,0	4,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-62: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado secundario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,05	98,0	4,9

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.7. Chancador terciario

Tabla 4-63: Tasa de emisión de MP-10 por chancado terciario, fase de operación

FE (kg/ton)	Nivel de actividad (ton/día)	Emisión (Kg/día)
0,08	98,0	7,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-64: Tasa de emisión de MP-2,5 por chancado terciario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,08	98,0	7,8

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.8. Harnero 1

Tabla 4-65: Tasa de emisión de MP-10 por harnero primario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,00037	163,3	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-66: Tasa de emisión de MP-2,5 por harnero primario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,0000	163,3	0,004

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.9. Harnero 2

Tabla 4-67: Tasa de emisión de MP-10 por harnero secundario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,0011	163,3	0,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-68: Tasa de emisión de MP-2,5 por harnero secundario, fase de operación

FE (KG/TON)	NIVEL DE ACTIVIDAD (TON/DÍA)	EMISIÓN (KG/DÍA)
0,0011	163,3	0,2

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.10. Puntos de transferencia en correas transportadoras

Tabla 4-69: Tasa de emisión de MP-10 por transferencia de material, fase de operación

ACTIVIDAD	FE	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN (KG/DÍA)
Transferencia a correa 1	2,30E-05	163	0,00376
Transferencia desde correa 1 a harnero 1	2,30E-05	163	0,00376
Transferencia de correa 2 a correa 3	2,30E-05	65	0,00150
Transferencia de correa 4 a correa 1	2,30E-05	98	0,00225
Transferencia de correa 2 a correa 3	2,30E-05	98	0,00225
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	2,30E-05	163	0,00376
Transferencia desde correa 5 a correa 3	2,30E-05	98	0,00225
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	2,30E-05	98	0,00225
Transferencia de correa 6 a stock pile	2,30E-05	163	0,00376
Total			0,0255

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-70: Tasa de emisión de MP-2,5 por transferencia de material, fase de operación

ACTIVIDAD	FE	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN (KG/DÍA)
Transferencia a correa 1	6,50E-06	163	0,00106
Transferencia desde correa 1 a harnero 1	6,50E-06	163	0,00106
Transferencia de correa 2 a correa 3	6,50E-06	65	0,00042
Transferencia de correa 4 a correa 1	6,50E-06	98	0,00064
Transferencia de correa 2 a correa 3	6,50E-06	98	0,00064
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	6,50E-06	163	0,00106
Transferencia desde correa 5 a correa 3	6,50E-06	98	0,00064
Transferencia desde correa 3 a harnero 2	6,50E-06	98	0,00064

ACTIVIDAD	FE	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN (KG/DÍA)
Transferencia de correa 6 a stock pile	6,50E-06	163	0,00106
Total			0,0072

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.11. Erosión eólica

Tabla 4-71: Tasa de emisión de MP-10 por erosión eólica, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA DE ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[KG/HA]	SUPERFICIE SOMETIDA A EROSIÓN [HA]	%	[KG/DÍA]
Cancha de recepción de mineral	12,667	0,0910	0	1,15
Stock Pile	12,667	0,0829	0	1,05
Total				2,20

Tabla 4-72: Tasa de emisión de MP-2,5 por erosión eólica, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA DE ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[KG/HA]	SUPERFICIE SOMETIDA A EROSIÓN [HA]	%	[KG/DÍA]
Cancha de recepción de mineral	1,867	0,0910	0	0,17
Stock Pile	1,867	0,0829	0	0,15
Total				0,32

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.12. Tránsito por caminos no pavimentados

Tabla 4-73: Tasa de emisión de MP-10 por tránsito por caminos no pavimentados, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[G/KM]	DISTANCIA RECORRIDA [KM/DÍA]	%	[KG/DÍA]
Camión Transporte de relaves	850,9	17,2	60	5,9
Furgón Jac Sunray (15 pers)	850,9	6,4	60	2,2
Camionetas (2)	850,9	12,8	60	4,4
Camión tolva	850,9	6,0	60	2,0
Camión recolector de residuos	850,9	0,2	60	0,1
Total				14,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-74: Tasa de emisión de MP-2,5 por tránsito por caminos no pavimentados, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[G/KM]	DISTANCIA RECORRIDA [KM/DÍA]	%	[KG/DÍA]
Camión Transporte de relaves	85,1	17,2	60	0,6
Furgón Jac Sunray (15 pers)	85,1	6,4	60	0,2
Camionetas (2)	85,1	12,8	60	0,4
Camión tolva	85,1	6,0	60	0,2
Camión recolector de residuos	85,1	0,2	60	0,0
Total				1,5

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.13. Tránsito por caminos pavimentados

Tabla 4-75: Tasa de emisión de MP-10 por tránsito por caminos pavimentados, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[G/KM]	DISTANCIA RECORRIDA [KM/DÍA]	%	[KG/DÍA]
Furgón Jac Sunray (15 pers)	1,494	16	0	0,02
Camionetas (2)	1,494	32	0	0,05
Camión recolector de residuos	1,494	1	0	0,00
Total				0,07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-76: Tasa de emisión de MP-2,5 por tránsito por caminos pavimentados, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR EMISIVO	NIVEL DE ACTIVIDAD	EFICIENCIA ABATIMIENTO	EMISIÓN
	[G/KM]	DISTANCIA RECORRIDA [KM/DÍA]	%	[KG/DÍA]
Furgón Jac Sunray (15 pers)	0,362	16	0	0,01
Camionetas (2)	0,362	32	0	0,01
Camión recolector de residuos	0,362	1	0	0,00
Total				0,02

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.14. Combustión de fuentes fuera de ruta

Tabla 4-77: Tasa de emisión de MP-10 por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	[G/KWHR]	OPERACIÓN MAQUINARIA [[KW*HR/DÍA]]	[KG/DÍA]
Cargador Frontal (Planta)	1,10	3.528,00	3,88
Cargador Frontal (D. Relaves)	1,10	735,00	0,81
Excavadora (D. Relaves)	1,23	515,00	0,63
Motoniveladora (D. Relaves)	1,23	465,00	0,57
Rodillo Compactador (D. Relaves)	1,23	485,00	0,60
Bulldozer (D. Relaves)	1,10	1.155,00	1,27
Total			7,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-78: Tasa de emisión de MP-2,5 por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	[G/KWHR]	OPERACIÓN MAQUINARIA [[KW*HR/DÍA]]	[KG/DÍA]
Cargador Frontal (Planta)	1,10	3.528,00	3,88
Cargador Frontal (D. Relaves)	1,10	735,00	0,81
Excavadora (D. Relaves)	1,23	515,00	0,63
Motoniveladora (D. Relaves)	1,23	465,00	0,57
Rodillo Compactador (D. Relaves)	1,23	485,00	0,60
Bulldozer (D. Relaves)	1,10	1.155,00	1,27
Total			7,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-79: Tasa de emisión de CO por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación

Fuente de Emisión	Factor de Emisión	Nivel de Actividad	Emisión
	[G/KWHR]	OPERACIÓN MAQUINARIA [[KW*HR/DÍA]]	[KG/DÍA]
Cargador Frontal (Planta)	3,00	3.528,00	10,58
Cargador Frontal (D. Relaves)	3,00	735,00	2,21
Excavadora (D. Relaves)	3,76	515,00	1,94

Fuente de Emisión	Factor de Emisión	Nivel de Actividad	Emisión
	[G/KWHR]	OPERACIÓN MAQUINARIA [[KW*HR/DÍA]]	[KG/DÍA]
Motoniveladora (D. Relaves)	3,76	465,00	1,75
Rodillo Compactador (D. Relaves)	3,76	485,00	1,82
Bulldozer (D. Relaves)	3,00	1.155,00	3,47
Total			21,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-80: Tasa de emisión de HC por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD	EMISIÓN
	[G/KWHR]	OPERACIÓN MAQUINARIA [[KW*HR/DÍA]]	[KG/DÍA]
Cargador Frontal (Planta)	1,35	3.528,00	4,76
Cargador Frontal (D. Relaves)	1,35	735,00	0,99
Excavadora (D. Relaves)	1,72	515,00	0,89
Motoniveladora (D. Relaves)	1,72	465,00	0,80
Rodillo Compactador (D. Relaves)	1,72	485,00	0,83
Bulldozer (D. Relaves)	1,35	1.155,00	1,56
Total			9,83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-81: Tasa de emisión de NOx por combustión fuentes fuera de ruta, fase de operación

Fuente de Emisión	Factor de Emisión	Nivel de Actividad	Emisión
	[g/KWhr]	Operación Maquinaria [[kW*hr/día]]	[kg/día]
Cargador Frontal (Planta)	14,36	3.528,00	50,66
Cargador Frontal (D. Relaves)	14,36	735,00	10,55
Excavadora (D. Relaves)	14,36	515,00	7,40
Motoniveladora (D. Relaves)	14,36	465,00	6,68
Rodillo Compactador (D. Relaves)	14,36	485,00	6,96
Bulldozer (D. Relaves)	14,36	1.155,00	16,59
Total			98,84

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.15. Combustión de fuentes móviles

Tabla 4-82: Tasa de emisión por combustión fuentes móviles, fase de operación

FUENTE DE EMISIÓN	CONTAMINANTE	FACTOR EMISIVO [G/KM]		NIVEL DE ACTIVIDAD DISTANCIA RECORRIDA [KM/DÍA]		EMISIÓN [KG/DÍA]	
		CAMINOS NO PAVIMENTADOS	CAMINOS PAVIMENTADOS	CAMINOS NO PAVIMENTADOS	CAMINOS PAVIMENTADOS	CAMINOS NO PAVIMENTADOS	CAMINOS PAVIMENTADOS
Camioneta	CO	0,529	0,261	12,8	32	0,0068	0,0083
	HC	0,103	0,067			0,0013	0,0022
	NOx	1,247	0,826			0,0160	0,0264
	PM10	0,076	0,042			0,0010	0,0013
Minibus	CO	3,852	1,501	6,4	16	0,0247	0,0240
	HC	0,959	0,354			0,0061	0,0056
	NOx	13,523	6,216			0,0865	0,0992
	PM10	0,344	0,144			0,0022	0,0023
Camión	CO	3,518	1,514	23,4	1	0,0824	0,0008
	HC	0,821	0,313			0,0192	0,0002
	NOx	10,928	6,265			0,2559	0,0033
	PM10	0,321	0,136			0,0075	0,0001

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-83: Resumen emisión por combustión fuentes móviles, fase de operación

Contaminante	Emisión (kg/día)
CO	0,1469
HC	0,0346
NOx	0,4873
PM10	0,0144

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.16. Combustión de motores de generadores

Tabla 4-84: Tasa de emisión de generadores eléctricos, fase de operación

Emisión (kg/día)	Generador C13 Chancado (15 días/mes diurno)	Generador C18 Molienda (24 horas continuo)	Generador C13 Relaves (24 horas continuo)	Total
MP10	0,5	5,6	3,6	9,7
MP2,5	0,1	1,3	0,9	2,3
SO2	0,0	0,2	0,1	0,3
CO	3,0	34,3	22,2	59,4
NOx	13,7	158,6	102,8	275,2
VOC	1,1	12,6	8,2	21,9

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Fase de cierre

4.4.3.1. Compactación

La Tabla 4-85 presenta la estimación de emisiones de material particulado que se generará por la actividad de compactación.

Tabla 4-85: Emisión fase de cierre – Compactación

OBRA	FE (KG/H)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Planta	0,08	0,01	40,16	0,01	0,001
Depósito de relaves	0,08	0,01	55,69	0,01	0,001
Camino Planta - Depósito de relaves	0,08	0,01	11,05	0,00	0,000
Total				0,03	0,002

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2. Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

La Tabla 4-86 indica la cantidad de material particulado que se emitirá, producto de la circulación de vehículos pesados por caminos no pavimentados durante la etapa de construcción del Proyecto.

Tabla 4-86: Emisiones fase de cierre – Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	FE (G/KM)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Transporte de Personal (Furgón 15 prs)	451,60	45,16	480	0,38	0,04
Transporte de Personal (Camioneta)	451,60	45,16	480	0,38	0,04
Transporte de Equipos y maquinarias	451,60	45,16	360	0,08	0,01
Transporte RSD	451,60	45,16	576	0,08	0,01
Transporte RESPEL	451,60	45,16	6	0,00	0,00
Transporte RSINP	451,60	45,16	6	0,01	0,00
Total				0,92	0,09

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que, las emisiones presentadas presentan un abatimiento conservador del 60% para los caminos de acceso no pavimentados al Proyecto desde la Ruta D-605; ya que para éstos se considera la como medida de abatimiento de polvo la humectación con una frecuencia mayor a dos veces al día.

4.4.3.3. Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

La Tabla 4-87 indica la cantidad de material particulado que se generará, producto de la circulación de vehículos por caminos pavimentados durante la etapa de cierre del Proyecto.

Tabla 4-87: Emisiones fase de cierre– Tránsito de vehículos por caminos pavimentados

MOTIVO DE VIAJE	FE (G/KM)		NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)	
	MP10	MP2.5		MP10	MP2.5
Transporte de personal	3,25	0,79	2.400	0,01	0,00
Transporte de personal	3,25	0,79	2.400	0,01	0,00
Transporte de Equipos y maquinarias	3,25	0,79	480	0,00	0,00
Transporte RSD	3,25	0,79	480	0,00	0,00
Transporte RESPEL	3,25	0,79	8	0,00	0,00
Transporte RSINP	3,25	0,79	40	0,00	0,00
Total				0,02	0,00

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.4. Combustión interna motores de vehículos

En la Tabla 4-88 se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la combustión de los motores de vehículos que se utilizarán en la etapa de cierre del Proyecto. Se considera una velocidad promedio en de los vehículos en caminos no pavimentados de 40 km/h. La velocidad promedio en los caminos pavimentados es de 60 km/h para camiones pesados y 80km/h para camionetas y furgones.

Tabla 4-88: Emisiones fase de cierre – Combustión de motores de vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	FE (G/KM)				NA (KM/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	HC	NOX	MP		CO	HC	NOX	MP
Camino pavimentado									
Camiones pesados	0,35	0,06	0,86	0,06	1.008	0,002	0,000	0,008	0,000
Camionetas y furgones	0,32	0,08	0,96	0,05	4.800	0,009	0,002	0,036	0,001
Camino no pavimentado									
Camiones pesados	1,97	0,44	7,48	0,18	756	0.001	0.000	0.005	0.000
Camionetas y furgones	0,53	0,10	1,25	0,08	3.600	0.005	0.001	0.023	0.000
Total						0,042	0,009	0,140	0,004

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.5. Combustión interna de motores de maquinaria

En la Tabla 4-89 se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la operación de las maquinarias que se utilizarán en la etapa de cierre del Proyecto.

Tabla 4-89: Emisiones fase de cierre – Combustión interna de motores de maquinaria

MAQUINARIA	FE (G/KWHR)				NA (H/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	HC	NOx	MP		CO	HC	NOx	MP
Cargador frontal	3,00	1,35	14,36	1,23	600	0,13	0,06	0,63	0,05
Rodillo compactador	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,11	0,05	0,42	0,04
Bulldozer	3,00	1,35	14,36	1,10	900	0,31	0,14	1,49	0,11
Cargador frontal	3,00	1,35	14,36	1,23	600	0,13	0,06	0,63	0,05
Rodillo compactador	3,76	1,72	14,36	1,23	600	0,11	0,05	0,42	0,04
Bulldozer	3,00	1,35	14,36	1,23	900	0,31	0,14	1,49	0,11
Total						1,11	0,50	5,09	0,41

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.6. Combustión interna de motores de generadores

En la Tabla 4-90 se indica la cantidad de material particulado y gases de combustión que se emitirán a la atmósfera, debido a la operación del generador que se utilizará en la etapa de cierre del Proyecto.

Tabla 4-90: Emisiones fase de construcción – Combustión interna de motores de generadores

MAQUINARIA	FE (G/KWHR)				NA (H/FASE)	EMISIÓN (TON/FASE)			
	CO	NOx	MP	SOx		CO	NOx	MP	SOx
Generador 212 kW	4,06E-03	0,0188	1,34E-03	1,25E-03	1.500	0,65	2,99	0,21	0,20
Total						0,65	2,99	0,21	0,20

Fuente: Elaboración propia.

4.5. TABLAS RESUMEN ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Tabla 4-91: Estimación de emisiones fase de Construcción

ACTIVIDAD	EMISIÓN (TON/FASE)					
	MP10	MP2.5	CO	HC	NOx	SOx
- Escarpe	0,09					
- Excavación	1,77	0,84				
- Compactación	0,01	0,00				
- Transferencia de material	0,05	0,01				
- Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	1,23	0,12				
- Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,02	0,01				
- Combustión motores de vehículos (*)	0,00	0,00	0,02	0,00	0,08	
- Combustión motores de maquinaria (*)	0,48	0,48	1,34	0,61	5,78	
- Combustión motores de generadores (*)	0,21	0,21	0,65		2,99	0,20
Total (ton/fase)	3,87	1,67	2,01	0,61	8,85	0,20

(*) En escenario conservador, se considera que el 100% de las emisiones por combustión de MP-10 corresponden a MP-2,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-92: Estimación de emisiones fase de Operación

Fuente Emisora	Emisión (kg/día)					
	MP10	MP2,5	CO	HC	NOx	SO2
Escarpe	0,30					
Excavación	1,31	0,60				
Compactación	0,19	0,01				
Transferencias de material	0,34	0,05				
Chancador Primario	3,27	3,27				
Chancador Secundario	4,90	4,90				
Chancador Terciario	7,84	7,84				
Harnero 1 (Tamizado)	0,06	0,00				
Harnero 2 (Tamizado)	0,18	0,18				
Correas transportadoras encapsuladas	0,03	0,01				
Erosión Eólica	2,20	0,32				
Tránsito por caminos no pavimentados	14,50	1,45				
Tránsito por caminos pavimentados	0,07	0,02				
Combustión fuera de ruta	7,76	7,76	21,76	9,83	98,84	
Combustión de fuentes móviles	0,01	0,01	0,15	0,03	0,49	
Generadores eléctricos	9,69	2,34	59,44	21,85	275,20	0,34
Total	52,65	28,77	81,35	31,72	374,53	0,34

(*) En escenario conservador, se considera que el 100% de las emisiones por combustión de MP-10 corresponden a MP-2,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-93: Estimación de emisiones fase de Cierre

ACTIVIDAD	EMISIÓN (TON/FASE)					
	MP10	MP2.5	CO	HC	NOx	SOx
- Compactación	0,03	0,00				
- Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	0,92	0,09				
- Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	0,02	0,00				
- Combustión motores de vehículos	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	
- Combustión motores de maquinaria (*)	0,41	0,41	1,11	0,50	5,09	
- Combustión motores de generadores (*)	0,21	0,21	0,65		2,99	0,20
Total (ton/fase)	1,58	0,72	1,77	0,50	8,15	0,20

(*) En escenario conservador, se considera que el 100% de las emisiones por combustión de MP-10 corresponden a MP-2,5

Fuente: Elaboración propia.

5. MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

5.1. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL MODELO

De acuerdo a la situación orográfica del área de influencia del Proyecto (receptores de interés), se configura un escenario de modelación que considera la emisión de contaminantes primarios con dominio de modelación con topografía compleja, por lo que se recomienda el uso de modelos tipo “puff”.

De acuerdo al estudio “Uso de Modelos de Calidad del Aire en la Evaluación Ambiental de Proyectos - Elaboración de un Documento Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA” de la Fundación para la Transferencia Tecnológica del Departamento de Geofísica Universidad de Chile [2011], base para la elaboración de la guía de modelos en el SEIA, *el sistema CALMET/CALPUFF no tiene un desempeño muy superior a los modelos Gaussianos cuando se usa una pura estación meteorológica y un radiosondeo como información de entrada*. Por ello, la modelación del Proyecto incorpora un modelo de pronóstico meteorológico, Weather Research and Forecasting Model (WRF)⁶, que integra las variables relativas a uso de suelo, topografía, albedo, rugosidad, entre otras, con fuente de información provista por el *Land Cover Institute del U.S. Geological Survey (USGS)* en EE.UU.

La ventaja más significativa se manifiesta en la parametrización física configurada particularmente para territorio nacional que entre otras cosas permite otorgar una resolución horizontal de la grilla meteorológica de 1 km, versus los 4 km que ofrece como máximo el pronóstico MM5.

Para responder a los objetivos se utilizará la plataforma de modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos, CALPUFF VIEW el cual proyecta las concentraciones para los receptores críticos identificados en base a las condiciones de entrada relacionadas con aspectos fisiográficos (topografía y uso de suelo), meteorológicos (ponderando tanto meteorología superficial como de altura) y lo estrictamente relacionado con las fuentes derivado del Proyecto (emisiones).

5.2. CARACTERÍSTICAS DEL DOMINIO DE MODELACIÓN Y SU ENTORNO

El dominio espacial de trabajo integra las variables que intervienen en la modelación de la dispersión de contaminantes, alguna de las cuales se indican en la Tabla 5-1.

⁶ WRF, es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos y es mantenido por NCAR/NOAA de Estados Unidos y el modelo numérico recomendado para la generación de datos meteorológicos en SEIA. Además, se ha ocupado en la mayoría de los proyectos relacionados con modelación atmosférica encargados por organismos estatales, como la ex-CONAMA y la Comisión Nacional de Energía (CNE) en los últimos cinco años [Falvey et al., 2010; Falvey et al., 2009; Jorquera et al., 2010; Schmitz et al., 2007a; Schmitz et al., 2007b; Schmitz et al., 2010; Schmitz, 2011]. De acuerdo a la experiencia en estos proyectos en general, y en particular al proyecto de simulación eólica [Falvey et al., 2010], la resolución horizontal de WRF debe ser de 1 km, resolución adecuada para proyectos que requieren modelación más avanzada que un modelo Gaussiano.

Tabla 5-1: Variables espaciales ponderadas en el desarrollo de la modelación

VARIABLES CONSIDERADAS EN DOMINIO DE MODELACIÓN		
Resolución horizontal del dominio de modelación WRF	:	62 km x 62 km
Resolución Grilla Meteorológica	:	1km x 1 km
Altura de los receptores sobre el nivel del suelo	:	2 m
Fuentes de emisión del Proyecto	:	Variables por fase del Proyecto (ver sección 4.1)
Fuentes de emisión existentes en el entorno del Proyecto (Sólo carácter Industrial)	:	No aplica.
Usos de suelo utilizados en la modelación y orografía del área:	:	Obtenidas de Land Cover Institute del U.S. Geological Survey (USGS), EE.UU
Receptores de interés	:	10, ver sección 5.3
Estación meteorológica	:	No existe en el área del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. RECEPTORES

Los receptores de interés corresponden a las viviendas ubicadas entre el Proyecto y la ruta D-605. Para efectos de evaluación de concentraciones ambientales, la Tabla 5-2 muestra sus coordenadas representativas en sistema UTM WGS 84.

Tabla 5-2: Receptores discretos del Proyecto

RECEPTOR DE INTERÉS	ESTE (M)	NORTE (M)
R1	287.903	6.604.490
R2	287.945	6.604.624
R3	287.966	6.604.731
R4	287.972	6.604.828
R5	288.027	6.605.029
R6	287.764	6.605.355
R7	287.891	6.605.563
R8	287.944	6.605.660
R9	288.399	6.606.235
R10	288.587	6.606.228

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la distribución espacial de los receptores de interés del Proyecto.

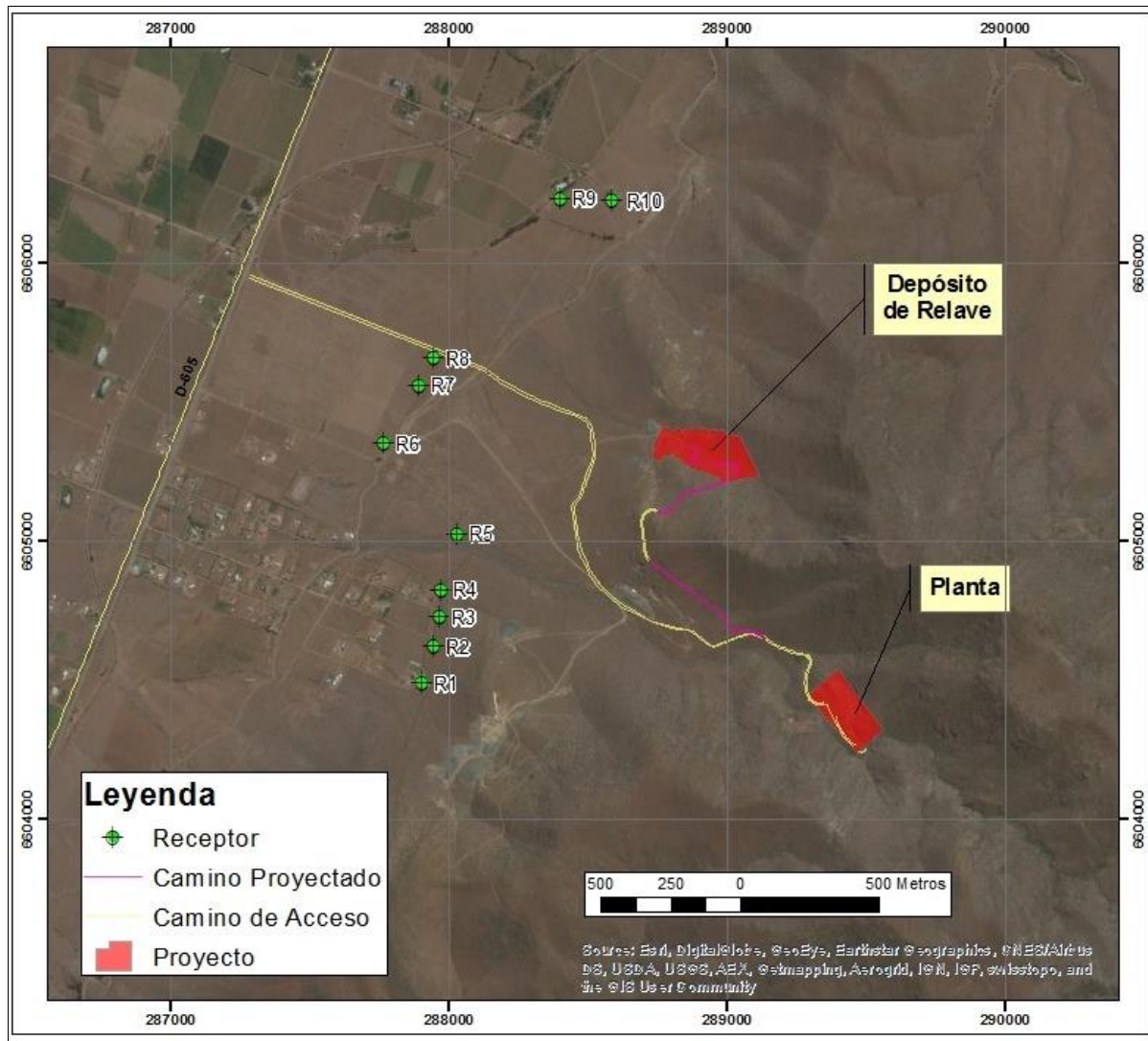


Figura 5-1: Receptores discretos del Proyecto

5.4. TABLAS RESUMEN DE LOS APORTES DEL PROYECTO

En las siguientes tablas se indica el aporte del Proyecto para material particulado respirable y fino para cada receptor de interés en las fases de construcción, operación y cierre.

Tabla 5-3: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Construcción

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO ($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)		VALOR NORMA($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	2,4	0,9	150	50
R2	3,0	1,0	150	50

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		VALOR NORMA($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R3	3,2	1,1	150	50
R4	3,4	1,2	150	50
R5	3,8	1,5	150	50
R6	4,0	1,3	150	50
R7	5,8	2,0	150	50
R8	7,2	3,1	150	50
R9	2,7	0,9	150	50
R10	2,6	0,9	150	50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-4: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Construcción

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		VALOR NORMA($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	0,7	0,2	50	20
R2	0,8	0,2	50	20
R3	0,8	0,2	50	20
R4	0,8	0,2	50	20
R5	1,0	0,3	50	20
R6	0,7	0,2	50	20
R7	1,1	0,3	50	20
R8	1,3	0,5	50	20
R9	0,7	0,2	50	20
R10	1,0	0,2	50	20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-5: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de operación

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		VALOR NORMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	3,5	0,9	150	50
R2	3,8	1,0	150	50
R3	4,7	1,1	150	50
R4	5,1	1,2	150	50
R5	6,6	1,4	150	50

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO ($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)		VALOR NORMA ($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R6	5,8	1,2	150	50
R7	8,9	1,9	150	50
R8	10,0	2,5	150	50
R9	3,7	0,7	150	50
R10	3,8	0,7	150	50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-6: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de operación

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)		VALOR NORMA($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	1,6	0,3	50	20
R2	1,8	0,4	50	20
R3	1,8	0,4	50	20
R4	1,8	0,4	50	20
R5	1,7	0,4	50	20
R6	1,3	0,3	50	20
R7	1,9	0,4	50	20
R8	1,9	0,4	50	20
R9	1,0	0,2	50	20
R10	1,0	0,2	50	20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-7: Aporte del Proyecto, MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Cierre

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO ($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)		VALOR NORMA ($\mu\text{G}/\text{M}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	0,9	0,2	150	50
R2	1,0	0,2	150	50
R3	1,2	0,2	150	50
R4	1,4	0,3	150	50
R5	1,7	0,3	150	50
R6	1,4	0,3	150	50
R7	2,3	0,5	150	50
R8	4,3	1,2	150	50
R9	1,1	0,2	150	50
R10	0,9	0,2	150	50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-8: Aporte del Proyecto, MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) en la fase de Cierre

RECEPTOR DE INTERÉS	APORTE DEL PROYECTO($\mu\text{g}/\text{M}^3\text{N}$)		VALOR NORMA($\mu\text{g}/\text{M}^3\text{N}$)	
	24 HORAS	ANUAL	24 HORAS	ANUAL
R1	0,3	0,0	50	20
R2	0,3	0,0	50	20
R3	0,3	0,0	50	20
R4	0,3	0,1	50	20
R5	0,4	0,1	50	20
R6	0,3	0,1	50	20
R7	0,5	0,1	50	20
R8	0,7	0,2	50	20
R9	0,3	0,0	50	20
R10	0,4	0,0	50	20

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

El inventario de emisiones para la fase de construcción, operación y cierre se configuró bajo un escenario conservador debido a que se desarrolla con el peak de trabajadores y la operación simultánea de todas sus actividades.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la fase de construcción, las emisiones de material particulado respirable de las actividades de excavación y tránsito por caminos no pavimentados corresponden al 78% del total del inventario. Para el material particulado fino, las emisiones de estas actividades representan cerca 57% del total de las emisiones.

Durante la operación del Proyecto, las actividades que se ejecutan al interior de la planta de proceso representan aproximadamente un 47% del total de las emisiones de material particulado respirable MP-10. El tránsito por caminos no pavimentados representa un 28% del total de las emisiones de este contaminante considerando una eficiencia de abatimiento promedio conservadora por humectación de caminos de un 60%.

Cabe destacar que aproximadamente un 30% de las emisiones de gases durante la fase de operación se deben a la operación de maquinaria que se utilizará para la construcción de la segunda etapa del muro del depósito de relaves, por lo que su temporalidad de ejecución es acotada.

Las actividades de cierre de las instalaciones de la Planta producirán emisiones de material particulado que representan un 40% de las actividades de construcción. La principal actividad emisora de esta fase corresponde al tránsito por caminos no pavimentados.

A partir de los resultados obtenidos para la fase de construcción y cierre, se establece que las concentraciones de material particulado respirable (MP-10) y material particulado fino (MP-2,5) en cada uno de los receptores son marginales, siendo inferiores al 5% de los límites establecidos en las normativas de calidad de aire. En consecuencia, es posible establecer que la construcción y cierre del Proyecto no generará efectos significativos para la salud de la población cercana.

La modelación de la fase de operación se configuró bajo un escenario conservador debido a que se considera que las emisiones de MP-10 de la planta de proceso corresponden a MP-2,5 y que las emisiones de la construcción de la segunda etapa del muro del depósito de relaves se ejecutarán en simultáneo.

Adicionalmente, con el objetivo de evaluar una condición desfavorable de mantención de los caminos no pavimentados utilizados por el Proyecto, se consideró valores promedio de abatimiento de polvo de un 60% (para simular humectación de caminos). De esta forma, en los receptores 7 y 8 se observa un aporte cercano al 7% del umbral normativo de 24 horas establecido para el MP-10 y un 5% del umbral normativo anual para el mismo contaminante. Para el resto de los receptores, los valores de concentración no superan el 4% del umbral normativo de 24 horas.

Debido a lo anterior, es posible atribuir a la operación de la planta como máximo un 4% del umbral normativo de 24 horas de MP-10 (el aporte restante se debe a la circulación por caminos no pavimentados). Por otra parte, debido a que el Proyecto considera estabilización de caminos mediante tratamiento iónico, el cual posee una eficiencia de abatimiento superior al 80%, se estima que en los receptores más cercanos a los caminos no pavimentados los valores de concentración de material particulado respirable serán inferiores al 7% del umbral normativo anual.

Respecto del material particulado fino, es posible establecer que incluso en los receptores más cercanos a los caminos, las concentraciones ambientales no superan el 5% del umbral normativo de 24 horas y el 4% del umbral normativo anual.

A partir de los resultados obtenidos para la fase de operación, se establece que las concentraciones de MP10 y MP2.5 en los receptores de interés serán inferiores al 7% de los límites establecidos en las normativas de referencia de calidad de aire (incluso considerando un escenario conservador). En consecuencia, es posible establecer que las actividades de la fase de operación del Proyecto no generarán efectos significativos para la salud de la población cercana.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA; Servicio de Evaluación Ambiental 2012.
- Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana; SEREMI del Medio Ambiente, Región Metropolitana 2012.
- Informe Final del Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental de Mayo de 2015.