



# Anexo 1

## Estimación de emisiones atmosféricas

### Cierre Dren Agua Helada (DAH)

Región de Atacama

Junio, 2021



Elaborado por:

**Gestión Ambiental Consultores S.A.**  
General del Canto 421, Piso 6, Providencia,  
Santiago, Chile - Fono: +56 2 2719 5600

[www.gac.cl](http://www.gac.cl)

<b>Proyecto GAC N°</b>		<b>1901008</b>		
Rev.	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha de Aprobación
A	ACA	CSG	CSG	25-06-2021
B	ACA	CSG	CSG	29-06-2021

©Gestión Ambiental Consultores S.A. Todos los derechos reservados.



## INDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Metodología general.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Estimación de emisiones .....</b>	<b>2</b>
4.1	Actividades generadoras .....	2
4.2	Metodología .....	2
4.3	Factores de emisión .....	3
4.3.1	Estimación factores de emisión.....	3
4.4	Nivel de actividad y emisiones .....	18
4.4.1	Fase de construcción .....	18
4.5	Resumen de emisiones.....	6

## INDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Actividades que generarán emisiones atmosféricas .....	2
Tabla 4-2. Factor de emisión de material particulado para excavaciones .....	4
Tabla 4-3. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para excavación .....	4
Tabla 4-4. Valores de los factores de emisión de material particulado para excavaciones .....	4
Tabla 4-5. Factor de emisión de material particulado para nivelación .....	5
Tabla 4-6. Valores Considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para nivelación .....	5
Tabla 4-7. Valores de los factores de emisión de material particulado para nivelación .....	5
Tabla 4-8. Factor de emisión de material particulado para compactación.....	6
Tabla 4-9. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para compactación .....	6
Tabla 4-10. Valores de los factores de emisión de material particulado para compactación .....	6
Tabla 4-11. Factor de emisión de material particulado para transferencia de material .....	7
Tabla 4-12. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para transferencia de material .....	7
Tabla 4-13. Valores de los factores de emisión de material particulado para transferencia de material ....	7
Tabla 4-14. Factor de emisión para la fuente de resuspensión de polvo por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados .....	8
Tabla 4-15. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados– Fase de construcción ...	8
Tabla 4-16. Pesos Vehiculares. ....	9
Tabla 4-17. Detalle cálculo W– Fase de construcción .....	9
Tabla 4-18. Valores de los factores de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados– Fase de construcción.....	10
Tabla 4-19. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos pavimentados.....	10
Tabla 4-20. Valores de los factores de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos pavimentados .....	11
Tabla 4-21. Tabla Factores de emisión de MP y gases para combustión vehicular .....	11
Tabla 4-22. Factores de Emisión de Gases y MP de Maquinarias .....	12
Tabla 4-23. Factores de emisión de equipos nuevos, Maquinaria Fuera de ruta [g/kW-hr] .....	13
Tabla 4-24. Factor empírico “A” del factor de deterioro .....	13
Tabla 4-25. Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia .....	13
Tabla 4-26. Factores de ajuste transiente .....	14
Tabla 4-27. Factor de carga y horas de funcionamientos anuales por tipo de maquinaria .....	14
Tabla 4-28. Valores de los factores de emisión de material particulado y gases para combustión de motores de maquinaria fuera de ruta (kg/kW-h) – Fase de construcción.....	14

Tabla 4-29. Factores de Emisión de Gases y MP de Grupos Electrógenos.....	15
Tabla 4-30. Factores de emisión de equipos nuevos, grupos generadores [g/kW-hr] .....	16
Tabla 4-31. Factor empírico “A” del factor de deterioro .....	16
Tabla 4-32. Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia .....	16
Tabla 4-33. Factores de emisión para grupos generadores .....	17
Tabla 4-34. Cronograma Fase de construcción .....	18
Tabla 4-35. Nivel de actividad y emisiones excavaciones – Fase de construcción .....	18
Tabla 4-36. Nivel de actividad y emisiones nivelación – Fase de construcción .....	18
Tabla 4-37. Nivel de actividad y emisiones Compactación – Fase de construcción .....	19
Tabla 4-38. Nivel de actividad y emisiones transferencia de material – Fase de construcción .....	19
Tabla 4-39. Distancia caminos no pavimentados .....	20
Tabla 4-40. Flujos del proyecto – Fase de construcción.....	21
Tabla 4-41. Nivel de actividad y emisiones resuspensión de polvo por tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados – Fase de construcción.....	1
Tabla 4-42. Distancia caminos pavimentados .....	2
Tabla 4-43. Flujos del proyecto – Fase de construcción.....	2
Tabla 4-44. Nivel de actividad y emisiones resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados – Fase de construcción .....	3
Tabla 4-45. Nivel de actividad y emisiones combustión vehicular en caminos pavimentados – Fase de construcción .....	4
Tabla 4-46. Nivel de actividad y emisiones maquinaria – Fase de construcción .....	4
Tabla 4-47. Nivel de actividad y emisiones grupos generadores – Fase de construcción .....	5
Tabla 4-48. Resumen de emisiones – Cierre del DAH (año 1).....	6
Tabla 4-49. Resumen de emisiones – Cierre del DAH (año 2).....	6
Tabla 4-50. Tasa de emisiones (kg/km/día) – Cierre del DAH (año 2).....	7

#### INDICE DE FIGURAS

Figura 4-1. Rutas asociadas al proyecto .....	20
---	----

## **1 INTRODUCCIÓN**

El presente informe contiene los resultados de la estimación de emisiones del proyecto, considerando material particulado y gases, de acuerdo con la descripción de las actividades para la ejecución de las obras del cierre de Dren de Agua Helada, a partir de la ingeniería de perfil disponible a la fecha.

## **2 OBJETIVOS**

El presente documento tiene como objetivo dar cuenta de la estimación cuantitativa de las emisiones atmosféricas de las actividades del proyecto "Cierre Dren Agua Helada".

## **3 METODOLOGÍA GENERAL**

Para cumplir con los objetivos específicos planteados se consideró la siguiente metodología:

- Estimar las emisiones de la fase de construcción del proyecto en base a las actividades planteadas.

## 4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES

### 4.1 Actividades generadoras

En el presente capítulo se presentan las emisiones atmosféricas de material particulado y gases generadas durante las actividades del proyecto.

Las actividades generadoras de emisiones para cada sector del Proyecto se presentan en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1. Actividades que generarán emisiones atmosféricas**

Fase	Actividad emisora	Contaminantes considerados
Construcción	Movimiento de tierra, combustión maquinaria, tránsito vehicular y combustión de vehículos, excavación, compactación, nivelación, etc.	MPS, MP10, MP2,5, CO, NOx, SO <sub>2</sub>

### 4.2 Metodología

La metodología de estimación de emisiones consiste en la utilización de factores de emisión (FE), nivel de actividad (NA) y factor de corrección (1-P, donde P corresponde a la eficiencia de control) que son posibles de relacionar para estimar la emisión (E) de una sustancia “i” de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_i = FE_i \cdot NA \cdot (1 - P_i)$$

A continuación, se presentan los distintos factores de emisión utilizados, luego los niveles de actividad relevantes para la estimación de emisiones y finalmente las emisiones para la fase de construcción del Proyecto.



### 4.3 Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados en el presente análisis corresponden en su mayoría a aquellos recomendados por los siguientes documentos, los cuales basan sus cálculos en el documento AP-42 de la USEPA. Fuentes distintas a las anteriores serán expresamente indicadas.

- Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana” elaborado por la Seremi de Medio Ambiente (2020)
- Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental, 2015, B.S. Consultores. (Guía BS 2015)
- Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas, 2017, Ministerio de Medio Ambiente. (Manual Emisiones 2017)
- Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas y Móviles en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, 2009, Comisión Nacional del Medio Ambiente. (Guía RETC)

#### 4.3.1 Estimación factores de emisión

Los factores de emisión utilizados en el presente análisis corresponden en su mayoría a aquellos recomendados por el documento “Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la región Metropolitana” elaborado por la Seremi de Medio Ambiente (2020) complementada con el documento “Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental” (2015), elaborado por BS Consultores y Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas (MMA 2017) . Fuentes distintas a las anteriores serán expresamente indicadas.

A continuación, se describen los factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones para la fase de construcción del proyecto.

### 4.3.1.1 Excavación

Los factores de emisión y sus variables para las actividades de excavación se muestran en la Tabla 4-2 y Tabla 4-3 a continuación:

**Tabla 4-2. Factor de emisión de material particulado para excavaciones**

Actividad	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Fuente
Excavaciones	$MP_{10}: k \times 0,45 \times (s^{1,5}/M^{1,4})$ $MP_{2,5}: k \times 2,6 \times (s^{1,2}/M^{1,3})$	kg/h	k: Factor tamaño de partícula	SEREMI MMA RM (2012). Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM., Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
			s: Finos del material (%)	
			M: Humedad del material (%)	

Se contemplan actividades de excavación para la habilitación y mejoramiento de caminos de acceso. Los parámetros considerados para esta actividad se indican en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para excavación**

Variables	Valor	Referencia
k: Factor tamaño de partícula (MPS)	1,0	Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
k: Factor tamaño de partícula (MP10)	0,75	
k: Factor tamaño de partícula (MP2,5)	0,105	
s: Finos del material (%)	8,5	Valor por defecto Guía RM 2020.
M: Humedad del material (%)	6,5	
Rendimiento (m <sup>3</sup> /h) Excavadoras	54,27	Valor por defecto Guía RM 2020.

A partir del factor de emisión y los valores de las variables de la Tabla 4-3 se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.

**Tabla 4-4. Valores de los factores de emisión de material particulado para excavaciones**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Excavaciones	2,98	0,61	0,31	kg/h

Fuente: GAC

### 4.3.1.2 Nivelación

Los factores de emisión y sus variables para las actividades de nivelación se muestran en la Tabla 4-5 y Tabla 4-6 a continuación:

**Tabla 4-5. Factor de emisión de material particulado para nivelación**

Actividad	Factor de Emisión	Unidad	Variabes	Fuente
Nivelación	MP2,5: (0,031) (0,0034) [(S) <sup>2,5</sup> ] MP10: (0,60) (0,0056) [(S) <sup>2,0</sup> ]	Kg/h	S = 11,4 km/hora.	Tabla .11.9.2 – Capítulo 11.9 AP-42 US EPA “Western Surface Coal Mining” Operación: “Grading”

Fuente: Elaboración Propia

Se contemplan actividades de nivelación en caminos de accesos. Los parámetros considerados para esta actividad se indican en la Tabla 4-6.

**Tabla 4-6. Valores Considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para nivelación**

Variabes	Valor	Referencia
k: Factor tamaño de partícula (MPS)	1,0	Tabla 11.9.2 – Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
k: Factor tamaño de partícula (MP10)	0,6	
k: Factor tamaño de partícula (MP2,5)	0,031	
s: Velocidad de operación de la máquina (km/h)	11,4	Tabla 11.9.3 – Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
Ancho de Niveladora	2,5	m
N° pasadas	3	

A partir del factor de emisión correspondiente y los valores de las variables de la Tabla 4-6, se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.

**Tabla 4-7. Valores de los factores de emisión de material particulado para nivelación**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Nivelación	1,49	0,44	0,05	kg/km

Fuente: GAC

### 4.3.1.3 Compactación

Se contemplan actividades de compactación para los caminos de acceso. El factor de emisión y parámetros considerados para esta actividad se indican a continuación en Tabla 4-8 y Tabla 4-9.

**Tabla 4-8. Factor de emisión de material particulado para compactación**

Actividad	Factor de Emisión	Unidad	Variabes	Fuente
compactación	$MP_{10}: k \times 0,45 \times (s^{1,5}/M^{1,4})$ $MP_{2,5}: k \times 2,6 \times (s^{1,2}/M^{1,3})$	kg/h	k: Factor tamaño de partícula	SEREMI MMA RM (2012). Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM., Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
			s: Finos del material (%)	
			M: Humedad del material (%)	

**Tabla 4-9. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para compactación**

Variabes	Valor	Referencia
k: Factor tamaño de partícula (MPS)	1,0	Capítulo 11.9 AP-42 US EPA – Western Surface Coal Mining.
k: Factor tamaño de partícula (MP10)	0,75	
k: Factor tamaño de partícula (MP2,5)	0,105	
s: Finos del material (%)	8,5	Valor por defecto Guía RM 2020.
M: Humedad del material (%)	6,5	
Ancho Rodillo	0,9	m
Velocidad	1,6	Km/hr

A partir del factor de emisión y los valores de las variables se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.

**Tabla 4-10. Valores de los factores de emisión de material particulado para compactación**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Compactación	2,98	0,61	0,31	kg/h

Fuente: GAC

#### 4.3.1.4 Transferencia de material

Se contempla transferencia de material en los lugares que se efectúan las excavaciones. El factor de emisión para la actividad de transferencia de material se presenta en la Tabla 4-11 y los parámetros considerados en Tabla 4-12. A continuación:

**Tabla 4-11. Factor de emisión de material particulado para transferencia de material**

Actividad	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Fuente
Carga y descarga de material	$0,0016 \times k \times ((v/2,2)^{1,3}) / (H/2)^{1,4}$	kg/t	k: Factor tamaño de partícula U: Velocidad del viento (m/s) M: Humedad del material (%)	SEREMI MMA RM (2019)., Capítulo 13.2, AP-42 US EPA - Aggregate Handling And Storage Piles.

**Tabla 4-12. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para transferencia de material**

VARIABLES	Valor	Referencia
k: Factor tamaño de partícula (MPS)	0,74	Capítulo 13.2, AP-42 US EPA - Aggregate Handling and Storage Piles.
k: Factor tamaño de partícula (MP10)	0,35	
k: Factor tamaño de partícula (MP2,5)	0,053	
M: Humedad del material (%)	6,5	Valor por defecto Guía RM 2020.
U: Velocidad del viento (m/s)	5,0	

A partir del factor de emisión y los valores de las variables, se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.

**Tabla 4-13. Valores de los factores de emisión de material particulado para transferencia de material**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Transferencia de material	6,61E-04	3,13E-04	4,73E-05	kg/t

Fuente: GAC

#### 4.3.1.5 Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados

El factor de emisión para la fuente de resuspensión de polvo por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados se muestran en la Tabla 4-14 a continuación:

**Tabla 4-14. Factor de emisión para la fuente de resuspensión de polvo por el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados**

Actividad	Factor de Emisión	Unidad	Variables	Fuente
Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos no pavimentados	$281,9 \times k \times (s/12)^a \times (W/2,7)^b$	g/km-veh	k: Factor tamaño de partícula a: Factor tamaño de partícula b: Factor tamaño de partícula s: % de finos en el camino W: Masa promedio flota (t)	SEREMI MMA RM (2012). Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la RM., Capítulo 13.2.2 AP-42 US EPA – Unpaved Roads.

Fuente: GAC

El tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados se encuentra asociado al transporte de materiales, insumos y personal desde el área de Intelec hacia el campamento La Ola y hacia el sector de las obras. En la Tabla 4-15 se presentan los parámetros para el cálculo del factor de emisión de material particulado producto de la resuspensión de polvo por el tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados.

**Tabla 4-15. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados– Fase de construcción**

Variabes	Valor	Referencia
k: Factor de tamaño de partícula MPS	4,9	AP-42, 13.2.2 Unpaved Roads
k: Factor de tamaño de partícula MP10	1,5	
k: Factor de tamaño de partícula MP2,5	0,15	
a: Constante empírica MPS	0,7	
a: Constante empírica MP10 y MP2,5	0,9	
b: Constante empírica MPS, MP10 y MP2,5	0,45	
s: Contenido de finos (%)	8,5	Valor por defecto Guía RM 2020.

Fuente: GAC

El peso promedio de la flota se estimó considerando el flujo total de la fase de construcción y los pesos señalados en Tabla 4-16.

**Tabla 4-16. Pesos Vehiculares.**

Tipo de vehículo	Tara [t]	Capacidad [m³]	Capacidad [t]	Peso Bruto [t]	Peso promedio [t]
Camionetas	2,0		0,5	2,5	2,25
Minivan	3,8		1,4	5,2	4,5
Camión 3/4	3,8	32	4,5	8,3	6,05
Camión Ampliroll	5,2	10	17	22,2	13,7
Camión Plano	7,2		20	27,2	17,2
Camión Aljibe	12,5	10	20	32,5	22,5
Camión Mixer	14	7	16,8	30,8	22,4
Camión Tolva	12,5	20	32,5	45	28,75
Buses	6,6		11	17,6	12,1

Fuente: GAC

**Tabla 4-17. Detalle cálculo W– Fase de construcción**

Actividad	Tipo de vehículo	Número de viajes	Peso (kg)	Wprom (t)	Tramo
Traslado de personal Mini bus	minibús	144	4.800	6,97	Acceso IF/caminos
Traslado de personal Camioneta	Camioneta	144	2.250		
Traslado equipos e insumos	Camión Plano	144	17.200		
Traslado insumos	Camión 3/4	360	6.050		
Hormigon	Camión Mixer	94	22.400		
Tuberías	Camión Plano	3	17.200		
Agua industrial	Camión Aljibe	144	22.500		
Traslado de personal Mini bus	minibus	720	4.800		
Traslado de personal Camioneta	Camioneta	720	2.250		

Fuente: GAC

A partir del factor de emisión y los valores de las variables de la Tabla 4-15, se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.

**Tabla 4-18. Valores de los factores de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos no pavimentados– Fase de construcción**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados – Acceso proyecto	1.552,1	475,1	47,5	g/km-veh

Fuente: GAC

#### **4.3.1.6 Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados**

El tránsito de vehículos durante la fase de construcción se encuentra asociado al transporte de materiales, insumos, personal y residuos. Los caminos pavimentados a utilizar por el proyecto consideran el tránsito por rutas públicas hacia el proyecto. En la Tabla 4-19 se presentan los parámetros para el cálculo del factor de emisión de material particulado producto de la resuspensión de polvo por el tránsito de vehículos por caminos pavimentados.

**Tabla 4-19. Valores considerados en las variables del factor de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos pavimentados**

Variables	Valor	Referencia
k: Factor de tamaño de partícula MP10	0,62	AP-42, 13.2.1 Paved Roads
k: Factor de tamaño de partícula MP2,5	0,15	
sL: Carga de fino de la superficie (g/m <sup>2</sup> ). Vías con flujo superior a 10.000 veh/día	0,3	Guía RM 2020.
sL: Carga de fino de la superficie (g/m <sup>2</sup> ). Vías con flujo entre 500 y 10.000 veh/día	0,7	Guía RM 2020.
sL: Carga de fino de la superficie (g/m <sup>2</sup> ). Vías con flujo inferior a 500 veh/día	2,4	Guía RM 2020.
W: Peso promedio del flujo total de la flota que circula por las vías (t)	8,82	Valor por defecto Guía RM 2020.

Fuente: GAC

A partir del factor de emisión y los valores de las variables de la Tabla 4-19, se obtienen los valores de factores de emisión que se muestran a continuación.



**Tabla 4-20. Valores de los factores de emisión de material particulado para resuspensión de polvo por tránsito de vehículos por caminos pavimentados**

Actividad	FE MPS	FE MP10	FE MP2,5	Unidad
Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados flujo superior a 10.000 veh/día	9,95	1,91	0,46	g/km-veh
Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados flujo entre 500 y 10.000 veh/día	21,50	4,13	1,00	g/km-veh
Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados Flujo inferior a 500	65,99	12,67	3,06	g/km-veh

Fuente: GAC

#### 4.3.1.7 Combustión vehicular

A continuación, se presenta el cálculo de los factores de emisión de material particulado y gases producto de la combustión de motores de los vehículos actualizados.

**Tabla 4-21. Tabla Factores de emisión de MP y gases para combustión vehicular**

Tipo de Vehículo	Contaminante	Factor Emisión [g/km]
Camión pesado diésel (Euro III) (Diésel > 32 [t])	MP10	0,151
	MP2,5	0,151
	SO <sub>2</sub>	0,0075
	NO <sub>x</sub>	7,430
	CO	1,790
Buses interurbanos Euro III (Buses Interurbanos estándar ≤ 18 [t])	MP10	0,178
	MP2,5	0,178
	SO <sub>2</sub>	0,007
	NO <sub>x</sub>	7,510
	CO	1,910
Diésel Vehículos livianos comerciales EURO IV (Diésel < 3,5t)	MP10	0,0409
	MP2,5	0,0409
	SO <sub>2</sub>	0,0024
	NO <sub>x</sub>	0,831
	CO	0,375

Fuente: Guía para la estimación de emisiones en la Región Metropolitana, 2020

#### 4.3.1.8 Combustión de maquinaria

Para la estimación de las emisiones producidas por la maquinaria se utilizó la metodología señalada en el acápite 4.2 “Fuera de ruta” del documento “Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas” (2017) del Ministerio de Medio Ambiente. La ecuación general para estimar las emisiones es la siguiente:

$$E_i = \sum_k N_k * NA_k * kW_k * FC_k * FE_{k,i}$$

Donde:

$E_i$ : Emisiones del contaminante “i” [g]

$N_k$ : Población de la maquinaria “k”

$NA_k$ : Nivel de actividad en horas de funcionamiento de la maquinaria “k” [horas]

$kW_k$ : Potencia nominal de la maquinaria “k” [kW]

$FC_k$ : Factor de carga de la potencia de la maquinaria “k” [adimensional]

$FE_{k,i}$ : Factor de emisión del contaminante “i” de la maquinaria “k” [g/kW-hr]

**Tabla 4-22. Factores de Emisión de Gases y MP de Maquinarias**

Factor de Emisión (fe)	CO, HC, NOx y MP: $FE_{aj} = FE_{EE} \times TAF \times FD$ SO <sub>2</sub> : $FE_{SO_2} = (BSCF \times (1 - soxcnv) - FE_{HCaj}) \times 0,01 \times soxdsi \times 2$
Unidades	g/kW-h
Parámetros	<p><math>FE_{aj}</math>: Factor de emisión ajustado [g/kW-h]  <math>FE_{EE}</math>: Factor de emisión en estado estacionario de equipo nuevo [g/kW-h]            TAF: Factor de ajuste transiente (adimensional)            FD: Factor de deterioro (adimensional)  <math>FE_{SO_2}</math>: Factor de emisión para el SO<sub>2</sub> [g/kW-h]            BSCF: Consumo específico de combustible del freno [g/kW-h]            soxcnv: Ratio de gramos de azufre en MP por gramos de azufre en combustible (0,02247 valor por defecto).            soxdsi: Contenido de azufre del combustible utilizado por el usuario [%], correspondiente a 0,0015% (15 ppm)</p>
Fuente	Metodología adaptada del documento “Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente 2017, acápite 4.2 Fuera de Ruta
Descripción	Corresponde al factor de emisión de combustión de los motores de la maquinaria fuera de ruta. Se considera el MP10 como 100% del MP y MP2,5

Fuente: Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente, 2017.

Para el presente proyecto se considerará que los equipos tendrán estándar tecnológico Tier 2 como peor situación.

**Tabla 4-23. Factores de emisión de equipos nuevos, Maquinaria Fuera de ruta [g/kW-hr]**

Potencia	Tecnología	BSFC [gr/kW-hr]	FE HC	FE CO	FE NOx	FE MP
>19 A 37 kW	Tier 2	248	0,4	2,1	6,34	0,5
>37 A 56 kW	Tier 2	248	0,5	3,2	6,3	0,3
>56 A 75 kW	Tier 2	248	0,5	3,2	6,3	0,3
>75 A 130 kW	Tier 2	223	0,5	1,2	5,5	0,2
>130 A 225 kW	Tier 2	223	0,4	1	5,36	0,2
>225 A 450 kW	Tier 2	223	0,2	1,1	6	0,2
>450 A 560 kW	Tier 2	223	0,2	1,8	5	0,2

Fuente: Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 4-11.

El factor de deterioro se calcula como se indica a continuación:

$$FD = 1 + A \times (Factor\ Edad)^b ; si\ Factor\ Edad \leq 1$$

$$FD = 1 + A ; si\ Factor\ Edad > 1$$

Donde:

FD: Factor de deterioro

A: Constante empírica dependiente del contaminante y el tipo de tecnología

Factor Edad = Horas acumuladas × Factor de carga/Vida media a carga completa (h)

b: Constante, para vehículos a diésel se asume un deterioro lineal (b=1)

**Tabla 4-24. Factor empírico “A” del factor de deterioro**

Contaminante	Tier 2
HC	0,034
CO	0,101
NOx	0,009
MP	0,473

Fuente: Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 4-12.

**Tabla 4-25. Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia**

Potencia	Vida Media [hr]
>19 - 37 kW	2.500
>37 – 75 kW	4.667
>75 - 130 kW	4.667
>130 - 225 kW	4.667
>225 - 450 kW	7.000
>450 - 560 kW	7.000
>560 kW	7.000

Fuente: Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 4-13.

En el presente caso, de manera conservadora, se considerará que la vida media es igual a las horas acumuladas.

**Tabla 4-26. Factores de ajuste transiente**

Maquinaria	HC (SN-T3)	CO (SN-T3)	NOx (SN-T2)	MP10 (SN-T2)
Excavadoras	1,1	1,5	1	1,2
Cargador Frontal	2,3	2,6	1,1	2,0
Minicargadores	2,3	2,6	1,1	2,0
Otro material de construcción	1,1	1,5	1	1,2
Hincadora	1,1	1,5	1	1,2

Fuente: Manual para el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas”, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 4-14.

**Tabla 4-27. Factor de carga y horas de funcionamientos anuales por tipo de maquinaria**

Maquinaria	Factor de Carga
Excavadoras	0,80
Cargador Frontal	0,80
Otro material de construcción	0,80
Motoniveladora	0,80
Grúa Horquilla	0,80

Fuente: caterpillar handbook 2019

Se consideran los siguientes equipos para la construcción del proyecto, para los cuales se obtienen los factores de emisión listados en la Tabla 4-28.

**Tabla 4-28. Valores de los factores de emisión de material particulado y gases para combustión de motores de maquinaria fuera de ruta (kg/kW-h) – Fase de construcción**

Maquinaria	Potencia (kW)	MPS	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>
Camión Mixer	263	0,10	0,14	0,14	3,99	2,02	0,01
Retroexcavadora	92	0,20	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01
Compresor	110	0,20	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01
Bomba de hormigón	75	0,20	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01
camión grúa pluma de 12 ton	296	0,10	0,14	0,14	3,99	2,02	0,01

Fuente: GAC

#### 4.3.1.9 Grupo generador

Las emisiones generadas por el uso de grupos generadores se calcularon a partir de la metodología señalada en el documento “Minuta estimación de emisiones grupos electrógenos” (2017) del Ministerio de Medio Ambiente. La ecuación general para estimar las emisiones es la siguiente:

$$E_i = N \cdot NA \cdot POT \cdot EF_i$$

Donde:

$E_i$ : Emisiones del contaminante “i” [g]

$N_k$ : Población (unidades)

NA: Nivel de actividad (horas de uso en periodo), [h]

POT: Potencia nominal promedio de la población

$EF_i$ : Factor de emisión del contaminante i por unidad de trabajo, [g/kW-h]

**Tabla 4-29. Factores de Emisión de Gases y MP de Grupos Electrógenos**

Factor de Emisión (fe)	CO, HC, NOx y MP: $FE_{aj} = FE_{EE} \times TAF \times FD - S_{MPaj}$ $S_{MPaj} = BSFC \cdot TAF \cdot 7,0 \cdot soxcnv \cdot 0,01 \cdot (soxbas-soxdsi)$ SO <sub>2</sub> : $FE_{SO_2} = (BSFC \times (1-soxcnv) - FE_{HCaj}) \times 0,01 \times soxdsi \times 2$
Unidades	g/kW-h
Parámetros	<p><math>FE_{aj}</math>: Factor de emisión ajustado [g/kW-h]  <math>FE_{EE}</math>: Factor de emisión en estado estacionario de equipo nuevo [g/kW-h]            TAF: Factor de ajuste transiente (adimensional), para grupos electrógenos se considera TAF = 1.            FD: Factor de deterioro (adimensional)  <math>S_{MPaj}</math>: Ajuste del MP por el contenido de azufre en el combustible            BSFC: Consumo específico de combustible del freno [g/kW-h]            7,0: Gramos de sulfato de MP/gramos de azufre en MP            soxcnv: Gramos de azufre en MP/Gramos de azufre en combustible consumido (0,02247 valor por defecto).            0,01: Conversión porcentaje a fracción            soxbas: Contenido de azufre usado en el combustible de certificación [%]            soxdsi: Contenido de azufre del combustible de evaluación [%], correspondiente a 0,0015% (15 ppm)  <math>FE_{SO_2}</math>: Factor de emisión para el SO<sub>2</sub> [g/kW-h]</p>
Fuente	Metodología del documento “Minuta estimación de emisiones grupos electrógenos”, Ministerio de Medio Ambiente 2017
Descripción	Corresponde al factor de emisión de combustión de los motores de grupos generadores Se considera el MP10 como 100% del MP y el MP2,5 como el 97%.

Para el presente proyecto se considerará que los equipos tendrán estándar tecnológico Tier 2.

**Tabla 4-30. Factores de emisión de equipos nuevos, grupos generadores [g/kW-hr]**

Potencia	Tecnología	BSFC [gr/kW-hr]	FE HC	FE CO	FE NOx	FE MP
19 ≤ kW < 37	Tier 2	248	0,374	2,055	6,340	0,454
37 ≤ kW < 56	Tier 2	248	0,492	3,172	6,303	0,322
225 ≤ kW < 450	Tier 2	223	0,224	1,130	5,813	0,176
450 ≤ kW < 560	Tier 2	223	0,224	1,780	5,498	0,176
560 ≤ kW < 900	Tier 2	223	0,224	1,025	5,498	0,176
kW ≥ 900	Tier 2	223	0,224	1,025	5,498	0,176

Fuente: Minuta estimación de emisiones grupos electrógenos, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 2.1.

El factor de deterioro se calcula como se indica a continuación:

$$FD = 1 + A \times (Factor\ Edad)^b ; si\ Factor\ Edad \leq 1$$

$$FD = 1 + A ; si\ Factor\ Edad > 1$$

Donde:

FD: Factor de deterioro

A: Constante empírica dependiente del contaminante y el tipo de tecnología

Factor Edad = Horas acumuladas × Factor de carga/Vida media a carga completa (h)

b: Constante, para vehículos a diésel se asume un deterioro lineal (b=1)

**Tabla 4-31. Factor empírico “A” del factor de deterioro**

Contaminante	Tier 2
HC	0,034
CO	0,101
NOx	0,009
MP	0,473

Fuente: Minuta estimación de emisiones grupos electrógenos, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 2.3.

**Tabla 4-32. Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia**

Potencia	Vida Media [hr]
>19 - 37 kW	2.500
>37 – 75 kW	4.667
>75 - 130 kW	4.667
>130 - 225 kW	4.667
>225 - 450 kW	7.000
>450 - 560 kW	7.000
>560 kW	7.000

Fuente: Minuta estimación de emisiones grupos electrógenos, Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Tabla 2.4.

Se consideran los siguientes grupos electrógenos, para los cuales se obtienen los factores de emisión listados en la Tabla 4-36.

**Tabla 4-33. Factores de emisión para grupos generadores**

Maquinaria	Potencia (KVA)	MPS	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>
Grupo generador de emergencia	150	0,15	0,15	0,14	5,87	1,24	0,02

Fuente: GAC

## 4.4 Nivel de actividad y emisiones

### 4.4.1 Fase de construcción

El cronograma de la fase de construcción del proyecto se presenta en la Tabla 4-34. Se proyecta que se extienda por 18 meses.

**Tabla 4-34. Cronograma Fase de construcción**

Actividades	Año1		Año 2	
	S1	S2	S3	S4
Cierre de Dren Agua Helada (DAH)				

En los acápites a continuación se presenta los niveles de actividad y las emisiones estimadas para el desarrollo de todas las obras del cierre del Dren, es decir considerando el periodo total de construcción.

#### 4.4.1.1 Excavación

La emisión por excavaciones derivadas de las obras de habilitación de accesos, están asociadas directamente con las horas destinadas para dicha actividad. Para determinar las horas de excavación se consideró el volumen de tierra a remover y el rendimiento de la retroexcavadora, correspondiente a 54,3 m<sup>3</sup>/h y un esponjamiento de un 20%.

**Tabla 4-35. Nivel de actividad y emisiones excavaciones – Fase de construcción**

Obra	Volumen (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Horas/año	FE (kg/h)			Emisión (t)		
				MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Habilitación de Caminos de Acceso	150.000	54,3	3316,7	2,98	0,61	0,31	9,87	2,02	1,04
<b>Total</b>							<b>9,87</b>	<b>2,02</b>	<b>1,04</b>

Fuente: GAC

#### 4.4.1.2 Nivelación

A continuación se presenta el nivel de actividad considerado para la actividad de nivelación, actividad que se realiza para la habilitación de caminos de acceso. Se considera un ancho de niveladora de 2,5 metros y 3 pasadas.

**Tabla 4-36. Nivel de actividad y emisiones nivelación – Fase de construcción**

Obra	Superficie (m <sup>2</sup> )	Distancia (km/año)	FE (kg/km)			Emisión (t)		
			MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Caminos de accesos	2.450	2,9	1,49	0,44	0,05	0,0044	0,0013	0,0001
<b>Total</b>						<b>0,0044</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,0001</b>

Fuente: GAC



#### 4.4.1.3 Compactación

La emisión por compactación de caminos está asociada directamente con las horas destinadas para dicha actividad. Para determinar las horas de excavación se consideró el área a compactar que corresponde y el rendimiento de la compactadora, correspondiente a 1440 m<sup>2</sup>/h y 3 pasadas de la compactadora.

**Tabla 4-37. Nivel de actividad y emisiones Compactación – Fase de construcción**

Obra	Área (m <sup>2</sup> )	Rendimiento (m <sup>2</sup> /h)	Horas/año	FE (kg/h)			Emisión (t)		
				MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Caminos de accesos	11.763	1.140	24,5	2,98	0,61	0,31	0,073	0,015	0,008
<b>Total</b>							<b>0,11</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>

Fuente: GAC

#### 4.4.1.4 Transferencia de material

La emisión por transferencia de material (carga y descarga) está asociada directamente a las toneladas de material que se requieren trasladar de un lado a otro del proyecto. Los volúmenes de material que será cargado y descargado en obras provienen de material excavado para los caminos de accesos. Se considera un actor de esponjamiento de un 20%.

**Tabla 4-38. Nivel de actividad y emisiones transferencia de material – Fase de construcción**

Obra	Actividad	Material a transferir (m <sup>3</sup> )	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Material a transferir (t)	FE (kg/t)			Emisión (t)		
					MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Caminos de accesos	Carga/ descarga	300.000	2,0	720.000	6,61E-04	3,13E-04	4,73E-05	0,48	0,23	0,03
<b>Total</b>								<b>0,48</b>	<b>0,23</b>	<b>0,03</b>

Fuente: GAC

#### 4.4.1.5 Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados

El nivel de actividad de las emisiones por resuspensión por circulación de vehículos pesados en caminos no pavimentados se encuentra asociado a la distancia total recorrida por los vehículos de la flota en dicho tipo de caminos. Debido a la extensión de la red de transporte no se considera el uso de medidas de abatimiento.

Tabla 4-39. Distancia caminos no pavimentados

Camino	Distancia (Km)
Intelec – Campamento La Ola	59,3
Intelec – Dren Agua Helada	70,1
Campamento La Ola – Dren Agua Helada	57,5

\*: distancia promedio de viaje

Figura 4-1. Rutas asociadas al proyecto



Fuente: GAC

En la Tabla 4-40 se muestran los viajes totales por tipo de carga y vehículo para la fase de construcción del proyecto.

**Tabla 4-40. Flujos del proyecto – Fase de construcción**

Tipo de carga	Tipo Vehículo	Viajes Totales	Frecuencia	Ruta
Traslado de personal Mini bus	Minibús	144	2 semana	Intelec – La Ola
Traslado de personal Camioneta	Camioneta	144	2 semana	Intelec – La Ola
Traslado equipos e insumos	Camión Plano	144	2 semana	Intelec – Dren
Traslado insumos	Camión 3/4	360	1 diario	Intelec – La Ola
Hormigón	Camión Mixer	94	-	Intelec – Dren
Tuberías	Camión Plano	3	-	Intelec – Dren
Agua industrial	Camión Aljibe	144	2 semana	Intelec – Dren
Traslado de personal Mini bus	Minibús	720	2 diarios	La Ola – Dren
Traslado de personal Camioneta	Camioneta	720	2 diarios	La Ola - Dren

Fuente: GAC

Finalmente, se estima la distancia total recorrida en caminos no pavimentados considerando un trayecto de ida y regreso.

**Tabla 4-41. Nivel de actividad y emisiones resuspensión de polvo por tránsito de vehículos pesados en caminos no pavimentados – Fase deconstrucción**

Tipo de carga	Ruta	Flujo (veh/año)	Longitud ruta (m)	Distancia total (km)	W prom	Abat %	FE (g/km)			Emisión (t)		
							MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Traslado de personal Mini bus	Salvador- Ola	144	59.300	17.078	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	26,5	8,1	0,8
Traslado de personal Camioneta	Salvador- Ola	144	59.300	17.078	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	26,5	8,1	0,8
Traslado equipos e insumos	Salvador- Ola	144	70.100	20.189	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	31,3	9,6	1,0
Traslado insumos	Salvador- Ola	360	59.300	42.696	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	66,3	20,3	2,0
Hormigón	Salvador- Ola	94	70.100	13.219	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	20,5	6,3	0,6
Tuberías	Salvador- Ola	3	70.100	421	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	0,7	0,2	0,0
Agua industrial	Salvador- Ola	144	70.100	20.189	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	31,3	9,6	1,0
Traslado de personal Mini bus	Ola-Dren	720	57.500	82.800	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	128,5	39,3	3,9
Traslado de personal Camioneta	Ola-Dren	720	57.500	82.800	6,97	0	1.552,1	475,1	47,5	128,5	39,3	3,9
<b>Total</b>										<b>460,2</b>	<b>140,9</b>	<b>14,1</b>

Fuente: GAC

#### **4.4.1.6 Resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados**

La emisión por resuspensión por circulación de vehículos en caminos pavimentados está asociado al total de kilómetros recorridos, para el transporte de insumos, traslado de personal y retiro de residuos. Las rutas empleadas se presentan en Figura 4-1.

**Tabla 4-42. Distancia caminos pavimentados**

Ruta	Distancia (Km)
Intelec – Campamento La Ola	26,7
Intelec – Dren Agua Helada	26,7

Fuente: GAC

En la Tabla 4-43 se muestran los viajes totales por tipo de carga y vehículo para la fase de construcción del proyecto.

**Tabla 4-43. Flujos del proyecto – Fase de construcción**

Tipo de vehículo	Carga	Ruta	Viajes totales fase de construcción
Minibús	Traslado de personal Mini bus	Ruta C-13/ Intersección C-173	144
Camioneta	Traslado de personal Camioneta	Ruta C-13/ Intersección C-173	144
Camión Plano	Traslado equipos e insumos	Ruta C-13/ Intersección C-173	144
Camión Mixer	Hormigón	Ruta C-13/ Intersección C-173	94
Camión Plano	Tuberías	Ruta C-13/ Intersección C-173	3
Camión Aljibe	Agua industrial	Ruta C-13/ Intersección C-173	144

Fuente: GAC

Finalmente, se estima la distancia total recorrida en caminos pavimentados considerando un trayecto de ida y regreso.

**Tabla 4-44. Nivel de actividad y emisiones resuspensión de polvo por tránsito de vehículos en caminos pavimentados – Fase de construcción**

Tipo de carga	Ruta	Flujo (veh/año)	Distancia (km)	Distancia total (km)	FE (g/km)			Emisión (t/año)		
					MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
Traslado de personal Mini bus	Intelec-Proyecto	144	26.700	7.690	21,505	4,128	0,999	0,16	0,03	0,01
Traslado de personal Camioneta	Intelec-Proyecto	144	26.700	7.690	21,505	4,128	0,999	0,16	0,03	0,01
Traslado equipos e insumos	Intelec-Proyecto	144	26.700	7.690	21,505	4,128	0,999	0,16	0,03	0,01
Hormigón	Intelec-Proyecto	94	26.700	5.035	21,505	4,128	0,999	0,11	0,02	0,00
Tuberías	Intelec-Proyecto	3	26.700	160	21,505	4,128	0,999	0,00	0,00	0,00
Agua industrial	Intelec-Proyecto	144	26.700	7.690	21,505	4,128	0,999	0,16	0,03	0,01
<b>Total</b>								<b>0,76</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>

Fuente: GAC

#### 4.4.1.7 Combustión vehicular

Las emisiones de material particulado y gases provenientes de la combustión de motor de los vehículos generadas en las actividades de la fase de construcción están asociadas a los kilómetros totales recorridos tanto en las rutas pavimentadas como en los caminos no pavimentados. Los flujos y distancias de ambos tipos de caminos se encuentran descritas en los acápites 4.4.1.5 y 4.4.1.6.

**Tabla 4-45. Nivel de actividad y emisiones combustión vehicular en caminos pavimentados – Fase de construcción**

Tipo de carga	Distancia total (km/año)	FE (g/km)					Emisión (t/año)				
		MP10	MP2,5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>
Vehículos Livianos	215.136	0,0409	0,0409	0,8310	0,3750	0,0024	0,01	0,01	0,18	0,08	0,00
Vehículos Pesados	117.287	0,1510	0,1510	7,4300	1,7900	0,0075	0,01	0,01	0,59	0,15	0,00

Fuente: GAC

#### 4.4.1.8 Combustión Maquinaria

Las emisiones de material particulado y gases provenientes de la combustión del motor de maquinarias están asociadas a la potencia neta y horas de funcionamiento de cada una de éstas. A continuación se presenta el nivel de actividad y las emisiones asociadas a la combustión de maquinaria.

**Tabla 4-46. Nivel de actividad y emisiones maquinaria – Fase de construcción**

Maquinaria	N°	h/año	Pot. (kW)	FE (g/kW-h)					Emisión (t)				
				MP10	MP2.5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>	MP10	MP2.5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>
Camión Mixer	1	77	263	0,14	0,14	3,99	2,02	0,01	0,00	0,00	0,08	0,04	0,00
Retroexcavadora	1	2.880	92	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01	0,08	0,08	1,06	0,54	0,00
Compresor	1	2.880	110	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01	0,09	0,09	1,26	0,64	0,00
Bomba de hormigón	1	2.880	75	0,29	0,29	3,99	2,02	0,01	0,06	0,06	0,86	0,44	0,00
Camión pluma de 12 ton	1	2.880	296	0,14	0,14	3,99	2,02	0,01	0,12	0,12	3,40	1,72	0,01
<b>Total</b>									<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>6,66</b>	<b>3,38</b>	<b>0,01</b>

Fuente: GAC

#### 4.4.1.9 Grupos generadores

El nivel de actividad asociado al uso de dos grupos generadores corresponde a la potencia y las horas de funcionamiento, el cual corresponde a 8 horas por 5 días a la semana, durante 18 meses. A continuación se presenta el nivel de actividad y las emisiones asociadas a la combustión de grupos generadores.

**Tabla 4-47. Nivel de actividad y emisiones grupos generadores – Fase de construcción**

Maquinaria	h/año	Pot. (kW)	FE (g/kW-h)					Emisión (t)				
			MP10	MP2.5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO <sub>2</sub>
Grupo generador	5.760	113	0,15	0,14	5,87	1,24	0,02	0,09	0,09	3,80	0,81	0,01
<b>Total</b>							<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>3,80</b>	<b>0,81</b>	<b>0,01</b>	

Fuente: GAC



## 4.5 Resumen de emisiones

Las obras del Cierre del DAH presenta una duración de 18 meses, a continuación se presentan las emisiones anuales prorrateadas para cada año considerando todas las actividades emisoras consideradas.

**Tabla 4-48. Resumen de emisiones – Cierre del DAH (año 1)**

Actividad	Emisiones (t/año)					
	MPS	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO2
Excavación	6,58	1,35	0,69	0,00	0,00	0,00
Nivelación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compactación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resuspensión Caminos Pavimentados	0,51	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00
Gases combustión vehículos Pavimentados	0,00	0,00	0,00	0,14	0,04	0,00
Resuspensión Caminos No Pavimentados	306,77	93,91	9,39	0,00	0,00	0,00
Gases combustión vehículos No Pavimentados	0,01	0,01	0,01	0,40	0,13	0,00
Maquinaria	0,24	0,24	0,24	4,44	2,25	0,01
Grupo electrógenos	0,06	0,06	0,06	2,53	0,54	0,01
<b>Total (t/año)</b>	<b>314,18</b>	<b>95,67</b>	<b>10,42</b>	<b>7,52</b>	<b>2,95</b>	<b>0,02</b>
<b>Total (t/día)</b>	<b>1,31</b>	<b>0,40</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>

Fuente: GAC

**Tabla 4-49. Resumen de emisiones – Cierre del DAH (año 2)**

Actividad	Emisiones (t/año)					
	MPS	MP10	MP2,5	NOx	CO	SO2
Excavación	3,29	0,67	0,35	0,00	0,00	0,00
Nivelación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compactación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resuspensión Caminos Pavimentados	0,25	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
Gases combustión vehículos Pavimentados	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00
Resuspensión Caminos No Pavimentados	153,39	46,96	4,70	0,00	0,00	0,00
Gases combustión vehículos No Pavimentados	0,01	0,01	0,01	0,20	0,06	0,00
Maquinaria	0,12	0,12	0,12	2,22	1,13	0,00
Grupo electrógenos	0,03	0,03	0,03	1,27	0,27	0,00
<b>Total (t/año)</b>	<b>157,09</b>	<b>47,84</b>	<b>5,21</b>	<b>3,74</b>	<b>1,47</b>	<b>0,01</b>
<b>Total (t/día)</b>	<b>0,65</b>	<b>0,20</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>

Fuente: GAC

De la Tabla 4-48 y Tabla 4-49 se desprende que la fuente principal de emisiones de material particulado corresponde a las resuspensión de caminos no pavimentados las cuales corresponden a un 98% del total emitido. En cuanto a las emisiones de gases, éstas provienen de la combustión de maquinaria y vehículos principalmente.

Considerando que las emisiones calculadas se derivan principalmente del transporte vehicular en caminos no pavimentado, a continuación se presenta las emisiones diarias por cada kilómetro de la red de transporte utilizada, las cuales son de 2,37 kg/km/día para el MPS, 0,73 kg/Km/día para el MP10 y 0,07 kg/km/día para el MP2,5.

**Tabla 4-50. Tasa de emisiones (kg/km/día) – Cierre del DAH (año 2)**

Año	Emisiones (kg/km/día)		
	MPS	MP10	MP2,5
Año 1	2,37	0,73	0,07
Año 2	1,18	0,36	0,04

Fuente: GAC