



CENTRO NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE
Unidad de Modelación y Gestión de la Calidad del Aire



INFORME FINAL
Para realizar el Servicio
“DIAGNOSTICO DE CALIDAD DE AIRE Y
MEDIDAS DE DESCONTAMINACIÓN, ANDACOLLO”
Código BIP 30076363-0
(Licitación 4036-61-LE10)

Solicitado por
ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE ANCACOLLO

SANTIAGO – CHILE
Agosto 2011

©2010 Centro Nacional del Medio Ambiente
Universidad de Chile

Al cierre de la edición del presente informe la Dirección
de la Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente está conformada por:

Prof. Víctor Pérez V.
Rector de la Universidad de Chile,
Presidente de la Fundación CENMA

Prof. ItaloSerey E.
Profesor Titular - Universidad de Chile
Director Ejecutivo de la Fundación CENMA

Sobre el Informe

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio “Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo”

Derechos de autor y/u otras leyes aplicables



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/cl/>

La obra está protegida por derechos de autor y/u otras leyes
aplicables de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.

Queda prohibido cualquier uso que se haga de la obra que no cuente con la autorización pertinente de conformidad con los
términos de la licencia.

Informe preparado para Ilustre Municipalidad de Andacollo

Informe preparado por
Unidad de Modelación y Gestión de la Calidad de Aire de CENMA

Equipo CENMA
Jefe de Proyecto
Ms. José Salim S.

Profesionales
Ing. Ms.(e) Gerardo Alvarado Z.
Ing. Marcelo Araya M.
Ing. Sergio Ibarra E.
Ing. Paola Lucero
Ing. Ivonne Moreno
Ing. Isabel Leiva
Ing. Javier Vargas
Ing. Javier Elgueta

Más información
Centro Nacional del Medio Ambiente
Av. Larraín 9975, La Reina, Santiago de Chile
Teléfono: (56-2) 299-4100
Fax: (56-2) 275-1688
<http://www.cenma.cl>

Índice de Contenidos

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1	Antecedentes y justificación del estudio	1
1.2	Objetivos del estudio	3
2	REVISIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y FACTORES DE EMISIÓN QUE SE HAN UTILIZADO PARA LA GENERACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES.....	5
2.1	Revisión de Estudio “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo.....	5
2.1.1	Objetivos del Estudio.....	5
2.1.2	Metodología Utilizada.....	5
2.1.3	Resultados Obtenidos.....	8
2.1.4	Conclusiones Sobre Metodología Utilizada	8
2.2	Estudio “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”	9
2.2.1	Resumen del Estudio	9
2.2.2	Objetivos del Estudio.....	9
2.2.3	Metodología Utilizada.....	9
2.2.4	Resultados Obtenidos.....	12
2.2.5	Conclusiones Sobre Metodología Utilizada	12
2.3	EIA Proyecto Hipógeno.....	13
3	INVENTARIO DE EMISIONES DE ANDACOLLO Y EMPRESAS MINERAS.	15
3.1	Inventario de la Ciudad de Andacollo.....	15
3.1.1	Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles y Polvo Resuspendido.....	15
3.1.2	Inventario de Emisiones de polvo erosionado de relaves	39
3.1.3	Inventario de emisiones de la ciudad de Andacollo 2010.....	41
3.2	Inventario de Compañías Mineras.....	43
3.2.1	Metodología de Estimación de Emisiones de Compañías Mineras.....	43
3.2.2	Inventario de Emisiones Compañía Minera Dayton.....	48
3.2.3	Inventario de Emisiones de Compañía Minera TECK-CDA.....	73
3.3	Resumen de inventarios de Andacollo y empresas mineras.....	98
4	EVALUACIÓN DE DISTRIBUCION ESPACIAL DEL IMPACTO DE FUENTES EMISORAS PRESENTES EN LA ZONA DE ANDACOLLO.	102
4.1	Resultados de Modelo de Dispersión Atmosférico.....	104
4.1.1	Fuentes emisoras simuladas.....	104
4.1.2	Escenario meteorológico	104
4.1.3	Condiciones de simulación	106
4.1.4	Malla de puntos receptores.....	106
4.1.5	Calibración de la simulación.....	108
4.2	Resultados del modelo.....	112
4.2.1	Receptores simulados en puntos de monitoreo Mayo	112
4.2.2	Resultados de simulación corregida para Mayo.....	114
4.2.3	Evaluación de Escenarios.....	132
5	EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS POR LAS EMPRESAS MINERAS DE ANDACOLLO	146

5.1	Metodología de Evaluación de Eficiencia de Medidas Implementadas por Empresas Mineras de Andacollo.....	146
5.1.1	Medición de Emisiones de Procesos.....	146
5.1.2	Medición de Concentraciones de Caminos.....	147
5.2	Evaluación de Medidas Implementadas por Compañía Minera Dayton	148
5.2.1	Resultados de las mediciones.....	152
5.3	Evaluación de Medidas Implementadas por Compañía Minera TECK-CDA	159
5.3.1	Resultados de las mediciones.....	164
6	DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MP10 Y MP2.5 Y SU TOXICOLOGÍA AMBIENTAL.	171
6.1	Actividad 4: Instalación de equipos para determinar la composición química de MP10 MP2.5. 171	
6.1.1	Mediciones continuas de MP10, MP2.5 y meteorología.....	171
6.1.2	Campañas de caracterización química.....	173
6.2	Resultados.....	179
6.2.1	Medición continua de MP10 y MP2.5.....	179
6.2.2	Campaña de caracterización química.....	184
6.3	Comentarios	189
7	CONCLUSIONES	191

Anexo Digital: Planillas de Estimación de Emisiones

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes y justificación del estudio

Andacollo es una comuna cuya principal actividad económica históricamente ha sido la Minería, tiene un pasado minero que ha dejado huellas a lo largo de los años, en sus alrededores aún se pueden observar antiguas herramientas mineras tales como el trapiche, por otra parte existen pasivos ambientales, tales como piques mineros y tranques de relaves distribuidos en toda la ciudad. Actualmente en la comuna están funcionando dos faenas mineras, una perteneciente a Cía. Minera Carmen de Andacollo (Carmen de Andacollo) y la otra a Cía. Minera Dayton (Dayton). El desarrollo de la actividad minera tanto a nivel artesanal, pequeña y mediana, trae consigo un aumento en las plazas de trabajo, pero a la vez genera problemas ambientales tales como emisiones de polvo, ruido, vibraciones, etc.

Históricamente, la comunidad de Andacollo ha manifestado a la Autoridad Ambiental, a través de su Consejo Municipal y ONGs, su preocupación por el aumento de emisiones de material particulado producto del desarrollo de actividades propias de la minería, tales como, tronaduras, chancado, tránsito de vehículos pesados por las calles de Andacollo. Por otra parte, la Autoridad Sanitaria y CONAMA Región de Coquimbo han dado seguimiento a la calidad del aire de Andacollo, concluyendo en la declaración de zona saturada por material particulado MP10 a inicios del año 2009.

Dentro de los antecedentes que se dispone se cuenta con el estudio realizado por CIMM el año 1997 denominado “Análisis de contaminación atmosférica de material particulado en la ciudad de Andacollo”, en el cual se realizaron revisiones de los equipos de monitoreo disponibles en Andacollo, análisis de plan de monitoreo de Minera Carmen de Andacollo y Minera Dayton, análisis químicos del material particulado (contenido de Cobre, Sílice, Cianuro, Arsénico, Plomo y Hierro) y análisis de aerosoles ácidos (H₂SO₄). Luego, el año 1999 se realizó el estudio “Antecedentes para evaluar la contaminación atmosférica en zonas con aportes naturales y antropogénicas: Caso Andacollo” elaborado por Geotécnica Consultores, las emisiones más relevantes para Andacollo, eran en ese entonces, las provenientes de las dos empresas mineras anteriormente indicadas, Dayton con el 57%, Carmen de Andacollo con un 30% y en tercer orden las generadas por el Pueblo (las calles y caminos y tortas de relave abandonadas ubicadas en el pueblo y sus alrededores) con un 13% del total. Siendo los caminos sin pavimentar del pueblo de Andacollo y por parte de las empresas mineras el tránsito de camiones los que generan el mayor aporte de MP10. Además de este se cuenta con una reciente tesis financiada por Gobierno Regional de Coquimbo, de la Universidad de Aconcagua “Caracterización y propuesta para remoción de pasivos ambientales mineros de la zona urbana de la comuna de Andacollo”.

En diciembre del año 2007, la SEREMI Salud de la Región de Coquimbo, envía el primer Informe de Superación de la Norma de MP10 y solicita Declarar Zona Saturada la localidad de Andacollo. Dicha solicitud tiene como fundamento que la Estación de Monitoreo “Hospital de Andacollo” ha superado la norma diaria en más de siete oportunidades, debido a ello se solicita la declaración de zona saturada y se adjunta informe de superación de norma emitido por la SEREMI de Salud.

En enero del año 2008, la COREMA acordó “iniciar la tramitación de Declaración de Zona Saturada por MP10 la localidad de Andacollo”. Considerando que, de acuerdo a lo informado por SEREMI de Salud a COREMA, se preveía que en Marzo se cumpliría el período de 3 años desde que una de las estaciones fue declarada con representatividad poblacional y que la tendencia de esta estación iba dirigida hacia la superación de la norma, se acordó esperar a cumplir el criterio de superación de norma anual para continuar la tramitación. Asimismo, se licitó una consultoría para ejecutar el Estudio “Informe Técnico para la Declaración de Zona Saturada”, dicha consultoría fue adjudicada a la empresa Enviromodeling Ltda. finalizando en julio del año 2008. Este estudio permitió definir el polígono de territorio a ser Declarado Zona Saturada (ver figura 1), comprendiendo los siguientes sectores: la ciudad de Andacollo, faenas mineras de Dayton y Carmen de Andacollo por el oeste y sur de la ciudad respectivamente, sector Los Negritos por el este y sector de Altamira por el Norte. Además, el estudio da cuenta sobre los antecedentes para fundamentar la Declaración de Zona Saturada.



Figura 1. Polígono Propuesto para Zona a Declarar como Saturada según Estudio “Informe Técnico para la Declaración de Zona Saturada por Contaminante MP 10 en Andacollo”

Estos resultados son un insumo para elaborar el Informe Técnico de solicitud de declarar zona saturada, que fue posteriormente enviado por la Dirección Regional a la Dirección Ejecutiva de CONAMA, contando ya con la visación de la COREMA el día 1° de septiembre de 2008.

Atendiendo a los antecedentes de la declaración de zona saturada es necesario contar con antecedentes técnicos que permitan identificar y evaluar un conjunto de medidas de descontaminación y de mitigación, factibles de aplicar e incorporar, a objeto de recuperar la calidad de aire y cumplir las normas vigentes en esta materia.

1.2 Objetivos del estudio

Los objetivos definidos para el presente estudio son:

a) Objetivo General

Revisar, completar y actualizar la información existente en materia de calidad de aire en Andacollo y proponer y evaluar las medidas de mitigación y descontaminación atmosférica de Andacollo.

b) Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del Estudio son:

Objetivo 1: Revisar, actualizar y completar la información referente al inventario de las emisiones de material particulado MP10 y MP2.5 para todas las fuentes relevantes en la zona saturada de Andacollo.

Objetivo 2: Determinar la composición del material particulado respirable MP10 y MP2.5 y su toxicología ambiental.

Objetivo 3: Conocer la distribución espacial de los impactos sobre la población de las diferentes fuentes emisoras en las concentraciones de MP10 en la zona de Andacollo.

Objetivo 4: Determinar y evaluar las medidas (cuantitativas y cualitativas) necesarias y apropiadas de implementar para reducir las emisiones (utilizando el modelo anterior)

c) Actividades

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos del Estudio se han realizado las actividades que se muestran en la Tabla 1-1 .

Tabla 1-1. Actividades Consideradas en el Estudio

N°	Actividad	Objetivo
1	Revisión de las metodologías y factores de emisión que se han utilizado para la generación de los inventarios de emisiones.	Revisar, actualizar y completar la información referente al inventario de las emisiones de material particulado MP10 y MP2.5 para todas las fuentes relevantes en la zona saturada de Andacollo.
2	Georeferenciación de la totalidad de fuentes emisoras (naturales y antropogénicas)	
3	Consolidación de un inventario de	

N°	Actividad	Objetivo
	emisiones que incluya aporte de particulado fino y grueso.	
4	Campaña de monitoreo de MP10 y MP2.5 con el fin de determinar composición química del material particulado.	Determinar la composición del material particulado respirable MP10 y MP2.5 y su toxicología ambiental.
5	Análisis químico de los filtros obtenidos en el monitoreo de calidad de aire.	
6	Comparación de resultados con normativa nacional e internacional.	
7	Modelación de la dispersión de las emisiones de material particulado en la zona de Andacollo.	Conocer la distribución espacial de los impactos sobre la población de las diferentes fuentes emisoras en las concentraciones de MP10 en la zona de Andacollo.
8	Evaluación de la eficiencia de las medidas implementadas por las empresas mineras de Andacollo.	Determinar y evaluar las medidas (cuantitativas y cualitativas) necesarias y apropiadas de implementar para reducir las emisiones (utilizando el modelo anterior)
9	Identificación de medidas de reducción de emisiones.	
10	Proposición de medidas para disminuir emisiones de tranques de relave.	
11	Identificación, evaluación y selección de medidas de reducción de emisiones costo-efectivas.	
12	Propuesta de medidas de reducción de emisiones atmosféricas para Andacollo.	

2 REVISIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y FACTORES DE EMISIÓN QUE SE HAN UTILIZADO PARA LA GENERACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES

En la revisión de las metodologías y factores de emisión que se han utilizado en la zona se han identificado los siguientes estudios como los más relevantes.

- “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, Marzo del 2010, GEOAIRE.
- “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, Febrero del 2010, GEOAIRE.

2.1 Revisión de Estudio “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo.

El estudio de fecha Marzo del 2010 fue realizado por ASESORIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL PEDRO A. SANHUEZA H. E.I.R.L. (GEOAIRE) para TECK- Cármen de Andacollo y consistió en la estimación de emisiones de la Compañía Minera Carmen de Andacollo.

2.1.1 Objetivos del Estudio

El objetivo general fue contar con un levantamiento y procesamiento de datos relacionados con las emisiones de MP₁₀ asociados a su proceso supérgeno, de manera tal que le permita a CDA realizar una gestión ambiental adecuada de las operaciones de la Compañía en relación a la calidad del aire.

2.1.2 Metodología Utilizada

La metodología utilizada correspondió a la propuesta por EPA en su compendio AP-42 la que se muestra en la Tabla 2-1. La información utilizada en la definición de los parámetros utilizados por la metodología de la EPA se muestran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-1. Factores de Emisión

Fuente de emisión	Factor de emisión	Parámetros		Nivel de actividad	
		Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Movimiento de Tierra por uso de maquinaria pesada	$FE = \frac{f * 0.45 * S^{1.5}}{M^{1.4}}$	FE Factor de emisión PM ₁₀ S Contenido de finos del material M Contenido de humedad del material f Factor de ajuste para MP ₁₀ = 0.75	Kg/hr % % Ad	Horas de trabajo de la maquinaria en un día	hr/día
Fuente: Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, 5ª Edición, Actualización de 1998, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9-2 (Pág.11.9-7)					
Perforación Minera	$FE = f * 0.59$	FE Factor de emisión PM ₁₀ F Factor de ajuste para MP ₁₀ =0.37	Kg/perforación Ad	Número de perforaciones realizadas en un día	Perforación/día
Fuente: Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización de 1998, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9-4 (Pág.11.9-10)					
Tronadura	$FE = \frac{k * 0.0016 * \left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$	FE Factor de emisión en kilogramos de MP ₁₀ k Coeficiente de tamaño de la partícula emitida, para MP ₁₀ k=0.35 U velocidad del viento al momento de la transferencia M Contenido de humedad del material	Kg/ton material transferido Ad m/s %	Toneladas de material transferido en un día	Ton/día
Fuente: Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización de 1998, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9-2 (Pág.11.9-7)					
Tránsito por caminos no pavimentados	$FE = 28.19 * k * \left(\frac{S}{12}\right)^{0.9} * \left(\frac{W}{3}\right)^{0.45}$	FE factor de emisión de MP ₁₀ k Coeficiente de tamaño de partículas emitida, para MP ₁₀ para vehículos pesados, k=1.5 para vehículos livianos, k=1.8 s contenido de finos del camino	Gr/veh-km Ad %	Número de vehículos Kilómetros recorridos en un día	Veh Km/día
Fuente: Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización Noviembre 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.4.1 (Pág.13.2.4-4)					

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010

Tabla 2-1. (Continuación)

Fuente de emisión	Factor de emisión	Parámetros		Nivel de actividad	
		Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Chancador de Mineral	Primario FE=0.02 Secundario FE=0.05 Terciario FE=0.08	FE Factor de emisión PM ₁₀	Kg/ton de mineral procesado	Toneladas de material chancado en un día	ton/día
Fuente: Environmental Protection Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización de 1995, Capítulo 11, Sección 11.24, Tabla 11.24-1, (Pág. 11.24-3)					
Harneros	FE= 0.036	FE Factor de emisión PM ₁₀	Kg/ton de mineral de procesado	Toneladas de material procesado en un día	ton/día
Fuente: Environmental Protection Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización de 1995, Capítulo 11, Sección 11.19, Tabla 11.19.2-1, (Pág. 11.19.2-6)					
Erosión eólica	$FE = k * \sum_{i=1}^N P_i$	FE Factor de emisión en kilogramos de MP ₁₀ k Factor de tamaño de la partícula emitida, para MP ₁₀ k=0.5 P Potencial de erosión p Numero de perturbaciones entre ráfagas	g/m ² Ad g/m ² g/m ²	Hectáreas erosionadas	has
Fuente: Environmental Protection Agency USA (EPA), Reporte AP-42 1983, Capítulo 11, Sección 11.2.3, Ec. 3 (Pág. 11.2.3-5)					
Combustión interna de Motores de Maquinaria Pesada	FE = 0.4	FE factor de emisión de MP ₁₀	g/HO*hr	Potencia de la Maquina Horas de operación en el día	HP hr
Fuente: Environmental Protection Agency USA (EPA), Reporte AP-42 1983, Capítulo 11, Sección 11.2.3					
Grupos Electrógenos a Diesel	FE=0.00134	FE factor de emisión de MP ₁₀	Kg/KW-hr	Tiempo de operación Potencia nominal	hr/día kW
Fuente: Environmental Protection Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 3, Sección 3.3.1, Tabla 3.3-1 (Pág. 3.3-6)					

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010

Tabla 2-2. Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión

Item	Valor	Unidad
Variable Meteorológica		
Velocidad promedio del viento	2.4 ⁽¹⁾	m/s
Contenido de Finos		
Mineral	4.5 ⁽²⁾	%
Caminos Mineros	4.5 ⁽³⁾	%
Contenido de Humedad		
Mineral	4.8 ⁽²⁾	%
Estéril	5.0 ⁽²⁾	%
Eficiencia medidas de Control de Emisiones		
Eficiencia Sistemas Supresión de polvo Chancadores	90 ⁽²⁾	%
Eficiencia sistema Supresión de polvo Harnero	40 ⁽⁴⁾	%
Eficiencia Humectación de caminos	60 ⁽³⁾	%
Fuentes de información		
1.Meteorología estación Garita año 2008		
2.Arcadis 2008		
3.Geoaire 2009		
4. CDA 2008		

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

2.1.3 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos por GEOAIRE se muestran en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Resume de Emisiones de MP₁₀ año 2008 de TECK-CDA

Área	MP10 (Kg/d)	%
Extracción Mineral	156.8	14.4
Carga y Descarga de Camiones	13.5	1.2
Transporte de Material	612.6	56.2
Planta de Chancado	206.2	18.9
Acopios	96.5	8.9
Vehículos menores	1.2	0.1
Grupos electrógenos	3.1	0.3
TOTAL	1089.9	100.0

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

2.1.4 Conclusiones Sobre Metodología Utilizada.

La metodología utilizada es de reconocimiento internacional y coherente con la utilizada en los inventarios realizados en el país.

2.2 Estudio “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”.

2.2.1 Resumen del Estudio

El estudio de fecha Febrero del 2010 fue realizado por ASESORIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL PEDRO A. SANHUEZA H. E.I.R.L. (GEOAIRE) para TECK- Carmen de Andacollo y consistió en la estimación de emisiones de la ciudad de Andacollo, considerando las siguientes fuentes emisoras:

- Residencial
- Industrial
- Transporte
- Vertedero
- Depósitos

2.2.2 Objetivos del Estudio

El objetivo del estudio fue estimar el inventario de emisiones de MP₁₀ de la localidad de Andacollo, determinando la localización espacial de las fuentes, sus niveles de actividad y aportes por tipo de fuente.

Los objetivos específicos, fueron:

- Recopilar y procesar toda la información relacionada con las actividades que dan origen a las emisiones de MP₁₀;
- Realizar conteo de tráfico vehicular en la cual se desagregue por tipo de vehículo y motivo de viaje;
- Realizar encuestas a la comunidad respecto al uso de combustibles para cocinar y el manejo de residuos domiciliarios y agrícolas;
- Realizar un catastro de las fuentes industriales, de comercio y servicio. Metodología Utilizada

2.2.3 Metodología Utilizada

La metodología utilizada correspondió a la propuesta por EPA en su compendio AP-42 la que se muestra en la Tabla 2-4. La información utilizada en la definición de los parámetros utilizados por la metodología de la EPA se muestran en la Tabla 2-5.

Tabla 2-4 Factores de Emisión

Fuente de emisión	Factor de emisión	Parámetros		Nivel de actividad	
		Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Transito por caminos no pavimentados	$FE = 281.9 * k * \frac{\left(\frac{s}{12}\right) * \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}}$	FE Factor de emisión PM ₁₀ k coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ ; k=1.8 s contenido de finos del camino S Velocidad de los vehículos M Contenido de humedad	gr/veh-km Ad % Km/hr %	Número de kilómetros por vehículo transitado al día	Veh-km/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.2					
Tránsito por caminos pavimentados	$FE = k * \left(\frac{sL}{2}\right)^{0.65} * \left(\frac{W}{3}\right)^{1.5}$	FE Factor de emisión PM ₁₀ k coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ . k=4.6 sL Contenido de Silt del camino W Peso promedio de los vehículos que transitan por la vía	gr/veh-km Ad gr/m ² Tons	Número de kilómetros por vehículo transitado al día	Veh-km/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.1.3					
Combustión de leña	$FE = 16.6$	FE Factor de emisión en kilogramos de MP ₁₀	gr/kg	Consumo anual de leña	Kg/año
Estudio “Diagnostico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región”, CONAMA Región de O’Higgins, Año 2008					
Combustión de Carbón	$FE = 3.1$	FE factor de emisión de MP ₁₀	gr/kg	Consumo anual de carbón	Kg/año
CENMA 2000					
Combustión de Diesel (fuente estacionaria)	$FE = 0.2$	FE factor de emisión de MP ₁₀	gr/kg	Consumo anual de diesel	Kg/año
CENMA 2000					

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

Tabla 2-4 (Continuación)

Fuente de emisión	Factor de emisión	Parámetros		Nivel de actividad	
		Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Quema de basura	$FE = 8$	FE Factor de emisión PM ₁₀	gr/kg	Cantidad quemada la año	Kg/año
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 2, Tabla 2.5.5					
Molino	$FE = 0.08$	FE Factor de emisión PM ₁₀	Kg/Ton de material chacado	Toneladas de material chacado por día	Ton/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 11, Sección 11.24					
Transferencia de material (carga y descarga)	$FE = 0.0016 * k * \left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3} * \left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}$	FE Factor de emisión de MP ₁₀ k Coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ k=0.35 U Velocidad del viento M Contenido de humedad	Kg/Ton de material transferido Ad m/s %	Toneladas de material transferidas en un día	Ton/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.4.1					
Movimiento de tierra	$FE = 0.45 * \frac{s^{1.5} * f}{M^{1.4}}$	FE Factor de emisión de MP ₁₀ f 0.75 s Contenido de finos m Contenido de humedad	Kg/hora Ad % %	Horas de trabajo de la maquinaria al día	Hrs/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2					
	$FE = \sum PI * k * 10$	FE factor de emisión de MP ₁₀ k 0.5 Pi Potencial de erosión	gr/ha Ad gr/m ²	Hectáreas afectadas por la erosión del viento	ha
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.5, Ecuación 2					

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

Tabla 2-5. Parámetros de los Factores de Emisión

Nº	Área	Unidad	Valor
1	Velocidad del Viento Promedio	m/s	2.4 ¹
2	Porcentaje de Finos Caminos no Pavimentados	%	5.8 ²
3	Porcentaje de Finos depósitos de relaves abandonados	%	13.7 ³
4	Eficiencia humectación calles no pavimentadas	%	70 ⁴
5	Eficiencia caminos con bischofita	%	90 ⁵
6	Velocidad media de los vehículos	km/h	40 ⁶
7	Densidad Residuos Domiciliarios	kg/m ³	500 ⁷
8	Contenido Silt- Caminos con flujo menor a 500 Veh.	g/m ²	4,23 ⁸
9	Contenido Silt- Caminos con flujo entre 500-10.000 Veh.	g/m ²	0,96 ⁸

Fuente:

- (1): Estación meteorológica Garita, Año 2008
- (2): Medición finos en caminos de Andacollo, GEOAIRE Diciembre 2009.
- (3): Medición finos en relaves de Andacollo, GEOAIRE Diciembre 2009.
- (4): Valor estimado en función de la frecuencia de riego en Andacollo
- (5): Estudio DICTUC 2009
- (6): Regulación tránsito en Andacollo
- (7): Proyecto Implementación Relleno Sanitario Intercomunal- VII región SIGA 2001.
- (8): Guía para la estimación de Emisiones CONAMA

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

2.2.4 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2-6.

Tabla 2-6. Resume de Emisiones de MP₁₀ año 2008 por Área

Sector	Emisión		
	(Kg/día)	(Ton/Año)	(%)
Residencial	17.1	5.74	5%
Industrial	6.5	2.39	2%
Transporte	21.8	7.95	6%
Vertedero	41.0	14.97	11%
Depósito de Relaves	280.6	102.43	76%
TOTAL INVENTARIO DE MP₁₀	367.0	133.5	100%

Fuente: “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE, 2010.

2.2.5 Conclusiones Sobre Metodología Utilizada.

La metodología utilizada es de reconocimiento internacional y coherente con la utilizada en los inventarios realizados en el país. Sin embargo, el contenido de Silt

utilizado en la estimación de polvo resuspendido en caminos, **puntos 8 y 9** de Tabla 2-5 corresponden a los propuestos por EPA, los cuales según recientes estudios serían muy menores a los contenidos de Silt medidos en caminos nacionales, por lo cual la estimación asociada al sector Transporte de la Tabla 2-6 estarían subestimadas, lo cual es confirmado por las estimaciones del presente estudio que estima dichas emisiones den 74 Ton/año (ver Tabla 3-7).

2.3 EIA Proyecto Hipógeno.

El Proyecto Hipógeno fue aprobado por la RES. N°:104/07.

En términos generales, el objetivo del PROYECTO HIPÓGENO es dar continuidad a las actividades de la Compañía por medio de la explotación y procesamiento del mineral primario del actual yacimiento. Es decir, con la explotación y procesamiento del mineral primario (Hipógeno), se logrará extender la vida útil del proyecto ANDACOLLO COBRE más allá del año 2009, lo que entre otras cosas implicará la modificación y/o actualización del Plan Minero del Proyecto Andacollo Cobre.

El proyecto tendrá una vida útil estimada de 21 años y demandará una inversión de aproximadamente 385 millones de dólares de los Estados Unidos de Norteamérica requiriendo de una mano de obra estimada de 1000 personas para la fase de construcción la cual tendrá una duración estimada de 34 meses y de 600 personas para la fase de operación durante 21 años.

En el marco del proyecto Hipógeno, el componente mina corresponde al mismo cuerpo mineralizado que está siendo explotado actualmente por la Compañía. Este yacimiento se ubica en la comuna de Andacollo, y corresponde a un pórfido cuprífero con enriquecimiento secundario en su parte superior (mineral supérgeno).

La mineralización hipógena o primaria (lo cual da el nombre al proyecto), se localiza inmediatamente debajo de la zona actualmente en explotación (supérgeno o enriquecimiento secundario), por lo que el desarrollo minero considera profundizar el actual rajo en aproximadamente 200 metros, aumentando el rajo final siempre dentro de la propiedad superficial y minera de CDA, en aproximadamente un 5% del actual rajo final, es decir, desde 202 a 212 hectáreas aproximadamente.

Según lo expresado en la EIA, el Proyecto Hipógeno considera la construcción y operación de una planta de procesamiento de mineral, con capacidad de tratamiento de 20 000 000 toneladas por año aproximadamente, con una vida útil estimada de 21 años. En Tabla 2-7a se observa las fases del proyecto, lo que indica que debiera estar en la actualidad en plena operación.

Respecto al ritmo de minado, la mezcla de minerales a Chancado a razón de aproximadamente 55.500 toneladas por día exige que además se remuevan aproximadamente 27.000 toneladas por día entre materiales estériles y marginales, totalizando aproximadamente 82 500 toneladas por día de movimiento. Este nivel máximo se mantiene durante 11 años (Años 4-14), quedando a partir del Año 15 el mineral expuesto sin necesidad de mayores desarrollos, un detalle de los movimientos de se puede ver en la Tabla 2-8.

Tabla 2-7. Fases del Proyecto Hipógeno Según EIA

FASE DEL PROYECTO	TIEMPO	FECHAS ESTIMADAS
Levantamiento de Información	17 meses	May 05 a Oct 06
Construcción	34 meses	Nov 06 a Sept 09
Operación	21 años	Oct 09 al 2030
Cierre y Abandono	--	2030 (*)

Fuente: EIA Proyecto Hipógeno.

Tabla 2-8. Emisiones de PM-10 Promedios Diarias del Año 4 y de toda la Vida Útil del Proyecto Según EIA

Operación	Año 4 máximo		Promedio 21 años	
	kg/día	%	kg/día	%
Tronadura	74.3	2%	74.3	3%
Carguío de Mineral y Estéril en Mina	173.5	5%	155.7	6%
Transporte de Estéril	1749.7	48%	822.5	31%
Transporte de Mineral a Chancado	1271.1	35%	1275.7	47%
Descarga de Estéril Muros	11.5	0%	6.7	0%
Descarga de Mineral en Chancador	1.2	0%	1.2	0%
Chancado Primario	225.8	6%	225.8	8%
Descarga de Correa Acopio	103.4	3%	103.4	4%
Tráfico Interno	27.5	1%	27.5	1%
TOTAL	3638.0	100%	2692.8	100%

Fuente: EIA Proyecto Hipogeno , TABLA N° 12: Emisiones de PM-10 Promedios Diarias del Año 4 y de toda la Vida Útil del Proyecto, EIA

3 INVENTARIO DE EMISIONES DE ANDACOLLO Y EMPRESAS MINERAS.

3.1 Inventario de la Ciudad de Andacollo.

3.1.1 Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles y Polvo Resuspendido

Se realizó la estimación de las emisiones asociadas al parque vehicular de la localidad de Andacollo, las que consisten en:

- Polvo resuspendido por calle pavimentada
- Polvo resuspendido de calles no pavimentadas
- Polvo resuspendido de calles no pavimentadas pero tratadas con bischofita.
- Emisiones vehiculares por tubo de escape
- Emisiones vehiculares, debido al desgaste de frenos y neumáticos.

3.1.1.1 Metodología de Trabajo

La metodología de trabajo incluyo las siguientes actividades:

- **Visita preliminar a la zona de estudio (8 y 9 de Noviembre del 2010):** La visita de reconocimiento permitió identificar las principales vías de circulación, características de las calles, y principales fuentes emisoras. Esta información permitió realizar la planificación de las campañas en terreno.
- **Digitalización de red vial:** A partir de la visita a terreno y por medio de fotografías digitalizadas, se confeccionó planimetría en SIG de las calles de Andacollo, identificando tipo de carpeta (pavimento, tierra, bischofita), nivel de flujo y contenido de Silt, información que fue utilizada tanto en la estimación de las emisiones vehiculares como de polvo resuspendido.
- **Campaña de determinación de flujo vehicular (09 a 12 de Diciembre del 2010):** Se determinó el flujo vehicular en las principales vías del área de estudio, por medio de conteo en terreno, levantándose el mismo tiempo información sobre tipo de vehículo en circulación y sentido del tráfico.
- **Determinar la composición tecnológica de la flota vehicular:** A partir de información proveniente de Plantas de Revisión Técnica (PRT) y del INE se detalló la composición vehicular que circula por el área de estudio, considerando tecnología, tipo de combustible y norma de emisión por vehículo.
- **Campaña de determinar el contenido de polvo fino (Silt) en calles de pavimento, tierra y tratadas con bischofita (20 a 21 de Enero 2011):** El levantamiento de las muestras en calles pavimentadas fue realizado por medio de aspirado, mientras que en las calles de tierra y tratadas con bischofita se realizo por barrido de la superficie. Las muestras fueron preservadas y llevadas al laboratorio de CENMA para su análisis.

- **Identificación de parámetros meteorológicos característicos:** A partir del análisis de la información meteorológica disponible, se identificaron los parámetros necesarios para la estimación de emisiones de fuentes vehiculares.
- Estimación de las emisiones vehiculares y por polvo resuspendido de la ciudad de Andacollo.

3.1.1.2 Metodología de estimación de emisiones vehiculares

La metodología utilizada en el cálculo de las emisiones vehiculares, se basa en las características del tráfico, la operación intrínseca de los vehículos y las emisiones de gases contaminantes, provenientes fundamentalmente del sistema de escape, bajo distintas condiciones de operación. Para estimar las emisiones vehiculares en ruta es necesario obtener los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarle a cada una de ellas un factor de emisión.

Para los vehículos motorizados, el nivel de actividad es representado, básicamente, por el kilometraje recorrido por el vehículo en el área donde se desarrolla el inventario y en el período a evaluar. Por otra parte, el modelo COPERT, cuya metodología ha sido la utilizada en los inventarios nacionales de fuentes móviles, asocia los factores de emisión a las velocidad media del flujo vehicular, expresando dichos factores como curvas de velocidad versus emisión en gramos por kilómetro recorrido, los que han sido determinados a partir de ciclos de conducción preestablecidos.

La expresión general para el cálculo de emisiones de fuentes vehiculares es la siguiente:

$$E_i = FE_{i,k} \times NA_k \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde:

E_i : Emisiones del contaminante considerado i (Ton/año)

FE_{ik} : Factor de emisión del contaminante i para la categoría k evaluada (gr/km)

NA_k : Nivel de actividad de la categoría k (Kg/año)

Las fuentes móviles, además de emisiones asociadas al funcionamiento de los motores, presentan emisiones asociadas a su desplazamiento por las vías de circulación, correspondientes a desgaste de freno y neumático y a polvo resuspendido, por lo que la emisión total considerada en el presente estudio estaría representada por la Ecuación 3-2. A continuación se detalla la metodología de estimación para cada uno de las componentes descritas.

$$E_{\text{total}} = E_{\text{tubo de escape en caliente}} + E_{\text{desgaste de frenos y neumáticos}} + E_{\text{polvo resuspendido}} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

a. Emisiones de tubo de escape en caliente

La metodología para la estimación de emisiones en caliente, corresponde a un método tipo arco, que calcula las emisiones provenientes del tubo de escape en cada tramo de la red de caminos considerada, y queda definida por la siguiente ecuación.

$$E_{horaijk} = F_{jk} \cdot L_j \cdot FE_{(v)ik} \cdot PF_{jk} \cdot C_{jk} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Donde:

$E_{horaijk}$: Emisiones [g] del contaminante considerado i en un arco j para la categoría vehicular k en una hora determinada.

F_{jk} : Flujo vehicular [veh/h] total en el arco j a la hora en que se establecieron los parámetros por arco bajo el modelo de transportes utilizado como base.

L_j : Largo del arco evaluado [km].

$FE_{(v)ik}$: Factor de emisión en función de la velocidad [gr/km] del contaminante i para la categoría k evaluada.

PF_{jk} : Perfil de flujo o fracción del flujo total (Flujo jk) correspondiente a la hora evaluada y sector asociado al arco.

C_{jk} : Composición o fracción del flujo total en el arco j perteneciente a la categoría k para el sector asociado al arco.

Los factores de emisión utilizados corresponden a señalados por la metodología Copert 4¹.

b. Emisiones de MP por desgaste de frenos y neumáticos

Las emisiones de material particulado producidas por el desgaste de frenos y neumáticos se estiman con la metodología tipo arco ya descrita. Sin embargo, se distingue en que el factor de emisión para desgaste de neumáticos o neumáticos, establecido por COPERT, corresponde a PTS, por lo que debe ser multiplicado por un ponderador que permite determinar las distintas fracciones, respirable y fina.

c. Metodología de estimación de polvo resuspendido

Las emisiones de polvo resuspendido, están asociadas al levantamiento de material particulado que se encuentra depositado en el camino, debido a la transmisión de energía mecánica a través de las ruedas del vehículo, como al desplazamiento de masas de aire por acción del movimiento del vehículo, lo que crea turbulencia.

La emisión que se genere dependerá por lo tanto de la carga de material particulado depositado en la vía de circulación, como de las características de flujo y peso de los vehículos. Es importante notar que existe una dependencia entre el flujo vehicular y la carga de polvo en el camino, debido a que el mismo flujo vehicular tiende a remover el material presente en la vía. Por tal motivo, se espera encontrar más carga de polvo en calles de menor circulación vehicular, respecto de otras de mayor circulación.

¹<http://www.emisia.com/copert/>

La estimaciones de emisiones de polvo resuspendido, de calles pavimentadas y no pavimentadas, se basaron en la metodología AP42 (EPA, 2006)^{2,3}. Esta metodología utiliza el contenido de silt, como parámetro de entrada asociado a la carga de polvo en el camino, este corresponden al polvo cuya granulometría es inferior a 75 μm . En el caso de calles pavimentadas, este parámetro se expresa en unidades de masa por área (g/m^2), mientras que en calles no pavimentadas se expresa como porcentaje del total de masa muestreada (% de silt).

Metodología para calles pavimentadas

La metodología empleada para la estimación de calles pavimentadas se muestra a continuación:

$$E = Ed * \left(1 - \frac{P}{4N}\right) \quad \text{Ecuación 3-4}$$

$$Ed = Fe * Fv * L \quad \text{Ecuación 3-5}$$

Donde:

E: gramos de partículas emitidas en la calle durante el período de evaluación (g/tiempo).

Ed: emisiones diarias de la calle pavimentada (g/dia).

P: días con precipitaciones mayores a 0.254 mm.

N: número de días del período de estudio, 365 para un período anual.

Fe: factor de emisión por calle ($\text{g}/\text{veh}\cdot\text{km}$).

Fv: flujo vehicular diario ($\text{veh}/\text{día}$).

L: longitud de la calle (km).

Luego, el factor de emisión se calcula como se muestra en la siguiente de ecuación:

$$Fe = k * \left(\frac{Sp}{2}\right)^{0.65} * \left(\frac{W}{3}\right)^{1.5} \quad \text{Ecuación 3-6}$$

Donde:

²<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

³<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf>

Sp: carga superficial silt, es decir, partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 75 µm (g/m²). El valor de este parámetro varía de una localidad a otra por las condiciones ambientales de la calle, es por eso que para este estudio se asociaron los valores de acuerdo al muestreo (ver valores de Sp en sección de la campaña de Silt en terreno).

k: constante que varía con el diámetro de las partículas a estimar (g/veh-km), 4.6 (g/km) para el MP10.

W: peso promedio del tipo de vehículo que transita por la calle (t).

Metodología para calles no pavimentadas

La ecuación es la siguiente:

$$E = Fe * Fv * L \quad \text{Ecuación 3-7}$$

$$Fe = 281.9 * \frac{k * \left(\frac{s}{12}\right) * \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} * \left[\frac{(365 - P)}{N} \right] \quad \text{Ecuación 3-8}$$

Donde:

E: gramos de partículas emitidas en la calle durante el período de evaluación (g/tiempo).

Fe: factor de emisión por calle (g/veh-km).

Fv: flujo vehicular diario (veh/día).

L: longitud de la calle (km).

k: constante que varía con el diámetro de las partículas a estimar (g/veh-km), 507.42 (g/km) para el MP10.

s: contenido de limo (silt) superficial (%), según datos Tabla 3-6.

S: velocidad del flujo vehicular (millas/h). Se asumió una velocidad de 24.8 (millas/h) equivalente a 40 (km/h).

M: contenido de humedad en el material superficial (%), según datos Tabla 3-6.

P: días con precipitaciones mayores a 0.254 mm.

Ed: emisión diaria por tramo (g/día).

N: número de días del período de estudio, 365 para un período anual.

3.1.1.3 Digitalización de Red Vial

Previo a la estimación de emisiones vehiculares y de polvo re suspendido se debió realizar la digitalización de la red vial, por medio de planillas Excel y un programa GIS, caracterizando las vías respecto a:

- Largo de la vía
- Flujo vial
- Tipo de Carpeta
- Contenido de Silt

Las primeras dos características sirvieron para establecer el nivel de actividad vehicular en la zona, correspondiente a kilómetros recorridos por día, información que fue utilizada tanto en la estimación de emisiones de fuentes móviles como de polvo re suspendido. En la Figura 3-1 se muestra el tipo de carpeta identificado en la ciudad de Andacollo.

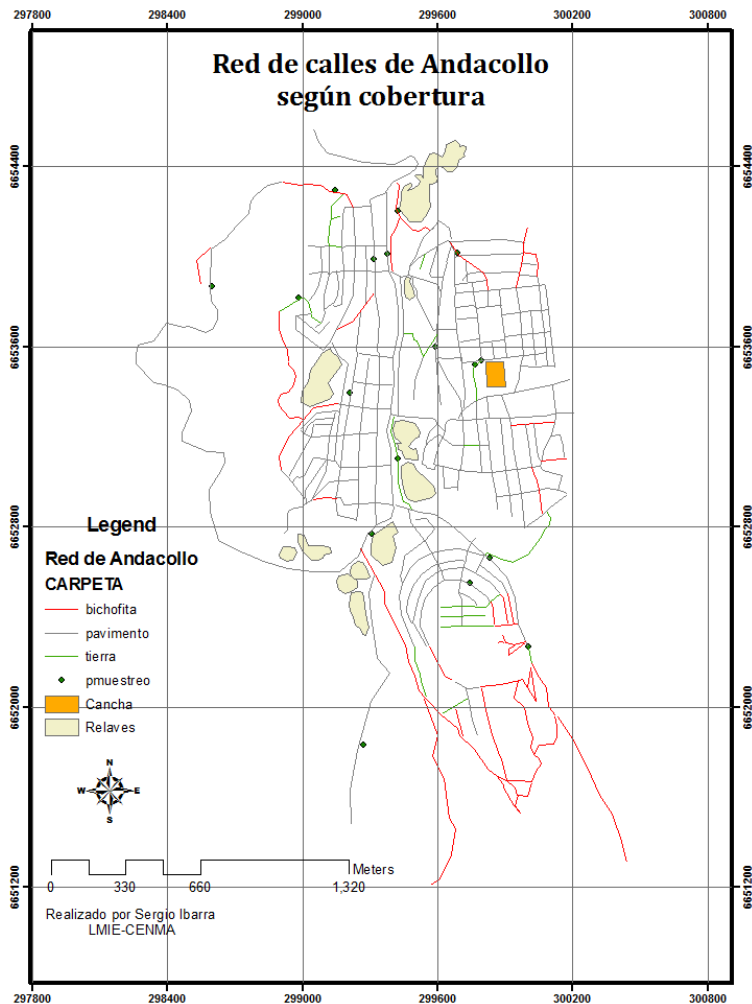


Figura 3-1. Calles y Tipo de Carpeta en la Ciudad de Andacollo

3.1.1.4 Campaña de determinación de flujo vehicular

Metodología

La determinación de flujos vehiculares de la zona se realizó a partir de una campaña en terreno realizada del jueves 09 al domingo 12 de diciembre del 2010.

El conteo fue realizado por alumnos de la carrera de Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente de la Universidad Católica del Norte, levantándose información en los 15 puntos de medición que se detallan en la Tabla 3-1 y Figura 3-3. Los puntos de muestreo fueron seleccionados con el fin de cubrir las principales vías de la zona en estudio, y tener una muestra de las vías de menor flujo que permitiera estimar el flujo total de la zona.

La campaña levantó la siguiente información:

- Flujo vehicular
- Tipos de vehículos: automóviles, camionetas y vans, motos, taxis básicos, taxis colectivos, buses y taxibuses urbanos, buses interurbanos, camiones rígidos, camiones acoplados.
- Sentido de flujo

Así mismo, se realizaron dos tipos de mediciones:

- Medición de todo un día, en las vías de mayor flujo (Puntos PC1, PC2 y PC3)
- Medición de una hora en las vías de menor flujo (Puntos PC4 a PC15)

Las mediciones de todo un día, tuvieron por fin la determinación del perfil característico de flujo vehicular a través del día, lo que permite extrapolar las mediciones de una hora, para obtener una aproximación del flujo total de la ciudad. Es importante aclarar que las mediciones de todo un día se realizaron desde las 07:00 a las 21:00, dado que los flujos en las horas restantes se consideran poco significativos.

Resultados

En la Tabla 3-2 y Figura 3-4 se muestran los flujos extrapolados a partir de los resultados de la campaña de flujos viales. El flujo ha sido expresado en vehículos por día, e incluyen ambos sentidos de circulación. Respecto a los días de semana (LV), el valor representa un día promedio de la semana. Es posible observar que en los días de semana los mayores flujos corresponden los puntos de control PC4 y PC5 (Av. Chepiquiña), siendo esta la vía que conduce hacia TECK – CDA, con un flujo de 4 484 veh./día, y correspondería a; Automóviles, Camionetas y Vans.

El día Sábado el mayor flujo medido se verificó en los puntos de control PC6 y PC7 (Av. Sixto Valdivia), con 3 917 veh/día, siendo esta la vía que conduce al observatorio Collohuara, y a actividades industriales ubicadas en la zona sur de Andacollo (Planta de Algas), el tipo de vehículo correspondería principalmente a; Camionetas y Vans, Automóviles, Taxis Básicos y Camiones rígidos.

Por último, en los puntos de control PC1 y PC2 (Av. Beltrán Amenábar) y punto de control PC3 (J.T. Urmeneta), que corresponden a las vías principales de ingreso y

salida de Andacollo, se midió en la semana un flujo de 2 192 veh./día y 1 203 veh./día respectivamente, la suma de estos flujos es de 3 395 veh./día y correspondería a un 75% del valor del flujo verificado en el PC4 y PC5.

el cual decrece el sábado y el domingo. Dichos flujos corresponderían principalmente a vehículos livianos, Automóviles, Camionetas y Vans. Al sumar los flujos

En la Figura 3-5 se ha graficado el perfil de flujo horario en un día de semana, es posible observar que existe un flujo vehicular casi constante entre las horas monitoreadas (08:00 a 21:00), con una peña punta a las 11:00, 16:00 y 20:00 horas.



Figura 3-2. Campaña de Conteo de Flujos Viales CENMA

Tabla 3-1 Descripción de Puntos de Control de Campaña de Conteo de Flujos Viales

Puntos de Conteo	Calle	Arco	Sentido	Día	Horario
PC1 y PC2	Av. Beltrán Amenábar	El Salitre-Camilo Enriques	N-S, S-N	Jueves	07:00-14:00 14:00-21:00
				Sábado	08:00-14:00 14:00-21:00
					Domingo
				PC3	J.T. Urmeneta
Sábado	08:00-14:00 14:00-21:00				
	Domingo	09:00-15:00 15:00-21:00			
PC4 y PC5	Av. Chepiquiña	Bifurcación Hacia el sur, camino Minera Carmen de Andacollo.	N-S, S-N		
				Viernes	07:00-09:00
				Sábado	07:00-09:00
				Domingo	07:00-09:00
PC 6 y PC7	Av. Sixto Valdivia	Av. Sixto Valdivia-L.Torre	E-O, O-E	Jueves	12:00-15:00
				Viernes	12:00-15:00
				Sábado	12:00-15:00
				Domingo	12:00-15:00
PC8 y PC9	Caupolicán	Mirador hacia el Oeste, camino hacia Minera Dayton.	E-O, O-E	Jueves	18:00-20:00
				Viernes	18:00-20:00
				Sábado	18:00-20:00
				Domingo	18:00-20:00
PC10 y PC11	Obispo Sierra	Condell-Colón	N-S, S-N	Jueves	07:00-09:00
				Viernes	07:00-09:00
				Sábado	07:00-09:00
				Domingo	07:00-09:00
PC12 y PC13	Bellavista	Punta Arenas-Carrera Pinto	E-O, OE	Jueves	12:00-15:00
				Viernes	12:00-15:00
				Sábado	12:00-15:00
				Domingo	12:00-15:00
PC14 y PC15	Balmaceda	Los Héroes-Rebolledo.	E-O, OE	Jueves	18:00-20:00
				Viernes	18:00-20:00
				Sábado	18:00-20:00
				Domingo	18:00-20:00

Fuente: Elaboración propia

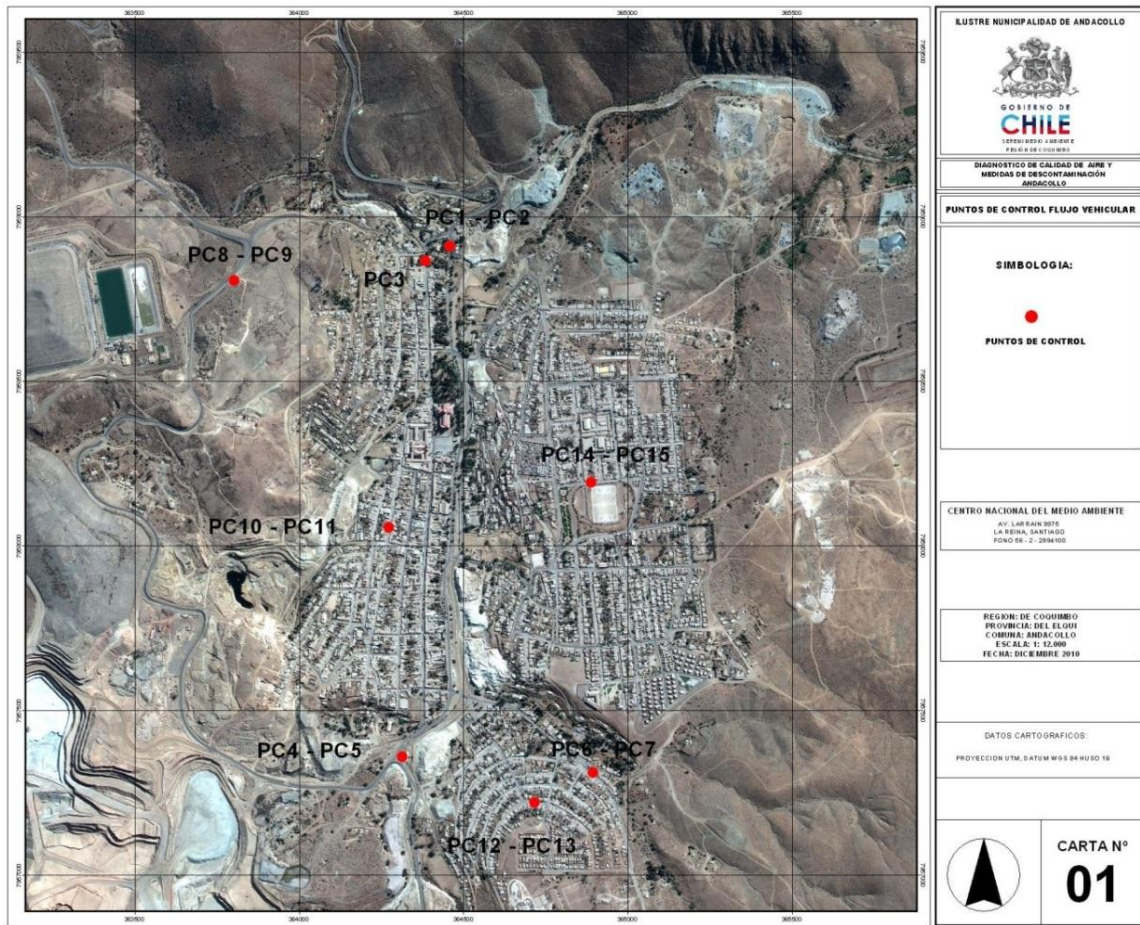


Figura 3-3. Puntos de Conteo de Flujo Vehicular en Andacollo

Tabla 3-2. Resultados de Campaña de Conteo de Flujos Vehiculares en Andacollo (veh./día)

PC	Día	Automóviles	Camionetas y Vans	Motos	Taxis Básicos	Taxis Colectivos	Buses y taxibuses urbanos	Buses interurbanos	Camiones Rígidos	Camiones Acoplados	Totales
1 y 2	L-V	617	1001	22	216	46	60	33	92	105	2192
	S	523	820	13	105	35	53	30	89	37	1705
	D	580	748	19	80	15	38	19	21	20	1540
3	L-V	367	508	15	206	18	28	13	45	3	1203
	S	352	448	10	90	22	25	19	32	0	998
	D	249	291	4	35	9	20	10	6	0	624
4 y 5	L-V	1254	2039	0	546	311	28	55	75	176	4484
	S	229	1124	14	306	0	10	26	77	403	2189
	D	45	973	0	18	0	0	1	3	139	1179
6 y 7	L-V	458	785	115	108	43	109	3	242	1	1864
	S	553	1594	41	724	8	7	61	927	2	3917
	D	375	479	9	164	1	1	3	39	1	1072
8 y 9	L-V	49	484	1	0	0	1	5	116	79	735
	S	51	206	0	0	0	13	0	59	39	368
	D	15	207	38	0	0	1	0	135	85	481
10 y 11	L-V	307	163	19	64	25	16	9	11	34	648
	S	50	66	13	42	7	0	0	44	0	222
	D	228	112	2	33	1	0	0	63	6	445
12 y 13	L-V	240	297	18	193	14	218	1	101	1	1083
	S	266	676	4	784	32	0	1	385	0	2148
	D	208	185	6	51	0	0	0	18	0	468
14 y 15	L-V	273	397	38	235	0	29	0	91	19	1082
	S	270	236	23	25	35	0	0	103	0	692
	D	202	189	78	21	14	16	0	0	19	539

Fuente: Elaboración propia a partir de campaña de caracterización de flujos viales

Nota: Los flujos de lunes a viernes (L-V) corresponden a un solo día de la semana y no a su suma

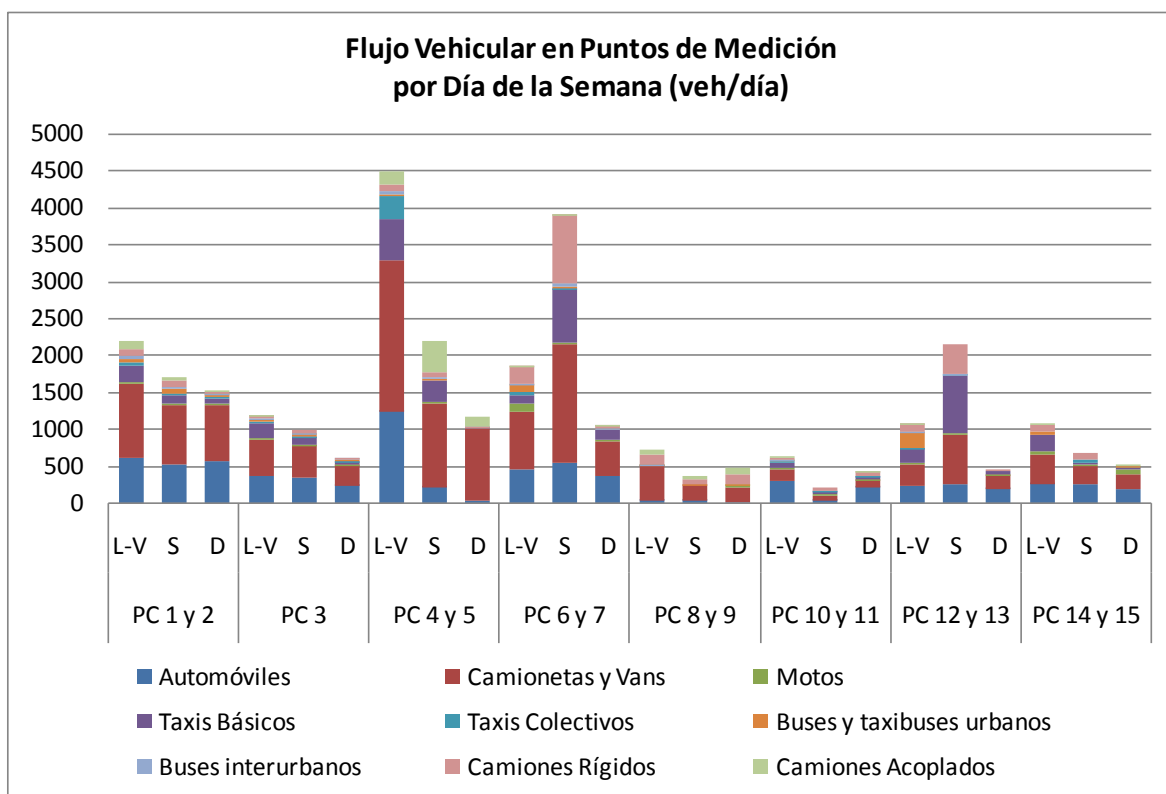


Figura 3-4. Flujos Vehiculares Medidos en Andacollo por Día de la Semana.

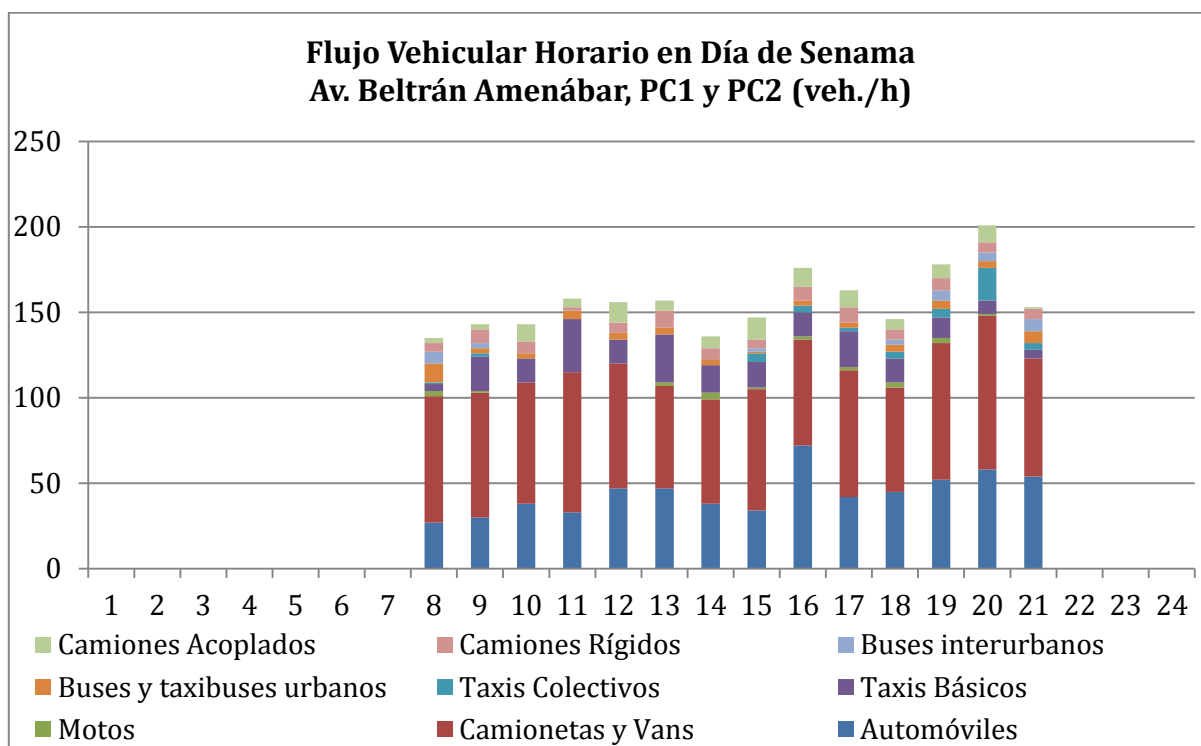


Figura 3-5. Perfil Horario del Flujo Vehicular, Av. Beltrán Amenábar PC1 y PC2, Día L-V

3.1.1.5 Complementación de campaña de flujos vehiculares

Dado que la campaña de caracterización de flujos viales consideró un número limitado de las vías menores de Andacollo, se consideró conveniente complementar dicha información con la disponible de otros estudios generada en la zona, en particular la del estudio “Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo” realizado por GEOAIRE el a principios del año 2010, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3-3 . En la Figura 3-6 se observa la distribución de puntos de muestreo realizados por tanto en la campaña de CENMA como la de GEOAIRE.

Tabla 3-3. Resultados de Campaña de Conteo de Flujos Vehiculares de GEOAIRE en Andacollo (veh./día)

Puntos de GEOAIRE	Veh/día
geo1	23
geo2	114
geo3	3
geo4	1625
geo5	97
geo6	11

Fuente: GEOAIRE, 2010

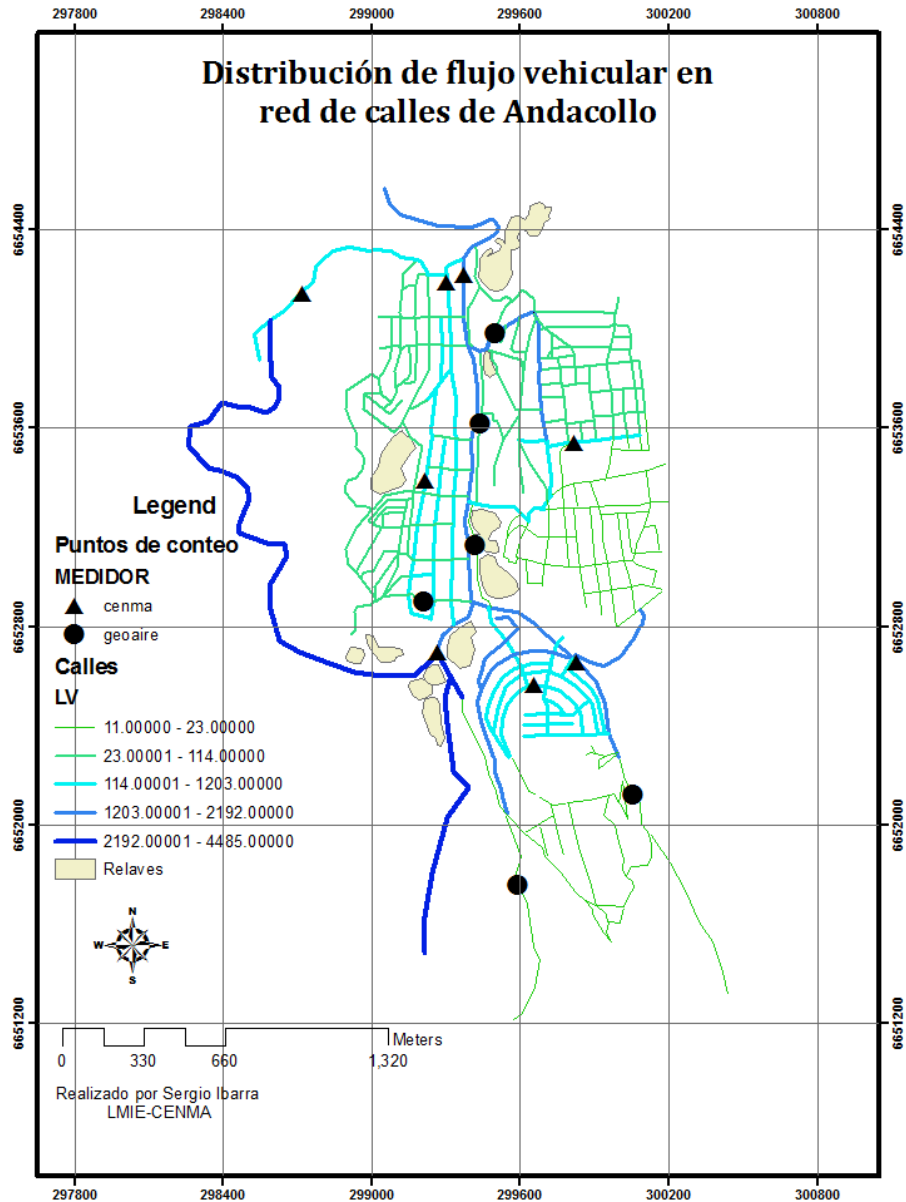


Figura 3-6. Distribución de Puntos de Muestreo Campaña CENMA y GEOAIRE

3.1.1.6 Determinación de composición tecnológica de la flota vehicular

Para la estimación de emisiones se seguirá la metodología MODEM, reconocida por SECTRA⁴, la cual a su vez se basa en la metodología europea COPERT⁵, siendo necesaria para su utilización una clasificación del parque vehicular, según:

⁴http://www.sectra.cl/metodologias_y_herramientas_de_transporte/metodologia/transporte_medioambiente/estimacion_emisiones_fuentes_moviles_modem.html

- Categoría vehicular; Vehículo particular, Vehículo de Alquiler, etc.
- Tipo de tecnología; Pre-Euro, Euro 1 a Euro 5
- Combustible utilizado; GNC (Gas Natural Comprimido), Híbrido, Bencina y Diesel

La clasificación detallada necesaria para la aplicación de la metodología se muestra en la Tabla 3-4.

La categoría vehicular se determinó a partir de la información de los conteos vehiculares, mientras que el tipo de tecnología presente en la zona fue determinada a partir del análisis de los permisos de circulación del INE y la información de las Plantas de Revisión Técnica del Ministerio de transportes, considerando los vehículos con domicilio en la comuna de Andacollo. De este modo se obtuvo una composición para todos puntos de control considerados en la campaña de conteo de flujos realizada durante el presente estudio.

Tabla 3-4. Categorías Vehiculares y sus Tecnologías

Categorías Vehiculares	Categorías Tecnológicas							
	GNC	Hibrido	Bencina o Diesel					Euro 5
			Pre-Euro	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	
Vehículos particulares	x	x	x	x	x	x	x	x
Vehículos de alquiler	x	x	x	x	x	x	x	x
Taxis colectivos	x	x	x	x	x	x	x	x
Vehículos comerciales	x	x	x	x	x	x	x	x
Motocicletas			x	x	x	x		
Camiones livianos			x	x	x	x	x	
Camiones medianos			x	x	x	x	x	
Camiones pesados			x	x	x	x	x	
Buses urbanos			x	x	x	x	x	
Buses interurbanos			x	x	x	x	x	

Fuente: Elaboración propia

⁵<http://www.emisia.com/copert/>

3.1.1.7 Campaña de determinación de Silt en calles de Andacollo

La campaña de silt se realizó entre el 20 a 21 de Enero 2011 y consistió en el levantamiento de muestras tanto de calles pavimentadas por aspirado, como de no pavimentadas, de tierra o bischofita, por barrido, utilizando la metodología recomendada por EPA⁶, como se observa en la Figura 3-7. Las muestras fueron luego colocadas en bolsas selladas para posteriormente ser analizadas en los laboratorios de CENMA, utilizando el método recomendado por EPA⁷, que consiste en separar por tamizado las distintas fracciones de tamaño de partículas contenida en la muestra, y la determinación de su participación porcentual en masa y su humedad.

En la Tabla 3-5, Tabla 3-6 se muestran los resultados obtenidos en calles pavimentadas y no pavimentadas, mientras que en la Figura 3-8 se muestra la ubicación de los puntos muestreados. Es importante señalar que dado la diferencia existente entre la metodología de estimación de ambos tipos de calle, la carga de silt en las primeras se expresa en g/m², mientras en calles no pavimentadas se expresa como porcentaje de sil en el total de la muestra analizada, no pudiéndose por lo tanto comparar ambas magnitudes.

En la Figura 3-9 se muestra la carga de silt en calles pavimentadas de Andacollo, se observa que las mayores cargas de silt se han registrado en los puntos CP1 (Entrada Dayton) y CP4 (Balmaceda), originada posiblemente por la incorporación de material desde la zona de faena y calles no pavimentadas cercanas.

Respecto a calles no pavimentadas en la Figura 3-10 se observa que las mayores cargas se midieron en los puntos NP4 (Manuel Rodriguez) y NP5 (Diego de Almagro).

⁶<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>, Appendix C.1, Procedures for Sampling Surface/Bulk Dust Loading

⁷<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>, Appendix C.2, Procedures for Laboratory Analysis of Surface/Bulk Dust Loading



Figura 3-7. Muestreo de Silt por barrido y Aspirado en las Calles de Andacollo

Tabla 3-5. Resultados de Campaña de Silt en Calles Pavimentadas de Andacollo

ID	Lugar	X	Y	Superficie	SP gr/m ²
CP1	Entrada Dayton (hacia Carmen)	298597	6653867	Cemento	4.2
CP2	Beltrán Amenábar	299378	6654012	Cemento	1.0
CP3	Fuera de cementerio	299590	6653598	Cemento	0.9
CP4	Balmaceda	299797	6653536	Cemento	2.2
CP5	Bellavista	299742	6652548	Cemento	1.0
CP6	Camino Teck	299269	6651831	Cemento	1.1
CP7	Camino Chepiquiña	299306	6652766	Cemento	0.3
CP8	Sixto Valdivia	299834	6652663	Cemento	1.0
CP9	Urmeneta (al llegar a Esmeralda)	299318	6653988	Cemento	1.2
CP10	Sierra (entre Condell/Colón)	299211	6653396	Cemento	0.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-6. Resultados de Campaña de Silt en Calles No Pavimentadas de Andacollo

ID	Lugar	X	Y	Superficie	Silt %	H* %
NP1	Paralela a Amenábar, costado relave	299422	6654199	Bischofita	3.5	2.2
NP2	Camino el Salitre	299144	6654294	Bischofita	2.4	2.9
NP3	Cercana a Calle Mirador	298984	6653818	Tierra	9.6	2.2
NP4	Manuel Rodriguez	299697	6654004	Tierra	37.2	1.0
NP5	Diegro de Almagro (Balmaceda)	299765	6653520	Tierra	16.0	2.4
NP6	Paralela a Amenabar, costado relave (central)	299423	6653100	Tierra	8.5	4.1
NP7	Camino a Colowara (camino del Manganeso)	300003	6652269	Tierra	4.2	0.9

Fuente: Elaboración propia

*H: Humedad

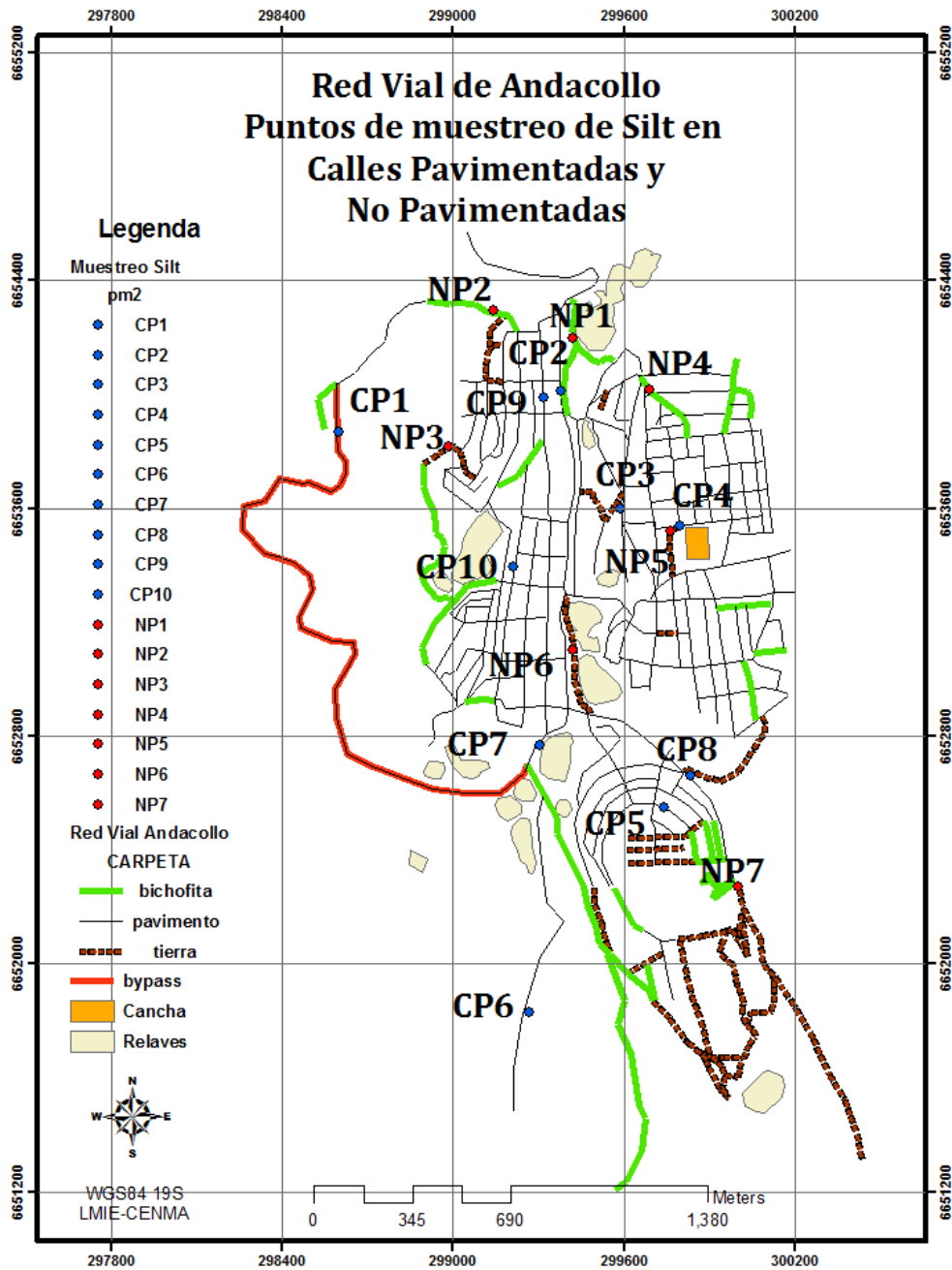


Figura 3-8. Puntos de Muestreo de Silt y Tipo de Calles de Andacollo.

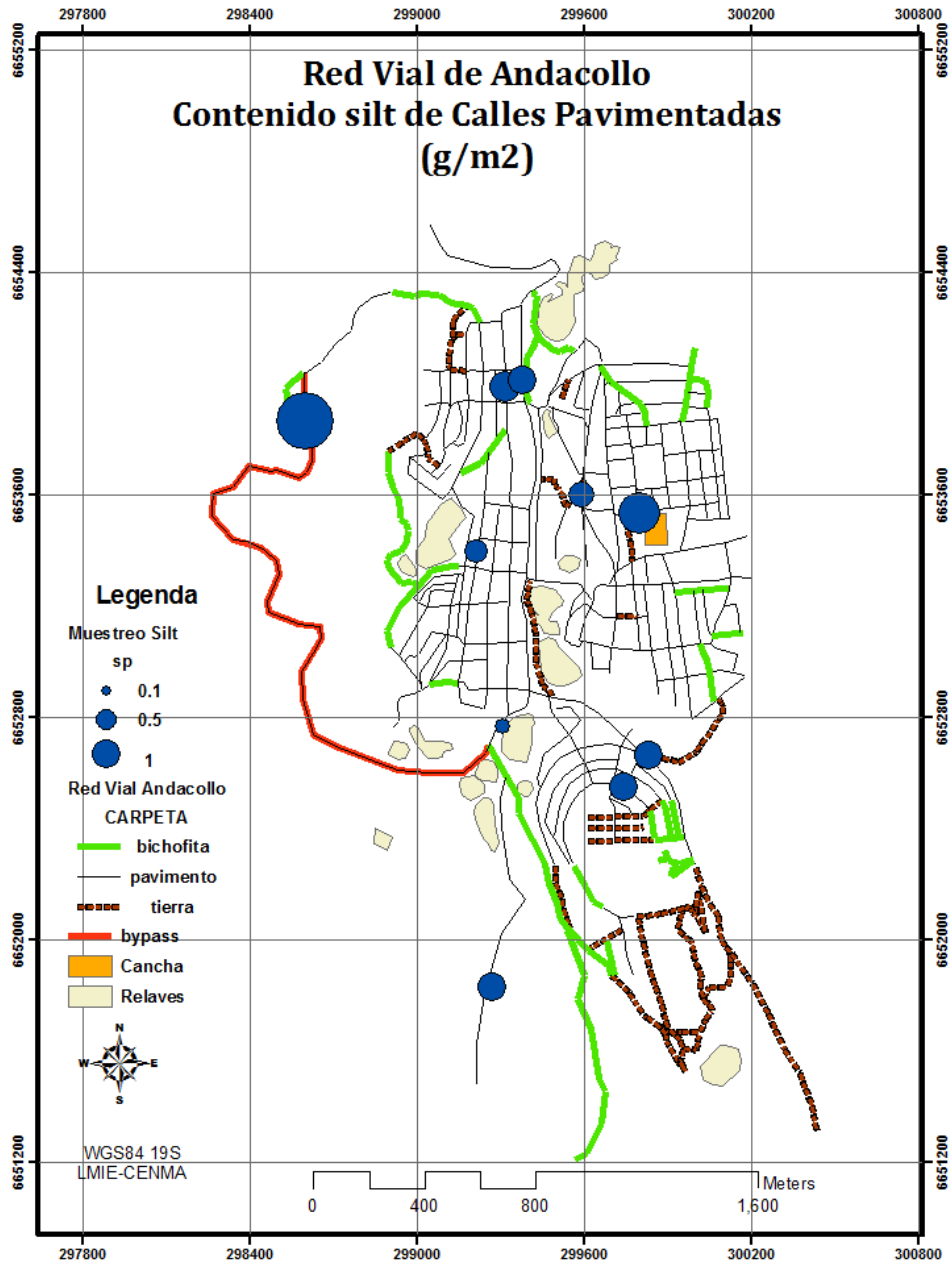


Figura 3-9. Carga de Silt en Calles Pavimentadas de Andacollo (g/m²).

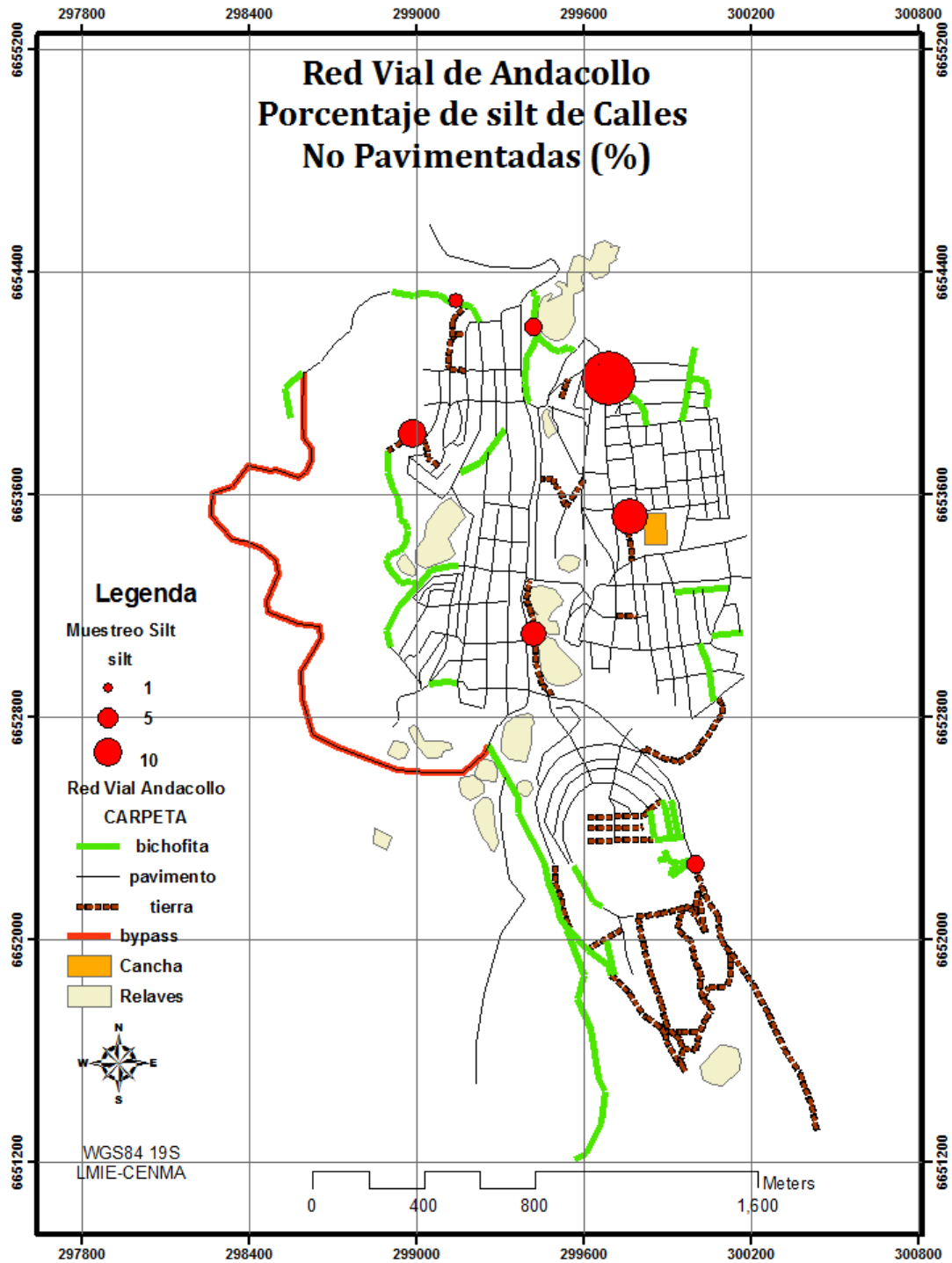


Figura 3-10. Carga de Silt en Calles No Pavimentadas de Andacollo (%).

3.1.1.8 Resultado de emisiones vehiculares y de polvo resuspendido

Las emisiones estimadas se presentan en la Tabla 3-7 y Tabla 3-8, mientras que la distribución en las calles de Andacollo se puede observar en Figura 3-13. En total se estimaron 268.83 toneladas de MP10 para el año 2010, cuya distribución porcentual corresponde a una participación de las calles pavimentadas del 25%, seguida por las calles tratadas con Bischofita con 26%, mientras que las calles de tierra contribuyen en un 49%. En la estimación se consideró la influencia de 7 días de lluvia con precipitaciones por sobre 0.254 mm por día.

Tabla 3-7. Emisiones de MP10 Vehiculares y de Caminos de Andacollo 2010 (Ton/año)

Carpeta	PR MP10	TE MP10	DF MP10	DN MP10	MP10 total	VKM AÑO
Bischofita	71.07	0.06	0.01	0.01	71.14	475765
Pavimento	65.11	0.94	0.21	0.12	66.39	12504627
Tierra	131.17	0.11	0.02	0.01	131.3	862485
Total general	267.35	1.11	0.24	0.14	268.83	13842877

Fuente: Elaboración propia

Nota: PR: polvo resuspendido, TE: Tubo de escape, DN: Desgaste de neumáticos, DF: Desgaste de frenos, VKM: Vehículos-kilómetros.

Tabla 3-8. Emisiones de MP2.5 Vehiculares y de Caminos de Andacollo 2010 (Ton/año)

Carpeta	PR MP2,5	TE MP2,5	DF MP2,5	DN MP2,5	MP2,5 total	VKM AÑO
Bischofita	7.11	0.06	0.00	0.00	7.17	475765
Pavimento	9.34	0.87	0.09	0.09	10.38	12504627
Tierra	13.12	0.10	0.01	0.01	13.23	862485
Total general	29.57	1.03	0.10	0.10	30.78	13842877

Fuente: Elaboración propia

Nota: PR: polvo resuspendido, TE: Tubo de escape, DN: Desgaste de neumáticos, DF: Desgaste de frenos, VKM: Vehículos-kilómetros.

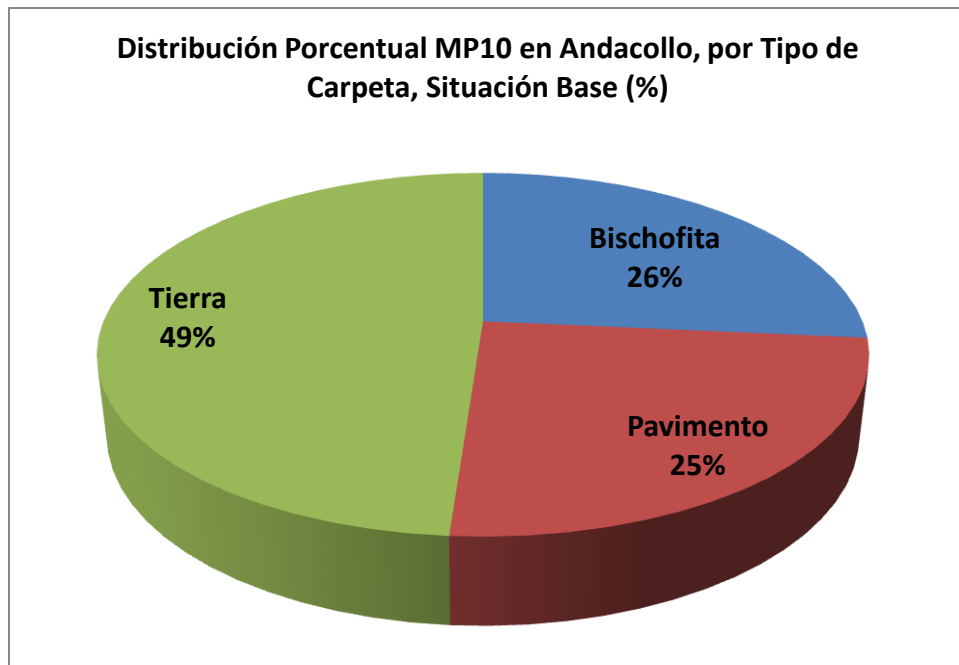


Figura 3-11. Distribución porcentual de las emisiones de MP10 según carpeta.

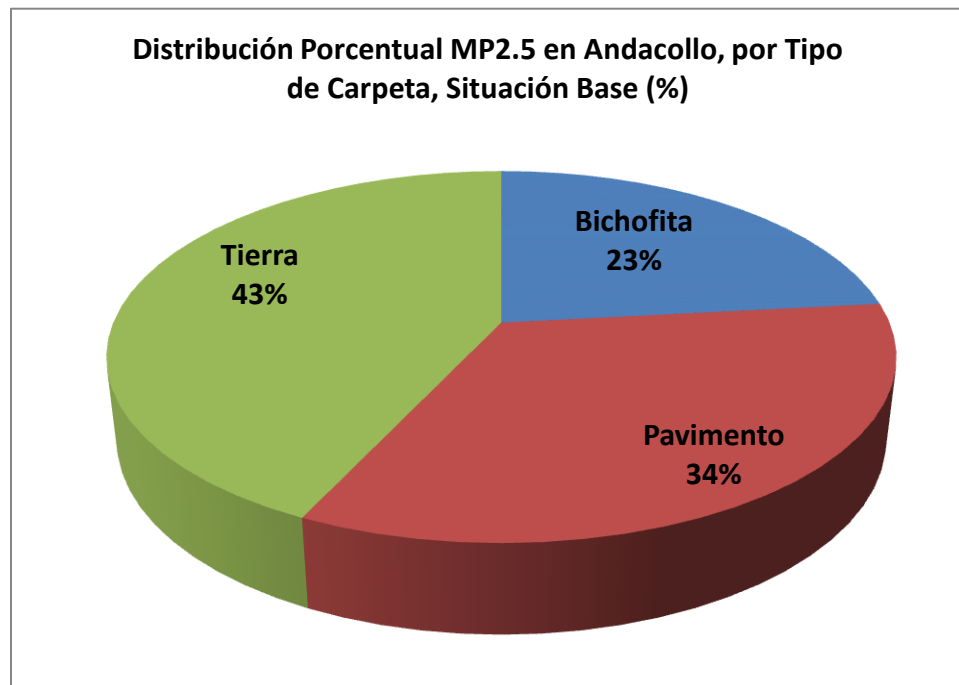


Figura 3-12. Distribución porcentual de las emisiones de MP2.5 según carpeta.

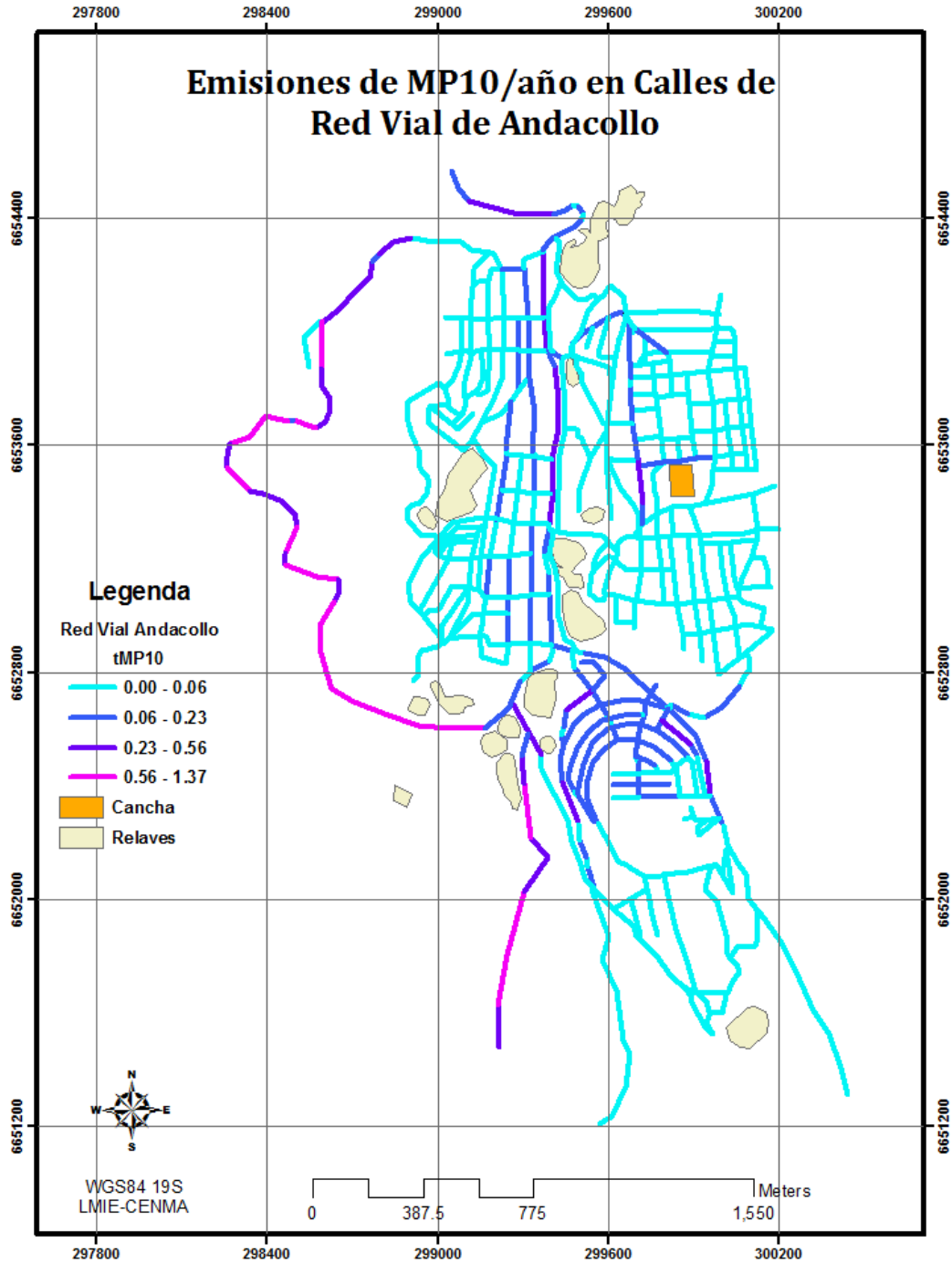


Figura 3-13. Emisiones de MP10 en calles de Red de Andacollo (t/año).

3.1.2 Inventario de Emisiones de polvo erosionado de relaves

Se realizó la estimación de las emisiones asociadas a la erosión eólica de los relaves presentes en la ciudad de Andacollo, las que consisten en:

- Emisiones de polvo por erosión eólica de relaves.

3.1.2.1 Metodología de Trabajo

La metodología de trabajo incluyo las siguientes actividades:

- **Visita preliminar a la zona de estudio (8 y 9 de Noviembre del 2010):** La visita de reconocimiento permitió identificar las principales vías de circulación, características de las calles, y principales fuentes emisoras. Esta información permitió realizar la planificación de las campañas en terreno.
- **Campaña de determinar el contenido de polvo fino (Silt) de Relaves 20 a 21 de Enero 2011):** El levantamiento de las muestras en relaves se realizó por barrido. Las muestras fueron preservadas y llevadas al laboratorio de CENMA para su análisis.

3.1.2.2 Metodología de estimación de emisiones de polvo por erosión eólica de relaves

La metodología empleada en la estimación de emisiones de polvo desde relaves, correspondió a la indicada por EPA en el capítulo 13.2.5 Industrial Wind Erosion, del AP42.

La metodología fue desarrollada para estimar emisiones de pilas de material, pero puede ser utilizada en la estimación de otros tipos de fuentes afectadas por erosión eólica como son los relaves. Los estudios realizados durante el desarrollo de la metodología identificaron que la emisión se producía en un corto período de tiempo, debido a ráfagas de viento que levantaban el material fresco depositado en la pila. Se observó que esta emisión era de tiempo limitado y no se volvía a producir hasta que la pila no fuese nuevamente intervenida o cargada. Si la pila o en este caso el relava, no es intervenido, la humedad de la noche tiende a cementar la superficie, no produciéndose nuevas emisiones a menos que la pila se intervenga de nuevo, por ejemplo, debido a circulación peatonal o vehicular sobre el mismo.

Por otra parte, la velocidad a la cual el material comienza a ser arrastrado por el viento depende de su granulometría, siendo más fácil levantar material de menor granulometría. La velocidad a la cual un material específico puede comenzar a ser removido y emitido por acción del viento se conoce como umbral de velocidad de fricción.

La emisión se calculó utilizando la Ecuación 3-9:

$$FE = k \sum_{i=1}^N P_i \quad \text{Ecuación 3-9}$$

Donde:

FE : Factor de emisión [g/m^2] del contaminante considerado para el período i entre perturbaciones.

P : Potencial de erosión correspondiente a la ráfaga de viento observada (o probable) para el período i entre perturbaciones.

N : Número de perturbaciones por año.

k : Factor del tamaño de la partícula. Para MP10 $k= 0.5$ y para MP2.5 $k = 0.075$.

La expresión para calcular el potencial de erosión P es la siguiente:

$$P = 58 * (u^* - u_t^*)^2 + 25 * (u^* - u_t^*) \quad \text{Ecuación 3-10}$$

Donde:

u^* : Velocidad de fricción (m/s).

u_t^* : Umbral de velocidad de fricción (m/s).

$$P = 0 \text{ si } u^* \leq u_t^*$$

3.1.2.3 Resultado de estimación de emisiones de polvo por erosión eólica de relaves

Para determinar umbral de velocidad de fricción, se tomaron muestras de los relaves de Andacollo con el fin de determinar dicha magnitud a partir de la granulometría presentada por el material de que están conformados los relaves, los resultados de análisis granulométrico se observan en la Tabla 3-9 a Tabla 3-11. Siguiendo el procedimiento indicado por EPA, se determinó donde se ubicaba la moda del la granulometría del material y a través de una gráfico se determinó el umbral de velocidad de fricción para cada muestra analizada obteniéndose valores de 0.5 m/s, 0.25 m/s y 0.25 m/s, respectivamente. Para el resto de los relaves se asumió un promedio de los valores obtenidos.

Respecto a las perturbaciones sufridas por los relaves, se asumieron doce perturbaciones por mes $N=12$.

Los datos de velocidad del viento, necesario para determinar las ráfagas de viento en la zona fueron obtenidos a partir de la Red SIVICA.

Algunos relaves que se encontraban muy juntos se consideraron como la suma de sus partes.

La emisión estimada para el total de relaves fue de 168 Ton/año.

Tabla 3-9. Análisis Granulométrico de Polvo de Relave 1

Muestra		REL 1						
Masa Muestra	322.47							
Tamiz	5	10	18	35	60	200	Fondo	% Recuperación
Masa Tamiz (g)	377.42	368.21	337.41	322.7	312.7	294.18	247.15	99.28
Masa Tamiz + Muestra (g)	399.6	396.02	365.4	437.88	381.02	343.98	256.02	
Masa Muestra	22.18	27.81	27.99	115.18	68.32	49.80	8.87	
% Muestra en Tamiz (g)	6.88	8.62	8.68	35.72	21.19	15.44	2.75	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-10. Análisis Granulométrico de Polvo de Relave 2

Muestra		REL 2						
Masa Muestra	580.07							
Tamiz	5	10	18	35	60	200	Fondo	% Recuperación
Masa Tamiz (g)	377.41	368.20	337.41	322.7	312.5	294.17	247.17	99.12
Masa Tamiz + Muestra (g)	400.04	398.25	392.84	400.85	429.54	474.25	338.78	
Masa Muestra	22.63	30.05	55.43	78.15	117.04	180.08	91.61	
% Muestra en Tamiz (g)	3.90	5.18	9.56	13.47	20.18	31.04	15.79	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-11. Análisis Granulométrico de Polvo de Relave 3

Muestra		REL 3						
Masa Muestra	440.15							
Tamiz	5	10	18	35	60	200	Fondo	% Recuperación
Masa Tamiz (g)	377.42	368.21	337.41	322.7	312.7	294.18	247.15	99.38
Masa Tamiz + Muestra (g)	398.28	397.86	378.97	409.77	389.94	371.47	350.88	
Masa Muestra	20.86	29.65	41.56	87.07	77.24	77.29	103.73	
% Muestra en Tamiz (g)	4.74	6.74	9.44	19.78	17.55	17.56	23.57	

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Inventario de emisiones de la ciudad de Andacollo 2010

3.1.3.1 Escenario base de emisiones

El inventario de emisiones de la ciudad de Andacollo contó con la estimación de las emisiones de fuentes móviles y de relaves. Por su escaso aporte las emisiones de las fuentes estacionarias restantes se asumieron sin variabilidad, considerando las residenciales, industriales (panaderías y planta de algas) y el vertedero⁸, los

⁸Los valores de Industriales, Residenciales y Vertedero provienen de Panaderías, Residenciales provienen del “Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”, GEOAIRE 2010.

resultados obtenidos se observan en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12. Inventario de Emisiones de Andacollo 2010, Situación Base (Ton/año)

Inventario Andacollo 2010, Escenario Base		MP10
Vehiculares	Tubo de escape	1.11
	Desgaste de frenos	0.24
	Desgaste de neumáticos	0.14
	Polvo resuspendido	267.35
Industriales	Industriales	2.39
Vertedero	Vertedero	14.97
Residenciales	Residenciales	5.74
Relaves	Relaves	168.00
Total		459.94

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2 Escenario con medidas

El escenario con medidas consideró la aplicación de Bicshofita en todas las calles no pavimentadas de la ciudad de Andacollo y aplicación de un estabilizador de los relaves para impedir la erosión eólica, las emisiones resultantes se muestran en la Tabla 3-13.

Tabla 3-13. Inventario de Emisiones de Andacollo 2010, Escenario con Medidas (Ton/año)

Inventario Andacollo 2010, con Medidas		MP10
Vehiculares	Tubo de escape	1.11
	Desgaste de frenos	0.24
	Desgaste de neumáticos	0.14
	Polvo resuspendido	206.11
Industriales	Industriales	2.39
Vertedero	Vertedero	14.97
Residenciales	Residenciales	5.74
Relaves	Relaves	0.00
Total		230.7

Fuente: Elaboración propia

3.2 Inventario de Compañías Mineras

3.2.1 Metodología de Estimación de Emisiones de Compañías Mineras

La metodología para evaluar los impactos potenciales sobre la calidad del aire de emisiones de material particulado por actividades mineras, se desarrolló mediante análisis de información entregada por cada una de las empresas para los escenarios definidos, la utilización de la planillas de cálculo parametrizadas según el nivel de actividad, permitió la cuantificación de diversos escenarios de emisiones y la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes.

La recolección de antecedentes se realizó a través de la contraparte, con quienes se acordó que dado los plazos finales del estudio, sería conveniente utilizar información año base 2010, por ser la más actualizada y la que consideraba una serie de medidas de mitigación de emisiones realizadas en la ciudad de Andacollo, consistente en la aplicación de bischofita, riego y limpieza de caminos. Para tal efecto la contraparte envió oficios de solicitud de información a las compañías mineras, detallando la información necesaria que debía ser prestada para el estudio.

A partir de estos, se identificaron los procesos emisores y se calculó el inventario de emisiones, el cual estimó las emisiones a través de un balance de masa del proceso, considerando la extracción diaria de mineral y estéril desde los diferentes rajos y la remoción a las plataformas, descarga en chancadores y diversos botaderos.

Todas las emisiones de los procesos corresponden a emisiones tipo fugitivas, donde los factores de emisión usados, las aproximaciones en niveles de actividad y la eficiencia asumida de medidas de mitigación tienen una incertidumbre importante. Por ello, los resultados iniciales fueron ponderados con factores de ajuste obtenidos a partir del modelo de dispersión Calmet – Calpuff y mediciones de MP10 de las estaciones de monitoreo. El ejercicio iterativo de revisión y ajuste de inventario permite corregir la elección de factores de emisión por otros más representativos de la operación minera y corregir la estimación inicial de emisiones.

En general, la explotación minera a rajo abierto se separa en dos procesos: Línea de Retiro de Lastre y Línea de Extracción de Mineral para cada fase identificada.

Estas líneas de procesos consideran las siguientes actividades generadoras de emisiones a la atmósfera según la ubicación geográfica en que se desarrollan, presentadas en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14. Actividades Emisoras Según Ubicación Geográfica

Lugar geográfico	Nombre	Actividades
Rajo	Línea de lastre	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de bancos • Perforación • Tronadura • Acomodación de lastre • Carguío de camiones con lastre
	Línea de mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de bancos

Lugar geográfico	Nombre	Actividades
		<ul style="list-style-type: none"> • Perforación • Tronadura • Acomodación de mineral • Carguío de camiones con mineral
Depósitos de mineral	Transferencia de mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Tránsito de Camiones a traspaso de chancador o stock • Descarga a traspaso de chancador o stock • Regreso de Camiones desde chancador o stock
	Chancador	<ul style="list-style-type: none"> • Chancado primario de mineral • Chancado secuendario • Chancado terciario • Acopio de los chancadores y transporte
Depósitos de lastre	Transferencia de lastre	<ul style="list-style-type: none"> • Tránsito de camiones a Depósito • Descarga en Depósito • Regreso de Camiones desde Depósito • Acomodación de lastre en Depósito

Fuente: Elaboración propia

Otros procesos emisores como el tránsito de vehículos menores, servicios o maquinaria y la mantención de caminos, no se han considerado en el inventario de emisiones, ya que representan emisiones poco significativas respecto al total generado en la explotación minera.

Por otra parte, para la caracterización de las emisiones por los procesos, se aplicará la metodología usada en la elaboración de inventarios de emisiones en el país, basada en factores de emisión típicos para cada proceso emisor:

$$E_{Ti,j} = FE_{i,j} * NA_i * \left(1 - \frac{E_{ffj}}{100}\right)$$

donde $E_{Ti,j}$ son las emisiones del contaminante j desde el proceso i; $FE_{i,j}$ es el factor de emisión (tasa unitaria de emisión) del contaminante j en el proceso i, NA_i es el nivel de actividad de la fuente i (usualmente expresado en términos de masa o volumen de materias primas, combustibles o producción correspondiente a una fuente específica, o en términos de horas de funcionamiento o distancia recorrida, en caso de maquinarias y vehículos), y E_{ffj} es la eficiencia del equipo de control instalado en el proceso para controlar el contaminante j.

Los factores de emisión serán obtenidos de la literatura internacional, preferentemente de la publicación US EPA AP-42. Las ecuaciones predictivas de los factores de emisión utilizados para cada etapa del proceso se presentan en la Tabla 3-15 .

Tabla 3-15. Factores de Emisión Utilizados en Procesos Mineros

Fuente de emisión	Factor de emisión	Parámetros		Nivel de actividad	
		Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Transito por caminos no pavimentados	$Fe = 281.9 * k * \left(\frac{S}{12}\right)^{0.9} * \left(\frac{W}{3}\right)^{0.45}$	Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k: coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ ; k=1.5 s contenido de finos del camino (%) W Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t)	gr/veh-km	Total de kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día	Veh-km/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.2, ec.(1a)					
Tránsito por caminos pavimentados	$Fe = k * \left(\frac{Sp}{2}\right)^{0.65} * \left(\frac{W}{3}\right)^{1.5}$	Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ . k=4.6 (g/Km) Sp: Contenido de Silt del camino, partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 75 µm (g/m ²) W Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t)	gr/veh-km	Total de kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día	Veh-km/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.1					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-15 (Continuación)

Fuente de emisión	Factor de emisión			Parámetros		Nivel de actividad	
				Descripción	Unidad	Descripción	Unidad
Transferencia de material (carga y descarga)	$Fe = 0.0016 * k * \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$			Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ k Coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ k=0.35 U Velocidad del viento (m/s) M Contenido de humedad (%)	Kg/Ton de material transferido	Toneladas de material transferidas en un día	Ton/día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.4.1							
Descarga en planta	$Fe = f * 0.0029 * \frac{d^{0.7}}{M^{0.3}}$			Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.75 d: altura de descarga (m) M: Contenido de humedad (%)	Kg/m ³	Volumen de material descargado	m ³ /día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2							
Tronadura	$Fe = f * 0.00022 * A^{1.5}$			Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.52 A: area a tronar (m ²)	Kg/tronadura	Nº de tronadura	Tron. /día
Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2							
Chancadores	Tipo chancador	Fe	Fe_cont	Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ Fe_cont: Factor de emisión de MP ₁₀ controlado	Lbs/ton de material transferido	Toneladas de material cargadas en un día	Ton/día
	Primario SCC 3-05-020-01	0.00071	0.0000355				
	Secundario SCC 3-05-020-01	0.0024	0.00054				
	Terciario SCC 3-05-020-01	0.0024	0.00054				
Environmental Protección Agency USA (EPA), Stone processing operations, January 3, 2005.							

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los chancadores, se complementaran los factores de emisión de material particulado MP10 con el documento “Stone processing operations” de la EPA (fecha 3 de Enero de 2005) y para los factores de MP2.5 faltantes se utilizará una proporción basada en el MP10.

3.2.2 Inventario de Emisiones Compañía Minera Dayton

3.2.2.1 Descripción del proceso

Según la información recopilada en DIA⁹, Compañía Minera Dayton Sociedad Contractual Minera ha realizado la explotación de recursos en los siguientes rajos:

- Socorro, Natalia
- Toro Cabañas
- Tres Perlas Oeste
- Tres Perlas
- Churumata
- Chisperos
- Las Loas

En la actualidad se encuentran en explotación los cuatro últimos rajos y el beneficio de los minerales se realiza en Pila de Lixiviación por cianuración.

La explotación de minerales se realiza mediante el método de rajo abierto, utilizando equipos convencionales, a partir de los resultados de los análisis del material obtenido de la perforación de pozos, la roca tronada se clasifica como mineral o estéril y posteriormente se transporta hacia la planta de procesos o se deposita en los botaderos de estéril.

La planta de procesos corresponde a una planta de lixiviación de oro con soluciones de cianuro, el beneficio de los minerales se inicia en una planta de chancado de tres etapas, cuyo producto es un material con un tamaño inferior a 3/8”. En la descarga final del chancador terciario se agrega cal para alcanzar un pH = 11 en la etapa de lixiviación. El mineral chancado se transporta sobre correas y se dispone en las canchas de lixiviación mediante un alimentador móvil.

Las instalaciones de pila existentes en la actualidad contienen el mineral beneficiado en las Fases I a III, que ha alcanzado la configuración final de la pila y en la actualidad se encuentra en etapa de cierre.

Durante la etapa de operación, la pila se va construyendo en etapas, el mineral dispuesto en las pilas se riega con una solución compuesta por Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio. La solución que percola a través del mineral disuelve el contenido de oro y plata, drena por la base de la pila y se capta por un sistema de recolección de soluciones. La solución conteniendo oro y plata disueltos, escurre por gravedad hasta el circuito de adsorción para recuperar los metales preciosos. La solución se hace

⁹ Declaración de Impacto Ambiental de Andacollo Oro, Proyecto Desarrollo Fase IV”, preparada por Vector Chile Ltda para Compañía Minera Dayton, Abril de 2005

pasar por columnas rellenas con carbón activado, el que adsorbe el oro y plata extrayéndolo desde la solución. Posteriormente, el carbón cargado se somete a una etapa de desorción, desde donde se produce una solución rica en contenidos de oro y plata, la cual es conducida a la etapa de refinación. La solución empobrecida que se produce en el circuito de adsorción se recircula hacia las pilas de lixiviación, pero previamente se prepara agregando cianuro.

La etapa de refinación consiste en la recuperación de oro y plata mediante electro obtención. Los metales depositados sobre cátodos compuestos de lana de acero, son descargados mediante agua a presión. El barro obtenido desde el fondo de las celdas electrolíticas es desaguado y filtrado y posteriormente sometido a un proceso de secado y fusión, obteniendo como producto final barras de metal doré.

Para efectos de elaborar el Inventario de Emisiones, se identificaron las siguientes minas en superficie, las cuales depositan el mineral y el estéril en diferentes lugares según la planificación minera, estas se presentan en la Tabla 3-16.

Tabla 3-16. Identificación de Zonas de Explotación Minera en Superficie

Rajo	Mineral	Estéril
CHI_1: Chisperos Fase I	Planta	Botadero Socorro Sur
CHU_4: Churumata Fase IV	Planta Stock A(D) Stock C(D)	Botadero Natalia Botadero Socorro Sur
CHU_4-N: Churumata Fase 4 Norte?	Planta	Botadero Carmen Botadero cvegetal (¿Sauce) Botadero Socorro Sur
LL_2: Las Loas Rajo 2	Planta Stock Stock A Stock A(L) Stock B Stock B(L) Stock C Stock C(L)	Botadero Las Loas Este Botadero Las Loas Norte Botadero Las Loas Sur Oriente
LL1_F1: Las Loas Fase 1	Planta Stock Stock A Stock A(L) Stock B Stock B(L) Stock C Stock C(L)	Botadero Las Loas Este Botadero Las Loas Norte Botadero Las Loas Sur Oriente
LL1_F2: Las Loas Fase 2	B.LL-ESTE B.LL-NORTE B.LL-SUR_W PLANTA STOCK STOCKA STOCKA(L) STOCKB STOCKB(L) STOCKC	

Rajo	Mineral	Estéril
	STOCKC(L)	
STOCK	PLANTA STOCKA	
TP_4: Tres Perlas Fase 4	B.NATALIA PLANTA STOCKA STOCKA(D) STOCKB STOCKB(D) STOCKC STOCKC(D)	

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 Niveles de actividad

A partir de la documentación entregada “Estadísticas Mina.xlsx” se obtienen los siguientes niveles de actividad, referidos a movimiento de material mensual que se muestra en la Tabla 3-17 y el flujo de camiones mineros en la Tabla 3-18 .

Tabla 3-17. Nivel de Actividad: Movimientos de Material de Dayton por Origen/Destino Mensual, Año 2010

Origen/Destino	Cantidad de material removido por mes (Ton/mes)												Cantidad de material (Ton/año)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
CHI_1/B.SOCSUR									20256	32			20288	
CHI_1/PLANTA									6208				6208	
CHU_1/B.CARMEN							0						0	
CHU_2/B.CARMEN							0						0	
CHU_4/B.NATALIA				800									800	
CHU_4/B.SOCSUR				0	33728								33728	
CHU_4/PLANTA					6880								6880	
CHU_4/STOCKA(D)					352								352	
CHU_4/STOCKC(D)					448								448	
CHU_4-N/B.CARMEN										39712	15894	4	222705	421361
CHU_4-N/B.CVEGETAL								10368	12832					23200
CHU_4-N/B.LL-CVEG								3168						3168
CHU_4-N/B.NORTE												7490		7490
CHU_4-N/B.SOCSUR								75488	18144	25110	10332	8	114030	725390
CHU_4-N/PLANTA								5856	31104	49600	45472	32410		164442
CHU_4-N/STOCKA										3072	3584	385		7041
CHU_4-N/STOCKB										2112	5984	4235		12331
CHU_4-N/STOCKC										4896	12736	8155		25787
LA PLATA/PLANTA		0	0											0
LA PLATA/STOCK			0											0
LL_2/B.LL-ESTE	14977	79938	14292	20567	14864	99028	12283	84376	19239	22176	1225	26637		967679
LL_2/B.LL-NORTE	4550	1172	3707	17204	11680	13547	16288	94978	14553	24968	10831	63888	1	1104205
LL_2/B.LL-SUR_W	15333	16565	6150	875	4718		897		2625		7508	1477		56148
LL_2/PLANTA	608	8565	12591	5451	11673	6826	14237	10599	10857	11048	5700	6640		104795
LL_2/STOCKA	8960	3296	9954	5599	12048	10236	12300	12580	11504	8808	4172	3561		103018
LL_2/STOCKA(L)				11455	4663	4901	2446	534						23999

Origen/Destino	Cantidad de material removido por mes (Ton/mes)												Cantidad de material (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LL_2/STOCKB	274	4235	4517	3820	3493	3495	3522	1971	2173	1305			28805
LL_2/STOCKB(L)				6073	3360	1895	537	2300	96				14261
LL_2/STOCKC	864	1120	608	832	6349	4791	5258	1356	5513	3074	516		30281
LL_2/STOCKC(L)				2105	1908	1561	3877	2022	628				12101
LL1_F1/B.LL-ESTE	1425	20442	2787	1900	32236	18847	4791	400	5305			11025	99158
LL1_F1/B.LL-NORTE	58475 0	48086 5	42401 7	29540 6	19544 4	20538 1	16448 6	92171	50145	14529	14558		2521752
LL1_F1/B.LL-SUR_W	6598	2774		6178	15997 1	58401			275				234197
LL1_F1/B.NORTE		4314											4314
LL1_F1/B.SOCSUR					2050								2050
LL1_F1/PLANTA	70254	32341	34834	13874	10377	3130	13279	5512	448	352			184401
LL1_F1/STOCK				1028									1028
LL1_F1/STOCKA	34894	29409	24712	19290	10100	2528	11533	4744	125				137335
LL1_F1/STOCKA(L)				13746	6477	5493	1502	707					27925
LL1_F1/STOCKB	10365	11946	13951	10343	5094	1037	2711	5430	288				61165
LL1_F1/STOCKB(L)				8260	3934	2155	1098	2083					17530
LL1_F1/STOCKC	5707	7264	8313	4068	2193	32	5078	1494	299	3652			38100
LL1_F1/STOCKC(L)				3090	3643	3390	1057	1403					12583
LL1_F2/B.LL-ESTE	5402	16377	5375	23310		43000	80759	93996	26559 4	20368 0	19011 4	194591	1122198
LL1_F2/B.LL-NORTE	8007	7459	825	2497	525	54103	17330 3	27655 2	28417 8	19598 9	26041 0	174888	1438736
LL1_F2/B.LL-SUR_W	17765 9	90440	78116	19881 9	875	11501 6	20113 1	31076 9	21365 2	33163 7	27728 2	353516	2348912
LL1_F2/PLANTA	249	2144	1062	768		7013	5446	10655	5928	7355	18640	18931	78191
LL1_F2/STOCK								164					164
LL1_F2/STOCKA	1829	1093	125	64		3827	6498	7917	3481	9896	17924	12256	64910
LL1_F2/STOCKA(L)				1716		532	634	625	192		616		4315
LL1_F2/STOCKB	1120	520		992		217	4574	4575	3064	6794	4148	7020	33024
LL1_F2/STOCKB(L)				2076			128	375	607	352			3538
LL1_F2/STOCKC	1914	641	100			345	4467	3845	2751	8583	12594	10607	45847

Origen/Destino	Cantidad de material removido por mes (Ton/mes)												Cantidad de material (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LL1_F2/STOCKC(L)				242		495	1638	2265	1589		288		6517
STOCK/PLANTA	68897	68727	64868	97477	59344	56916	76728	56045	32204	60213	68913	70378	780710
STOCK/STOCKA			256			225							481
TP_4/B.NATALIA			67087	12409 6	87872	10898 3	19169	20931 2	13494 4	11187 2	18291 2	137550	1183797
TP_4/PLANTA			16560	30656	20832	18881	2698	42048	36640	22208	19296	27300	237119
TP_4/STOCKA			1398	128			150			960	1408	735	4779
TP_4/STOCKA(D)					96	25	100						221
TP_4/STOCKB			1121			450	2260			608	3264	2100	9803
TP_4/STOCKB(D)						32		576					608
TP_4/STOCKC			1008			1149	839		192	5888	6496	11375	26947
TP_4/STOCKC(D)					256	1663	514	224	1024				3681
Total general	1024636	891647	926969	1119917	956389	981477	1115365	1439483	1492937	1631194	1536343	1523885	14640242

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-18. Nivel de Actividad: Número de viajes en Dayton por Origen/Destino Mensual, Año 2010

Origen/Destino	Flujo de camiones por mes (N° camiones/mes)												Flujo de camiones Año 2010 (N°camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
CHI_1/B.SOCSUR									447	1			448
CHI_1/PLANTA									137				137
CHU_1/B.CARMEN							11						11
CHU_2/B.CARMEN							17						17
CHU_4/B.NATALIA				25									25
CHU_4/B.SOCSUR				74	1392								1466
CHU_4/PLANTA					292								292
CHU_4/STOCKA(D)					11								11
CHU_4/STOCKC(D)					14								14
CHU_4-N/B.CARMEN										1308	4967	6934	13209
CHU_4-N/B.CVEGETAL								324	401				725
CHU_4-N/B.LL-CVEG								99					99
CHU_4-N/B.NORTE												214	214
CHU_4-N/B.SOCSUR								2950	6548	8983	6196	3258	27935
CHU_4-N/PLANTA								219	1113	1781	2188	1001	6302
CHU_4-N/STOCKA										96	112	11	219
CHU_4-N/STOCKB										66	187	121	374
CHU_4-N/STOCKC										153	398	233	784
LA PLATA/PLANTA		13	133										146
LA PLATA/STOCK			138										138
LL_2/B.LL-ESTE	723	2964	5336	7829	4079	5102	4749	3139	-1083	819	49	942	34648
LL_2/B.LL-NORTE	182	41	148	661	4424	4989	5665	3322	5264	9289	4328	2168	40481

Origen/Destino	Flujo de camiones por mes (N° camiones/mes)												Flujo de camiones Año 2010 (N°camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LL_2/B.LL-SUR_W	503	601	225	35	182		30		105		274	49	2004
LL_2/PLANTA	19	274	395	171	163	335	443	197	257	527	221	218	3220
LL_2/STOCKA	280	103	315	180	408	326	387	401	363	283	133	115	3294
LL_2/STOCKA(L)				426	177	163	90	18					874
LL_2/STOCKB	9	133	144	122	112	116	114	64	26	41			881
LL_2/STOCKB(L)				225	119	73	17	92	3				529
LL_2/STOCKC	27	35	19	26	203	153	177	45	176	37	17		915
LL_2/STOCKC(L)				80	71	49	145	68	24				437
LL1_F1/B.LL-ESTE	57	809	93	69	1171	720	181	16	187			441	3744
LL1_F1/B.LL-NORTE	23724	18068	15252	11009	7502	7842	6202	3420	1982	561	535		96097
LL1_F1/B.LL-SUR_W	253	102		246	5943	2058			11				8613
LL1_F1/B.NORTE		172											172
LL1_F1/B.SOCSUR					82								82
LL1_F1/PLANTA	2498	968	1379	908	328	100	610	174	14	11			6990
LL1_F1/STOCK				33									33
LL1_F1/STOCKA	1097	928	809	605	320	79	372	150	5				4365
LL1_F1/STOCKA(L)				486	242	201	50	28					1007
LL1_F1/STOCKB	325	379	455	330	164	37	72	176	9				1947
LL1_F1/STOCKB(L)				301	140	68	40	71					620
LL1_F1/STOCKC	179	234	281	128	74	1	167	48	10	115			1237
LL1_F1/STOCKC(L)				111	124	123	35	48					441
LL1_F2/B.LL-ESTE	206	645	215	917		1615	2835	3368	9303	7261	6547	11884	44796
LL1_F2/B.LL-NORTE	313	295	33	94	21	2058	6161	9855	10036	7174	9309	6279	51628

Origen/Destino	Flujo de camiones por mes (N° camiones/mes)												Flujo de camiones Año 2010 (N°camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LL1_F2/B.LL-SUR_W	6879	3486	3110	10865	35	4415	8851	9594	7743	14182	9831	12478	91469
LL1_F2/PLANTA	8	67	38	24		221	175	338	187	225	600	992	2875
LL1_F2/STOCK								6					6
LL1_F2/STOCKA	60	37	5	2		122	207	259	109	318	596	404	2119
LL1_F2/STOCKA(L)				58		21	22	25	2		21		149
LL1_F2/STOCKB	35	18		31		7	146	148	101	226	134	229	1075
LL1_F2/STOCKB(L)				78			4	15	24	11			132
LL1_F2/STOCKC	62	22	4			11	149	123	91	282	415	347	1506
LL1_F2/STOCKC(L)				8		17	56	82	56		9		228
STOCK/PLANTA	2729	2746	2525	3538	2191	2084	2917	2113	1163	2278	2663	2807	29754
STOCK/STOCKA			8			9							17
TP_4/B.NATALIA			2353	3819	2393	4193	606	7074	4462	4020	5936	3616	38472
TP_4/PLANTA			516	943	566	699	49	1423	1214	833	640	638	7521
TP_4/STOCKA			45	4			6			30	44	21	150
TP_4/STOCKA(D)					3	1	4						8
TP_4/STOCKB			37			18	89			19	102	60	325
TP_4/STOCKB(D)						1		18					19
TP_4/STOCKC			35			44	33		6	184	203	325	830
TP_4/STOCKC(D)					8	64	26	7	32				137
Total general	40168	33140	34046	44461	32954	38135	41910	49517	50528	61114	56655	55785	538413

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3 Georeferenciación de fuentes

La ubicación espacial de fuentes de origen y destino se presenta en la Tabla 3-19 y se muestran en la Figura 3-14. Además está incluye los puntos de intersección entre caminos, que se luego se asociaran a tramos para estimar las emisiones por tránsito de camiones por caminos no pavimentados.

Tabla 3-19. Ubicación Espacial de Orígenes y Destinos

Identificación del punto	Coordenada UTM	
	Norte (m)	Este (m)
B NORTE	298297.438	6656248.251
B. CARMEN	296949.7079	6651912.636
B. Natalia	297651.6777	6653638.656
B.SOCORRO SUR	296260.4248	6651420.07
BOT ESTE	298086.2208	6655578.435
BOT SUR ORIENTE	297532.2001	6655827.404
CHI	296063.2644	6652458.107
CHU CHICA (N)	296767.9745	6652211.448
CHU GRANDE	297175.2054	6652663.527
LLF1	297552.5677	6656317.909
LLF2	298198.6853	6655354.067
PLANTA	297338.8089	6653190.851
STKA	297213.622	6653049.102
STKB	297200.0883	6653018.727
TPF4	297859.1684	6653316.697

Fuente: Elaboración propia

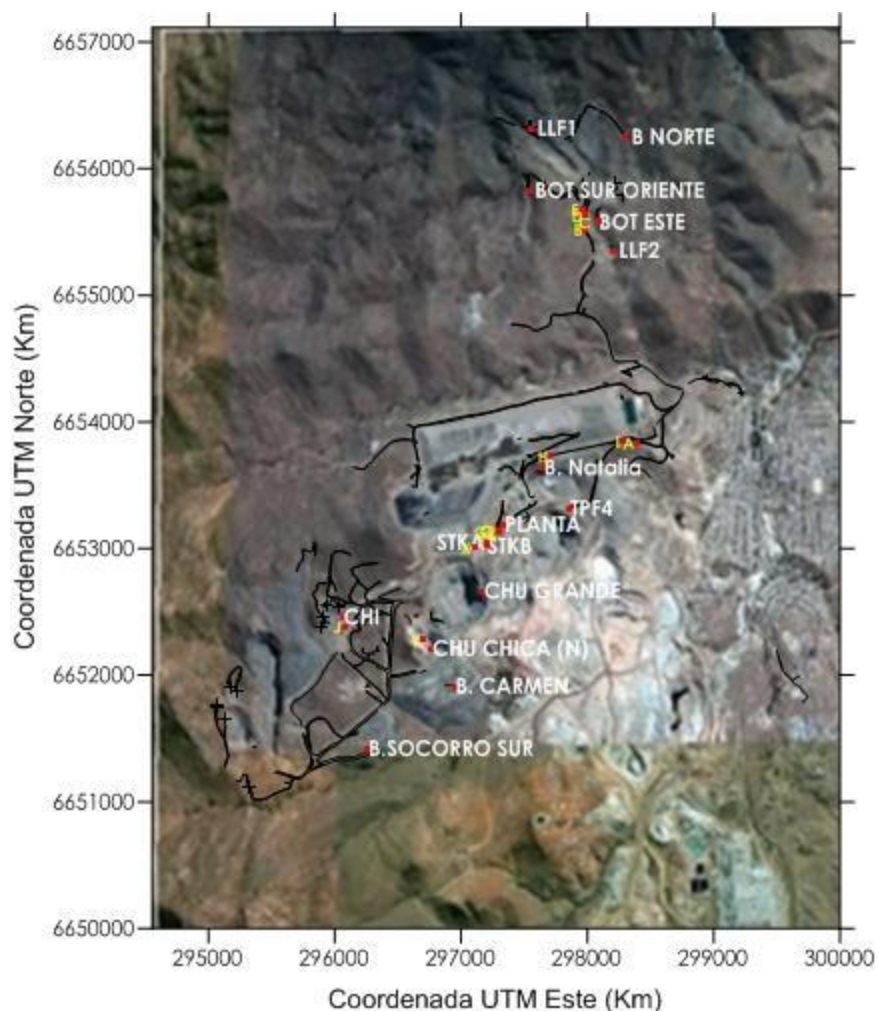


Figura 3-14. Ubicación de origen y destino en Dayton

Los caminos de tránsito de camiones fueron separados por sub-caminos con varios tramos independientes, para así estimar los aportes de cada origen/destino en cada tramo (arco), estos se presentan en la Tabla 3-20 con el correspondiente número de tramos para la modelación.

Tabla 3-20. Identificación de Caminos entre Orígenes y Destinos y Número de Tramos

Id-camino	Sub-camino	N° de tramos
C1	A-B	20
C11	STKA-STKB	1
C12	G2-STKA	1
C13	G-G2	1
C14	H-B. Natalia	3
C15	H-I	3
C16	I-A	2
C17	I-TPF4	9
C18	B-D	1
C19	D -E	1
C2	B-C	1

Id-camino	Sub-camino	N° de tramos
C20	H-G	14
C21	G-K	3
C22	K-J	9
C23	Y-B. CARMEN	16
C25	J-B.SOCORRO SUR	11
C26	J-Y	9
C27	K-CHU GRANDE	6
C29	CHI-J	7
C3	C-BOT ESTE	1
C4	C - LLF2	3
C5	D - B NORTE	15
C6	E- LLF1	7
C7	E- BOT SUR ORIENTE	15
C8	G2-PLANTA	2
C9	STKB-STKC	1
Total general		162

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.4 Definición de escenarios

Según lo reportado por la Compañía Dayton se considerará como Escenario Actual lo siguiente:

- En el tránsito de camiones por camino pavimentado desde portería hasta la bifurcación al camino de las Loas y como medida de mitigación a camino no pavimentado, bischofitado desde la entrada hasta las cercanías del chancadores y regado para el resto de caminos de tierra.
- En los chancadores que se encuentra cubiertos se utilizarán como factor de emisión el controlado.

El escenario sin medidas de mitigación considera:

- Todos los caminos de tierra sin mitigación.
- Se mantiene el camino externo pavimentado.
- Se considera chancadores no controlados.

El escenario con medidas de mitigación considera:

- Todos los caminos de tierra con un tratamiento (riego, bischofita, u otro) que asegure un nivel de 3.09 (%) en el contenido de silt.
- Se mantiene el camino externo pavimentado.
- Chancadores con control de emisiones (encapsulamiento y filtros).

En la Tabla 3-21 se muestran los contenidos de silt de los caminos en los tres escenarios considerados:

Tabla 3-21. Contenido de Silt Considerado en Escenarios de Inventario para Dayton

Escenario	Tipo camino	Contenido Silt	Unidad	Origen muestra
Actual	Tierra regada	7.9	(%)	Teck 1
	Tierra con Bischofita	6.09	(%)	Day 366
	Pavimentado	4.24	(g/m ²)	CP1
Sin Medidas	Tierra sin medidas	14.07	(%)	Promedio de muestras de tierra: M14,M15,M16,M12, M8,TECK3,DAY9
	Pavimentado	4.24	(%)	CP1
Con Medidas	Tierra con Bischofita	3.09	(%)	Promedio muestras bischofita: M17, M2, TECK350, DAY7
	Pavimentado	4.24	(g/m ²)	CP1

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.5 Resultados de inventario

A. Escenario Actual

En la Tabla 3-22 se presentan las emisiones estimadas para la Compañía Minera Dayton en el escenario Actual, las que corresponden a 736.85 Ton/año.

En

la

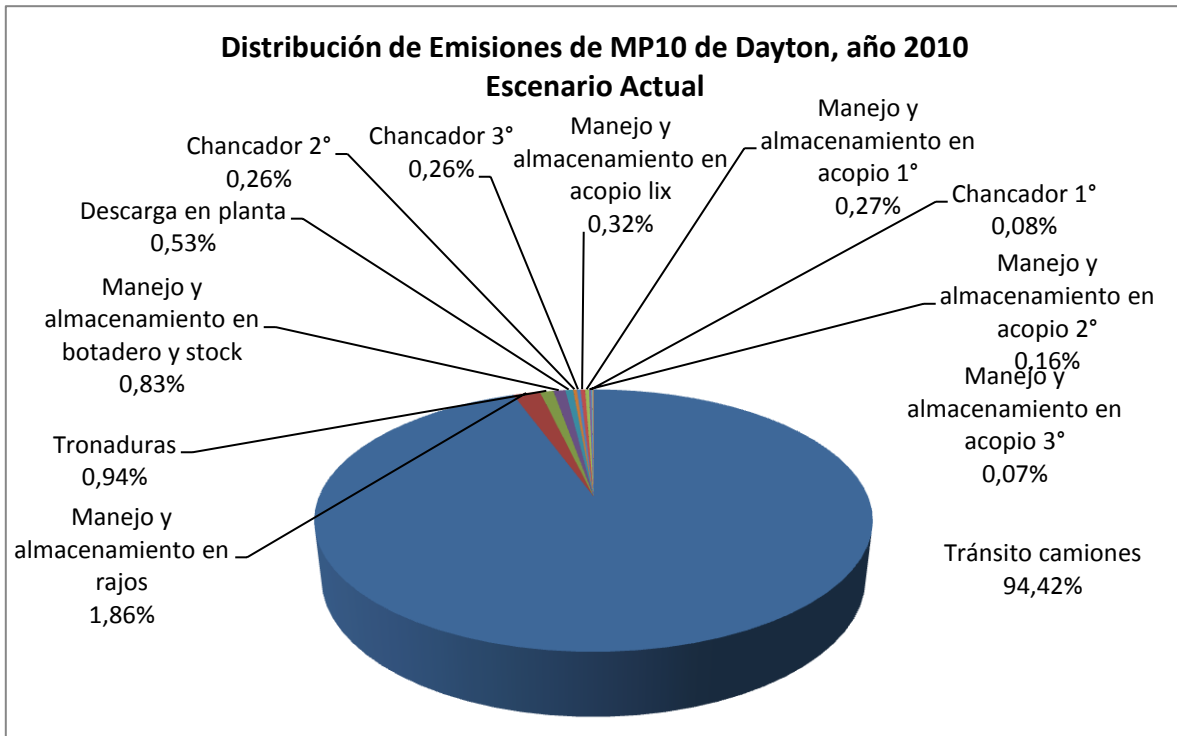


Figura 3-15 es posible observar que la mayor contribución porcentual de las fuentes consideradas correspondería al tránsito de camiones con un 94.42% del total de las emisiones estimadas, es importante considerar también que este tipo de emisiones se libera en forma continua durante todo el año. Por otra parte, los manejos en rajo, las

tronaduras y manejo en botadero, tendrían una participación de 1.86%, 0.94% y 0.83%, respectivamente.

Respecto a la distribución mensual de las emisiones durante el año 2010, en la Figura 3-16 se observa un comportamiento relativamente estable de las emisiones, con cierta tendencia a la baja a partir de febrero y un aumento a partir de julio hasta alcanzar un máximo de 80.56 Ton/mes en octubre, lo que es coincidente con el mes de mayor movimiento de material. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 80.56 Ton/mes) respecto al de menor emisión (junio con 48.56 Ton/mes) es de 32 Ton/mes, representando un aumento de un 65.90% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-22. Emisiones Estimadas de MP10 año 2010 para Dayton –Escenario Actual (Ton/mes)

Actividad	Emisiones de MP10 (Ton/mes)												Emisión de MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.45	0.40	0.47	0.42	0.50	0.46	0.49	0.51	0.73	0.88	0.75	0.87	6.93
Tránsito camiones	64.65	49.20	48.84	53.32	46.65	45.98	51.46	64.60	65.67	76.04	69.78	59.58	695.77
Manejo y almacenamiento en rajos	0.96	0.80	0.86	0.99	0.92	0.88	1.01	1.37	1.49	1.55	1.47	1.43	13.73
Manejo y almacenamiento en botadero y stock	0.44	0.35	0.36	0.44	0.41	0.40	0.46	0.61	0.66	0.70	0.65	0.64	6.12
Descarga en planta	0.35	0.28	0.33	0.37	0.27	0.23	0.28	0.33	0.31	0.38	0.40	0.39	3.92
Chancador 1°	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.56
Manejo y almacenamiento en acopio 1°	0.10	0.15	0.18	0.18	0.13	0.12	0.15	0.18	0.17	0.20	0.22	0.21	1.99
Chancador 2°	0.17	0.13	0.16	0.18	0.13	0.11	0.13	0.16	0.15	0.18	0.19	0.19	1.88
Manejo y almacenamiento en acopio 2°	0.06	0.09	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.11	0.10	0.12	0.13	0.13	1.20
Chancador 3°	0.17	0.13	0.16	0.18	0.13	0.11	0.13	0.16	0.15	0.18	0.19	0.19	1.88
Manejo y almacenamiento en acopio 3°	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.53
Manejo y almacenamiento en acopio lix	0.12	0.18	0.21	0.21	0.15	0.14	0.18	0.21	0.20	0.23	0.26	0.25	2.34
Total Emisión MP10	67.55	51.79	51.78	56.50	49.44	48.56	54.46	68.34	69.71	80.56	74.16	64.00	736.85

Fuente: Elaboración propia

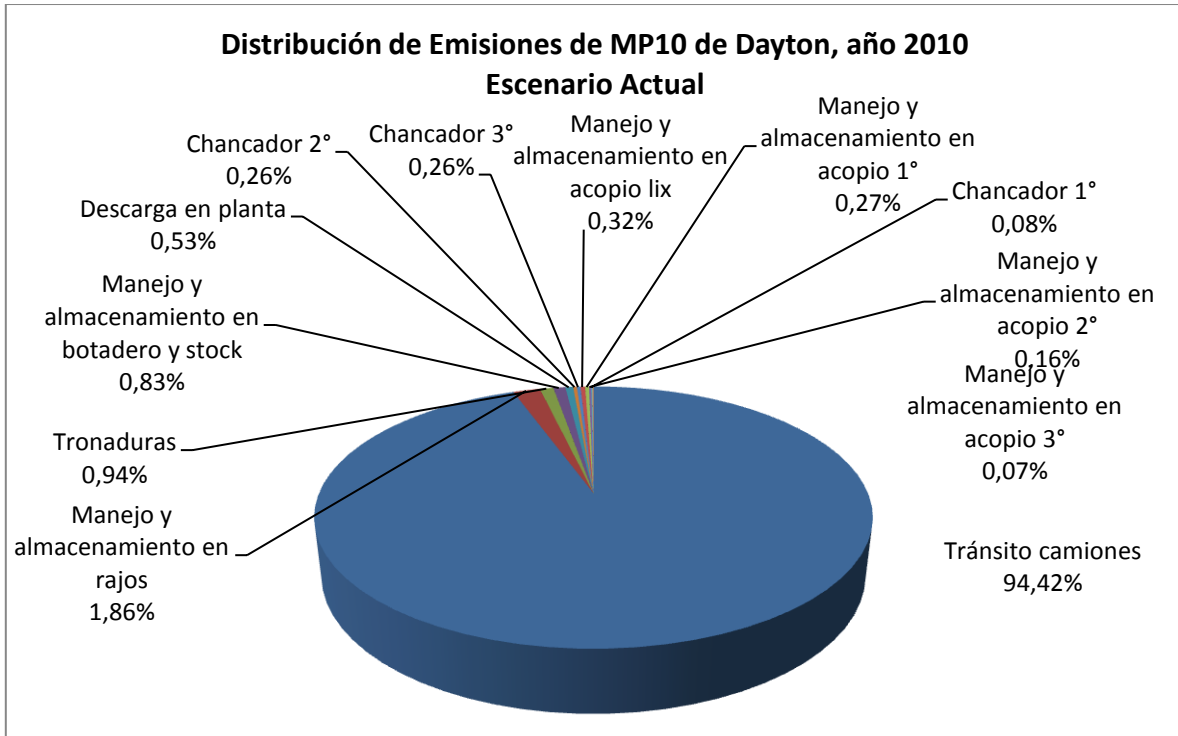


Figura 3-15. Distribución porcentual de emisiones de Dayton por tipo de fuente, año 2010 – Escenario Actual

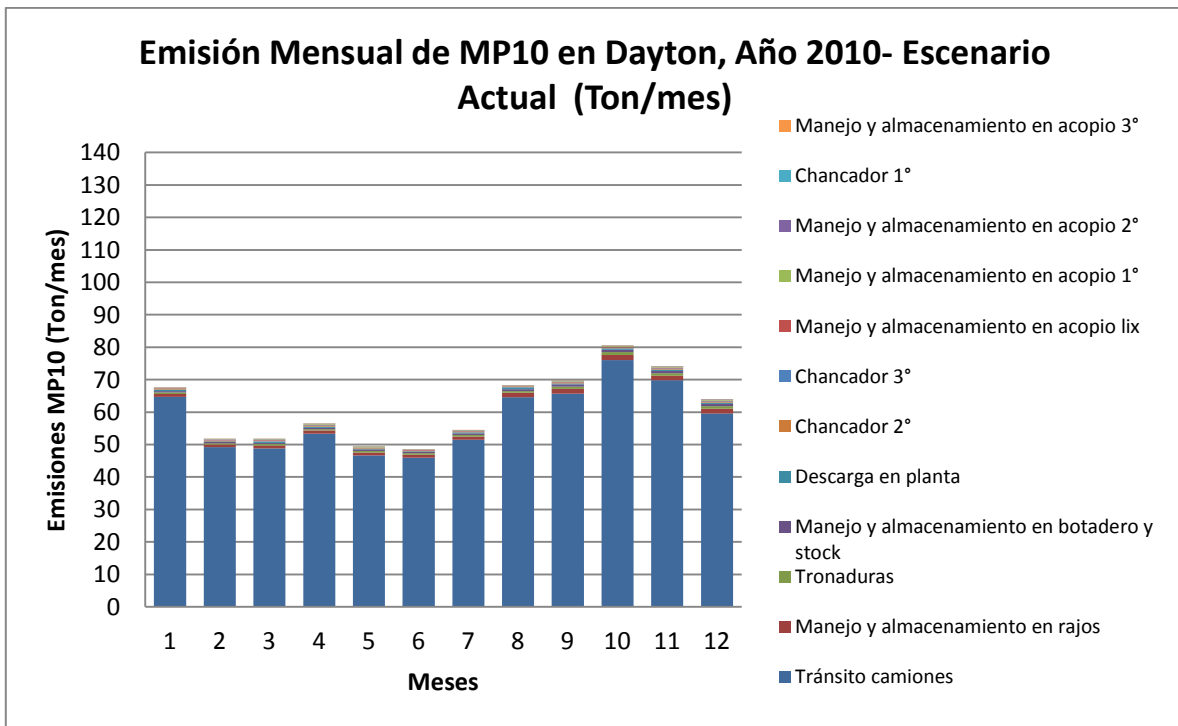


Figura 3-16. Emisión mensual de emisiones de Dayton, año 2010 – Escenario Actual

B. Escenario sin medidas de mitigación

En la Tabla 3-23 se presentan las emisiones estimadas para la Compañía Minera Dayton, las que constituyen un total de 1206 Ton/año.

En la Figura 3-17 es posible observar que la mayor contribución porcentual de las fuentes consideradas correspondería al tránsito de camiones con un 96.60% del total de las emisiones estimadas, es importante considerar también que este tipo de emisiones se liberan en forma continua durante todo el año.

Respecto a la distribución mensual de las emisiones durante el año 2010, esta se muestra en la Figura 3-16 con un comportamiento coincidente con el movimiento de materiales. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 37.8 Ton/mes) respecto al de menor emisión (junio con 132.05 Ton/mes) es de 52.13 Ton/mes, representando un aumento de un 65.22% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-23. Emisiones Estimadas de MP10 año 2010 para Dayton –Escenario Sin medidas de Mitigación (Ton/mes)

Actividad	Emisiones de MP10 (Ton/mes)												Emisión de MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.45	0.40	0.47	0.42	0.50	0.46	0.49	0.51	0.73	0.88	0.75	0.87	6.93
Tránsito camiones	107.43	81.78	81.67	89.44	78.16	77.34	85.71	108.94	110.35	127.53	117.40	100.07	1165.82
Manejo y almacenamiento en rajos	0.96	0.80	0.86	0.99	0.92	0.88	1.01	1.37	1.49	1.55	1.47	1.43	13.73
Manejo y almacenamiento en botadero y stock	0.44	0.35	0.36	0.44	0.41	0.40	0.46	0.61	0.66	0.70	0.65	0.64	6.12
Descarga en planta	0.35	0.28	0.33	0.37	0.27	0.23	0.28	0.33	0.31	0.38	0.40	0.39	3.92
Chancador 1°	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.56
Manejo y almacenamiento en acopio 1°	0.10	0.15	0.18	0.18	0.13	0.12	0.15	0.18	0.17	0.20	0.22	0.21	1.99
Chancador 2°	0.17	0.13	0.16	0.18	0.13	0.11	0.13	0.16	0.15	0.18	0.19	0.19	1.88
Manejo y almacenamiento en acopio 2°	0.06	0.09	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.11	0.10	0.12	0.13	0.13	1.20
Chancador 3°	0.17	0.13	0.16	0.18	0.13	0.11	0.13	0.16	0.15	0.18	0.19	0.19	1.88
Manejo y almacenamiento en acopio 3°	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.53
Manejo y almacenamiento en acopio lix	0.12	0.18	0.21	0.21	0.15	0.14	0.18	0.21	0.20	0.23	0.26	0.25	2.35
Total Emisión MP10	110.33	84.37	84.61	92.62	80.95	79.92	88.71	112.68	114.39	132.05	121.78	104.49	1206.91

Fuente: Elaboración propia

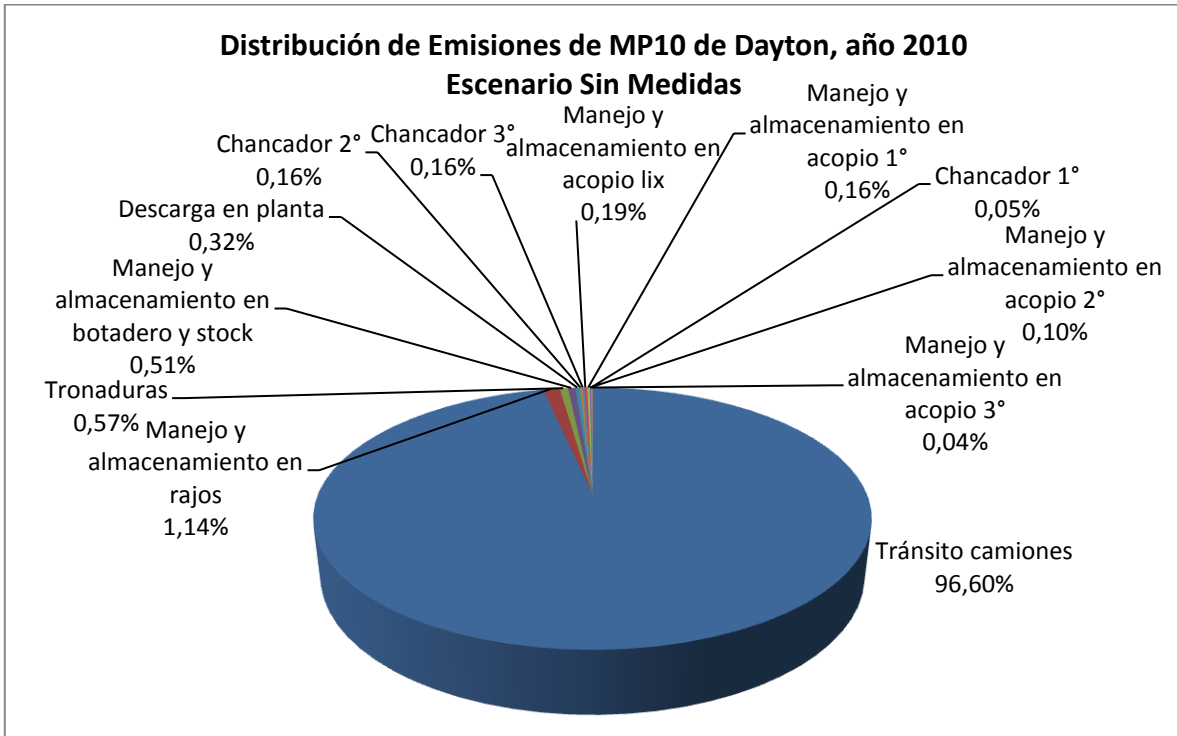


Figura 3-17. Distribución porcentual de emisiones de Dayton por tipo de fuente, año 2010 – Escenario Sin Medidas

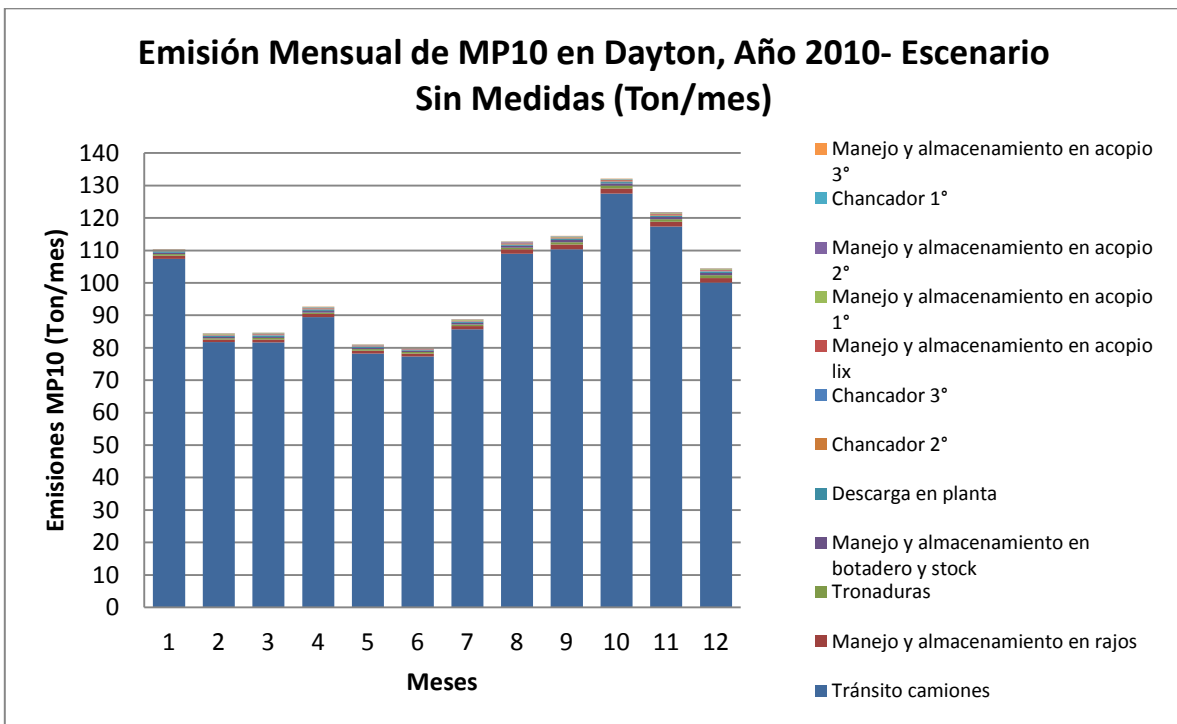


Figura 3-18. Emisión mensual de Dayton, año 2010 – Escenario Sin Medida

C. Escenario con medidas de mitigación

Aplicando las medidas de mitigación supuestas para Dayton, en la Tabla 3-22 se presentan las emisiones estimadas para la Compañía Minera Dayton, las que constituyen un total de 346.52 Ton/año.

En la Figura 3-19 es posible observar que el tránsito de camiones aporta con un 89.32 % al total de las emisiones estimadas. En la Figura 3-20 se observa la misma tendencia en la distribución mensual de las emisiones, observada en los otros escenarios analizados, debido a que está fuertemente asociada con el movimiento de material en la mina. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 37.8 Ton/mes) respecto al de menor emisión (junio con 22.81 Ton/mes) es de 14.57 Ton/mes, representando un aumento de un 63.9% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-24. Emisiones Estimadas de MP10 año 2010 para Dayton –Escenario Con medidas de Mitigación (Ton/mes)

Actividad	Emisiones de MP10 (Ton/mes)												Emisión de MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.45	0.40	0.47	0.42	0.50	0.46	0.49	0.51	0.73	0.88	0.75	0.87	6.93
Tránsito camiones	28.95	21.96	22.10	24.19	20.89	20.46	23.01	28.84	28.83	33.25	30.68	26.36	309.52
Manejo y almacenamiento en rajos	0.96	0.80	0.86	0.99	0.92	0.88	1.01	1.37	1.49	1.55	1.47	1.43	13.73
Manejo y almacenamiento en botadero y stock	0.44	0.35	0.36	0.44	0.41	0.40	0.46	0.61	0.66	0.70	0.65	0.64	6.12
Descarga en planta	0.35	0.28	0.33	0.37	0.27	0.23	0.28	0.33	0.31	0.38	0.40	0.39	3.92
Chancador 1°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Manejo y almacenamiento en acopio 1°	0.10	0.15	0.18	0.18	0.13	0.12	0.15	0.18	0.17	0.20	0.22	0.21	1.99
Chancador 2°	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
Manejo y almacenamiento en acopio 2°	0.06	0.09	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.11	0.10	0.12	0.13	0.13	1.2
Chancador 3°	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
Manejo y almacenamiento en acopio 3°	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.53
Manejo y almacenamiento en acopio lix	0.12	0.18	0.21	0.21	0.15	0.14	0.18	0.21	0.20	0.23	0.26	0.25	2.34
Total Emisión MP10	31.48	24.27	24.69	26.98	23.4	22.81	25.73	32.23	32.55	37.38	34.64	30.36	346.52

Fuente: Elaboración propia

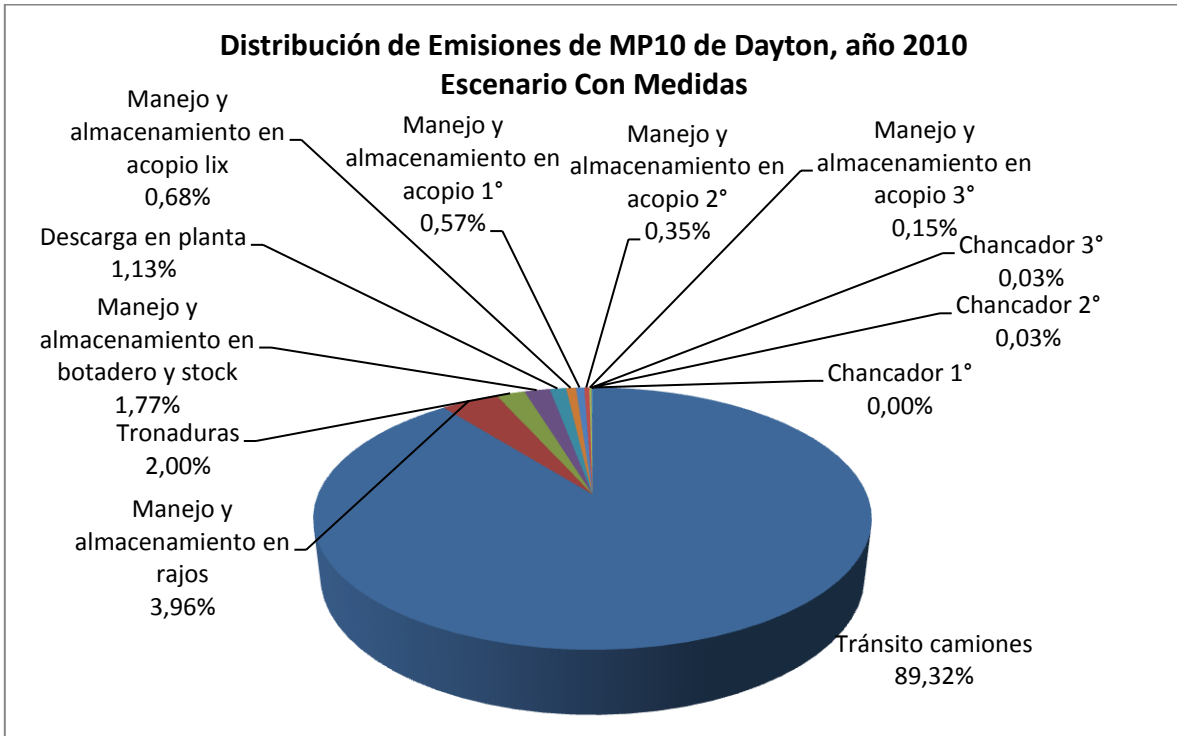


Figura 3-19. Distribución de emisiones anuales de Dayton – Escenario Con medidas

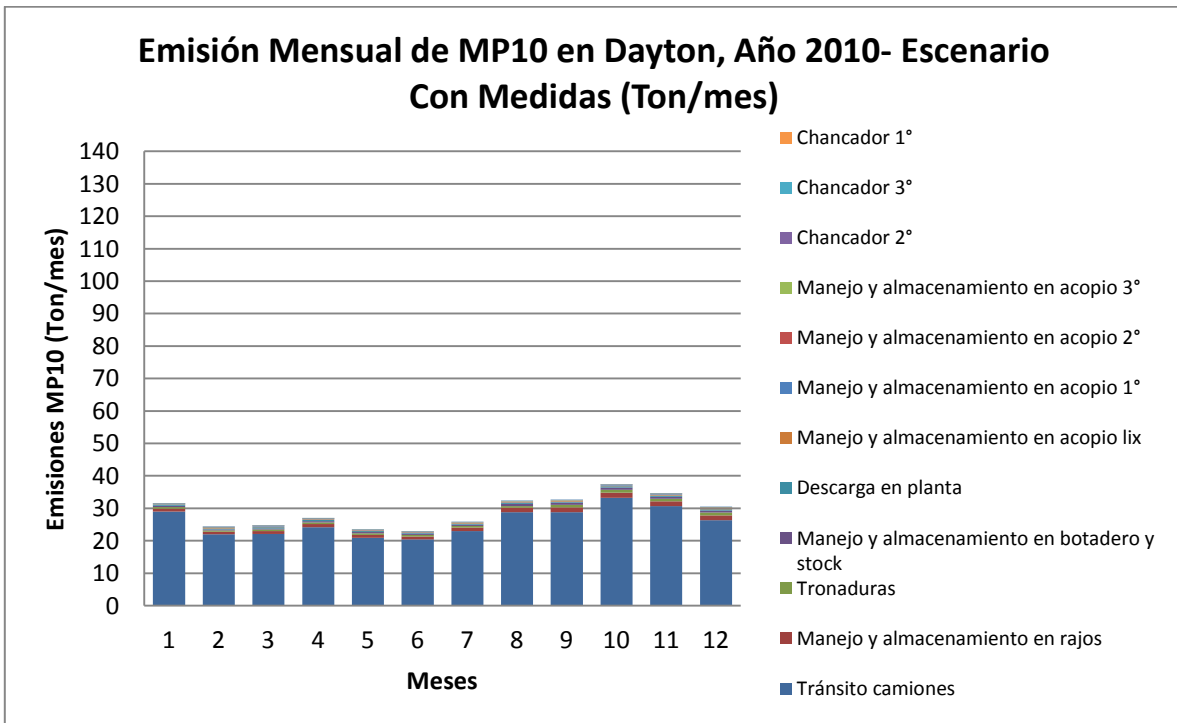


Figura 3-20. Emisión mensual de Dayton, año 2010 – Escenario Con Medidas

D. Comparación de escenarios

La

Tabla 3-25 resume las emisiones estimadas para Dayton en cada uno de los escenarios considerados. Es importante mencionar que estos resultados finalmente serán validados por la modelación.

Comparando el escenario actual con el escenario sin medidas de mitigación, se puede observar que las medidas ya tomadas por la empresa han significado una disminución de 470.06 Ton/año de MP10, asociadas casi en su totalidad a reducción de emisiones de caminos no pavimentados.

Con respecto al escenario con mitigación, las medidas consideradas y en especial el aseguramiento del contenido de silt a 3.09%, permiten una reducción de 860.39 Ton/año respecto al escenario sin medidas de control y de 390.33 Ton/año respecto al escenario actual, ambas asociadas principalmente a la reducción de emisiones de caminos.

En la Figura 3-21 se han graficado las emisiones de área en los tres escenarios evaluados, mientras que en la Figura 3-22 se muestra la emisión asociada al tránsito de camiones sobre caminos no pavimentados. Es posible apreciar que una importante parte de las emisiones está asociada a esta última fuente, concentrándose las emisiones, en los escenarios actuales y sin medidas, en el sector del rajo Las Loas. En el escenario con medidas, se observa una notoria reducción en las emisiones en la zona de Las Loas.

Tabla 3-25. Emisiones de MP10 año 2010 por Escenario para Dayton (Ton/año)

Actividad	Esc. Sin Medidas Emisión de MP10 (Ton/año)	Esc. Actual Emisión de MP10 (Ton/año)	Esc. Con Medidas Emisión de MP10 (Ton/año)
Tronaduras	6.93	6.93	6.93
Tránsito camiones	1165.82	695.77	309.52
Manejo y almacenamiento en rajos	13.73	13.73	13.73
Manejo y almacenamiento en botadero y stock	6.12	6.12	6.12
Descarga en planta	3.92	3.92	3.92
Chancador 1°	0.56	0.56	0
Manejo y almacenamiento en acopio 1°	1.99	1.99	1.99
Chancador 2°	1.88	1.88	0.12
Manejo y almacenamiento en acopio 2°	1.20	1.20	1.2
Chancador 3°	1.88	1.88	0.12
Manejo y almacenamiento en acopio 3°	0.53	0.53	0.53
Manejo y almacenamiento en acopio lix	2.35	2.34	2.34
TOTAL (Ton/año)	1206.91	736.85	346.52

Fuente: Elaboración propia

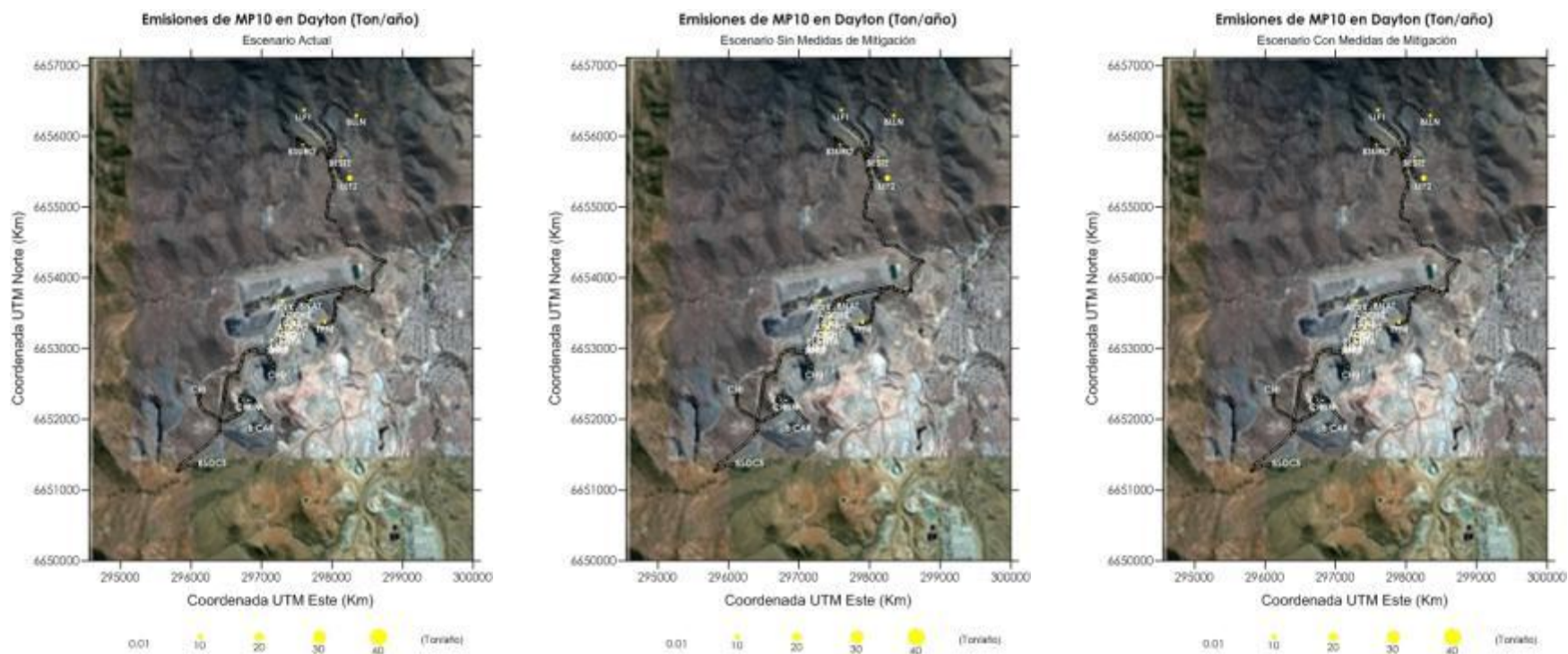


Figura 3-21. Distribución espacial de emisiones anual de MP10 de fuentes de área en Dayton, según escenario.

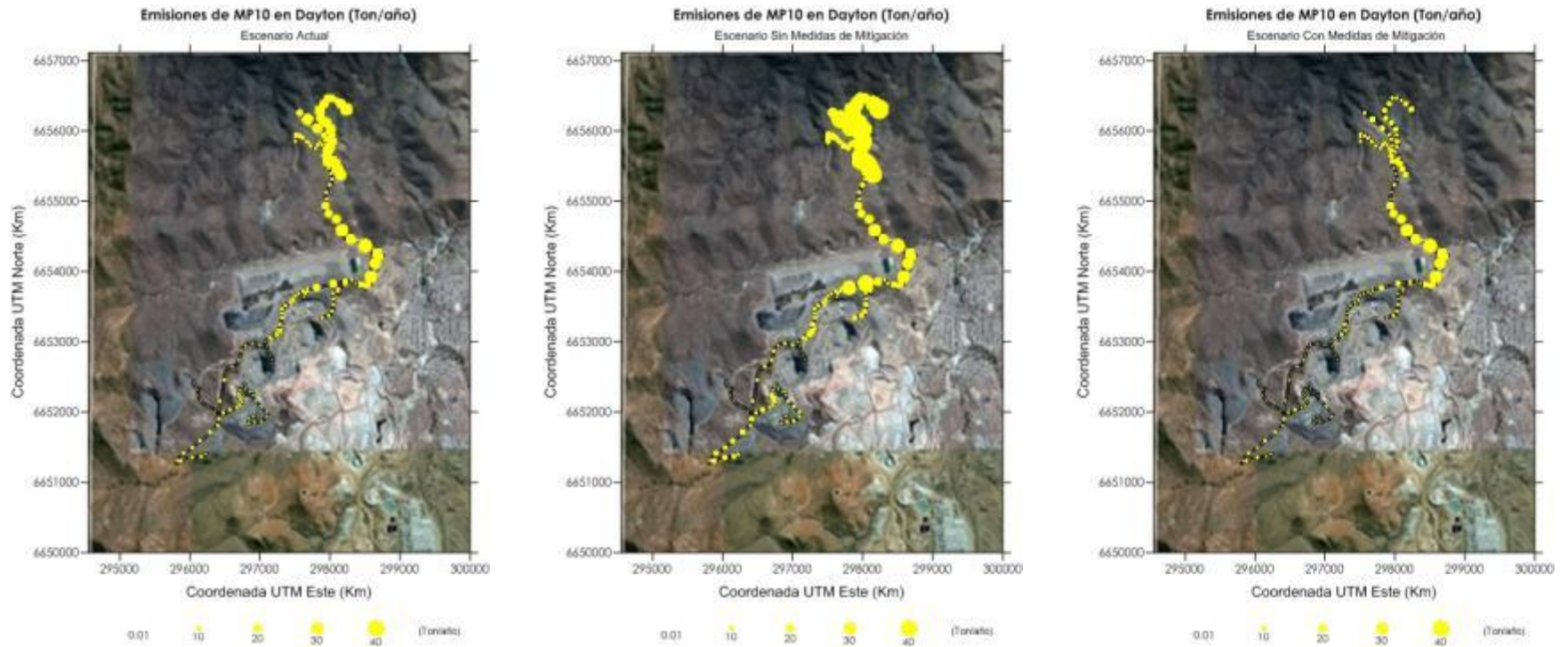


Figura 3-22. Distribución espacial de emisión anual de MP10 provenientes de caminos en Dayton, según escenario.

3.2.3 Inventario de Emisiones de Compañía Minera TECK-CDA

3.2.3.1 Descripción del proceso

De acuerdo a lo establecido en las EIA¹⁰’s asociadas y los antecedentes entregados por la compañía minera, TECK-CDA posee en la actualidad dos operaciones mineras:

- Una Planta de procesamiento de minerales Supergeno basada en procesos de Lixiviación - Extracción por Solventes - Electro obtención (LIX-SX-EW)
- Proyecto Hipógeno que considera la tecnología de tipo concentradora, que básicamente incluye molienda y flotación.

La mineralización hipógena o primaria, se localiza inmediatamente debajo de la zona actualmente en explotación (supérgeno o enriquecimiento secundario).

En ambos tipos, la operación de mina es la misma, es decir, perforación, tronadura, extracción de estéril y mineral, se procede según lo definido en el Plan Minero y se transporta por medio de camiones el mineral a los correspondientes chancadores o stocks y el lastre botadero o la construcción de los muros contenedores del relave.

En el Supergeno se asume que el mineral va a:

- Chancado primario
- Chancado secundario
- Deposito en pila
- y se traslada por camiones a la pila de lixiviación.

El proyecto Hipógeno se considera la operación de una planta de procesamiento de mineral, la cual dentro de sus áreas o unidades contempla:

- Chancado
- Molienda
- Flotación y Manejo de Reactivos
- Espesamiento y Filtrado de Concentrados
- Espesamiento y Conducción de Relaves.

En el área de filtrado de concentrado se realizan las actividades de acopio de concentrado, para su posterior carguío y despacho al Puerto de Coquimbo. El transporte de concentrado se realiza de manera diurna y/o nocturna en camiones por las rutas que unen la comuna de Andacollo con el Puerto de Coquimbo.

La información entregada por la contraparte con los archivos “CIERRE DE MES MMM 10.XLS” donde MMM corresponde a cada mes del año, contemplaba las hojas “DATOS VIAJES” que detalla lo requerido para construir un inventario de emisiones diario, es decir, el movimiento diario de la mina por tipo de camión. Esta información consideraba distintas asignaciones de origen y destinos, por lo que se identificaron los

¹⁰ Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hipógeno”, preparado por SIGA Consultores S.A. para Compañía Minera Carmen de Andacollo, IV Región, Febrero de 2006

siguientes sectores de origen - destino y se reasignaron con la identificación modificada presentada en la Tabla 3-26.

Tabla 3-26. Reasignación de Identificación de Origen y Destino

ID_designado	Descripción original
Orígenes	
H01	H01
H02	H02
Pilas	Pilas
Ripios	Ripios
S15	S15
S17	S17
S18	S18
Stock 11_6	Stock 11_6
Stock Chan Hip	Stock ChaHipF15
	Stock Chan Hip
	Stock F15
Stock Chan Sup	Prechancado
	Stock Chan Sup
Destinos	
Caminos y Pretiles	D_Hip_Esteril a Caminos y Pretiles
	D_Rem_Hip_Esteril a caminos y pretiles
	Estéril a Caminos y Pretiles
	Remanejo de estéril a caminos y pretiles
	Remanejo Estéril a Caminos y Pretiles
Chancado Hipogeno	D_Hip_Directo Chancado Hip
	D_Hip_Directo Chancado LM
	D_Hip_Directo Chancado BL
	D_Hip_Directo Chancado Hipogeno
	D_Hip_Stock_ChancadoHipógeno
	D_Rem_Hip_Directo Chancado Hipogeno
	D_Rem_prechancado_directochan_Hipogeno
	Mineral directo a Chancado
	Mineral Directo al Chancado Hipógeno
	Remanejo de Hipogeno Directo a Chancado
Remanejo de Mineral Directo a Chancado	
Chancado Supergeno (PRECH)	D_Hip_Mineral Directo Chancado Sup (prechancado)
	D_Hip_Mineral Directo Chancado Supergeno
	D_Hip_Stock_Chancado al Chancado
	Mineral directo a Chancado
	Mineral directo a Chancado supergeno
	Rem_Hipogeno directo chancado supergeno

ID_designado	Descripción original
Orígenes	
	Remanejo de Hipogeno Directo a Chancado
	Remanejo de Pilas a Chancado
	Remanejo Mineral directo a chancado
	Remanejo pilas al chancado
	Remanejo Stock Chancado al Chancado
	Remanejo Stock Ripio al Chancado
Muro Nor Oriente	D_hip_Esteril al Muro Nor Oriente
	D_Rem_Hip_Esteril a Muro Nor Oriente
	Estéril a Muro Nor Oriente
	Remanejo de estéril a Muro Nor Oriente
Muro Norte	D_Hip_Esteril al Muro Norte
	D_Rem_Hip_Esterila Muro Norte
	Estéril a Muro Norte
	Remanejo de estéril a Muro
	Remanejo de Estéril a Muro Norte
	Remanejoesteril a Muro Norte
Muro Oriente	D_Hip_Esteril Muro Oriente
	D_Rem_HipEsteril a Muro Oriente
	Estéril a Muro Oriente
Puente Drenaje S17	Plataforma Perforación
	Puente Drenaje S17
	Remanejo Puente Drenaje S17
ROM	Baja Ley al ROM
	esteril al rom
	Esteril ROM
	Mina a ROM Norte
	Remanejo a ROM Norte
	remanejoesteril al rom
	Stock 11 6 al Rom
Stock Alta Ley	D_Hip_Stock Alta Ley
	D_Hip_Stock Alta Ley F15
	D_Hip_Stock Alta Ley F16
	Hipógeno a Stock Alta Ley
	Remanejo de Hipógeno a Stock Alta Ley
Stock Alto Mercurio	D_Hip _ Stock Alto Mercurio
	Hipógeno a Stock Alto Mercurio
Stock Baja Ley	D_Hip_Stock Baja Ley
	Hipógeno a Stock Baja Ley
Stock Chancado Hipógeno	Mineral Stock Chancado

ID_designado	Descripción original
Orígenes	
	Mineral Stock Hipógeno
	Remanejo Pilas Stock chancado
Stock Chancado Supergeno (PRECH)	D_Hip_Mineral Stock chancado sup (prechancado)
	D_Hip_Mineral Stock Chancado Supergeno
	Mineral Stock Chancado
	Rem_Hipogeno stock chancado supergeno
	Remanejo de Pilas Stock Chancado
	Remanejo Mineral Stock chancado
	Remanejo Pilas Stock chancado
Stock Hipogeno F16	D_Rem_Hip_a Stock Hipogeno F16
Stock Ley Media	D_Hip_Stock Ley Media
	Hipógeno a Stock Ley Media

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2 Niveles de actividad

Los niveles de actividad mensual y anual considerados en el cálculo del inventario se presentan en las Tabla 3-27 para la cantidad de materiales movidos y en la Tabla 3-28 el número de viajes considerados de acuerdo a la ruta origen/destino.

Tabla 3-27. Nivel de Actividad por Origen/Destino Correspondiente a la Cantidad de Material Transportado en TECK-CDA, Año 2010

Origen/Destino	Cantidad de material manejado por mes (Ton/mes)												Año 2010 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H01 /Caminos y Pretiles	9881	183	0	6216	0	23383	53361	51048	11003	3388	4122	3115	165700
H01 /Chancado Hipogeno	47867	0	44750	567440	851710	288305	246306	321133	1181517	782943	704806	416867	5453644
H01 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	16926	0	0	0	0	3185	23296	10920	10647	64974
H01 /Muro Nor Oriente	38031	65927	0	202971	0	31269	367	8158	0	458	0	2380	349561
H01 /Muro Norte	0	0	0	0	0	82988	48509	187587	32271	57861	49774	79551	538541
H01 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35580	227485	263065
H01 /Puente Drenaje S17	0	0	0	911	0	4585	0	0	0	0	0	0	5496
H01 /ROM	0	0	0	0	0	7150	57495	0	0	0	0	0	64645
H01 /Stock Alta Ley	167292	11004	6419	131498	17606	50799	52448	229701	112603	117818	81796	3851	982835
H01 /Stock Alto Mercurio	2730	1651	0	280956	148737	421989	54561	280673	266707	28699	120399	102497	1709599
H01 /Stock Baja Ley	0	0	0	12288	367	0	0	31728	8987	17606	68499	1467	140942
H01 /Stock Chancado Hipógeno	91577	24759	0	25396	0	0	0	0	0	0	0	0	141732
H01 /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	183	13831	13079	2733	5041	34867
H01 /Stock Ley Media	67379	0	145803	223198	397222	65657	42914	41265	54181	134249	188259	72891	1433018
H02 /Caminos y Pretiles	13930	182417	113746	48496	19344	32225	42181	44869	47488	63584	28150	9170	645600
H02 /Chancado Hipogeno	5761	284309	469137	92617	27510	216779	639699	742036	114992	770189	278218	586575	4227822
H02 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	2093	0	0	0	0	0	0	0	1456	43413	46962
H02 /Muro Nor Oriente	171508	84615	226899	663743	260133	67399	183	170376	12377	550	13388	58953	1730124
H02 /Muro Norte	0	6597	23799	5135	0	26226	38420	117915	327151	430405	424138	16496	1416282
H02 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74827	50431	125258
H02 /Puente Drenaje S17	0	0	59031	12288	917	0	0	0	0	0	0	0	72236
H02 /ROM	0	6052	0	0	252540	65838	45384	0	0	0	14489	0	384303
H02 /Stock Alta Ley	77483	38235	146720	127096	137000	63273	229433	106463	70606	58229	121292	10637	1186467
H02 /Stock Alto Mercurio	0	92502	6602	0	4952	61439	52175	18340	25392	23108	0	0	284510

Origen/Destino	Cantidad de material manejado por mes (Ton/mes)												Año 2010 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H02 /Stock Baja Ley	60889	8618	175697	0	0	0	53003	34846	13479	178080	77384	1100	603096
H02 /Stock Chancado Hipógeno	27693	12195	48234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88122
H02 /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	7224	0	5319	15953	11738	4952	6020	51206
H02 /Stock Hipogeno F16	0	0	0	0	0	51803	81791	48051	0	0	32095	0	213740
H02 /Stock Ley Media	5135	75169	390183	2934	71526	243995	101951	67124	174962	127974	40348	4218	1305519
Pilas /Chancado Supergeno (PRECH)	83174	91819	49231	47047	37037	0	0	0	0	0	0	0	308308
Pilas /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	14105	31668	39242	43001	33551	0	0	0	0	0	0	0	161567
Ripios /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	11306	3003	3731	10101	8372	1456	0	37969
Ripios /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	60182	54499	54324	49843	35505	7419	0	261772
S15 /Caminos y Pretilas	52507	0	0	0	0	2017	0	91	13292	549	2912	0	71368
S15 /Chancado Hipogeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31907	31907
S15 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	15562	0	0	0	0	0	52689	124761	81172	86359	12012	372555
S15 /Muro Nor Oriente	26124	0	0	0	0	550	0	0	455	0	3822	273	31224
S15 /Muro Norte	6370	0	0	0	0	11921	0	2384	46000	11166	4098	0	81939
S15 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4550	273	4823
S15 /ROM	0	0	0	0	0	65808	0	1365	0	0	1820	0	68993
S15 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	34689	71617	26671	32760	364	166101
S17 /Caminos y Pretilas	1099	0	0	0	729	455	5011	11339	0	7941	15894	2367	44835
S17 /Chancado Supergeno (PRECH)	84357	70707	68159	105378	117026	131677	132587	83811	0	75803	151333	53235	1074073
S17 /Muro Nor Oriente	23157	4768	0	364	1001	917	0	637	0	0	9904	27493	68241
S17 /Muro Norte	0	0	0	0	0	0	25787	8940	12288	126659	51969	24193	249836
S17 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1921	97577	99498

Origen/Destino	Cantidad de material manejado por mes (Ton/mes)												Año 2010 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
S17 /ROM	35480	2457	0	0	637	10321	0	0	0	0	0	367	49262
S17 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	25628	13199	28483	24695	40163	63714	59095	14504	0	12922	27209	59214	368826
S18 /Caminos y Pretiles	60154	368248	77174	0	0	10178	36952	0	0	91	5135	3209	561141
S18 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	7007	0	0	6097	0	0	13104
S18 /Muro Nor Oriente	483276	300742	164577	0	0	183	50886	0	0	0	35396	14111	1049171
S18 /Muro Norte	550	48601	75191	0	0	46767	175858	0	0	8554	550	131379	487450
S18 /Muro Oriente	2201	550	0	0	0	0	0	0	0	0	35029	87177	124957
S18 /Puente Drenaje S17	0	0	0	0	0	183	0	0	0	0	0	0	183
S18 /ROM	0	7886	0	0	0	0	29161	0	0	0	0	0	37047
S18 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	102290	0	0	4368	6236	0	112894
Stock 11_6 /ROM	0	0	0	0	18049	14759	0	0	0	0	0	0	32808
Stock Chan Hip /Chancado Hipogeno	0	0	13961	5667	47867	52451	13755	177715	129114	100687	55937	22008	619162
Stock Chan Hip /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	6461	15222	1834	2384	0	8253	0	159144	193298
Stock Chan Hip /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2184	2184
Stock Chan Sup /Chancado Hipogeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	169382	169382
Stock Chan Sup /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	53235	73255	89271	105742	120484	121485	136409	121030	63427	53781	938119
Stock Chan Sup /Stock ChancadoHipógeno	0	0	0	4641	0	0	0	0	0	0	0	0	4641
Stock Chan Sup /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	546	0	0	7312	910	182	0	0	637	0	9587
Total	1685338	1850440	2428912	2724157	2581356	2423991	2659300	3077085	3080565	3479094	2983398	2664455	31638091

Tabla 3-28. Nivel de Actividad de TECK-CDA año 2010 (N° de Viajes por origen/destino)

Origen/Destino	N° de viajes (N° camiones/mes)												Año 2010 (N° camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H01 /Caminos y Pretiles	70	1	0	48	0	128	297	299	61	22	26	19	971
H01 /Chancado Hipogeno	261	0	244	3094	4644	1572	1343	1751	6469	4329	3843	2274	29824
H01 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	186	0	0	0	0	35	256	120	117	714
H01 /Muro Nor Oriente	225	363	0	1145	0	171	2	47	0	3	0	16	1972
H01 /Muro Norte	0	0	0	0	0	453	265	1045	181	383	285	466	3078
H01 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194	1257	1451
H01 /Puente Drenaje S17	0	0	0	9	0	25	0	0	0	0	0	0	34
H01 /ROM	0	0	0	0	0	41	314	0	0	0	0	0	355
H01 /Stock Alta Ley	1088	60	35	717	96	279	289	1258	617	654	446	21	5560
H01 /Stock Alto Mercurio	30	9	0	1541	811	2311	298	1545	1489	159	659	576	9428
H01 /Stock Baja Ley	0	0	0	67	2	0	0	173	49	96	374	8	769
H01 /Stock Chancado Hipógeno	522	135	0	142	0	0	0	0	0	0	0	0	799
H01 /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	1	87	96	28	29	241
H01 /Stock Ley Media	382	0	795	1217	2182	358	235	225	305	732	1027	405	7863
H02 /Caminos y Pretiles	82	1108	659	274	109	214	231	291	268	387	155	50	3828
H02 /Chancado Hipogeno	43	1588	2558	505	150	1182	3488	4046	627	4265	1517	3220	23189
H02 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	16	473	512
H02 /Muro Nor Oriente	980	479	1279	3672	1433	368	1	931	69	3	73	329	9617
H02 /Muro Norte	0	40	161	28	0	143	211	651	1809	2438	2360	97	7938
H02 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	408	278	686

Origen/Destino	N° de viajes (N° camiones/mes)												Año 2010 (N° camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H02 /Puente Drenaje S17	0	0	339	67	5	0	0	0	0	0	0	0	411
H02 /ROM	0	33	0	0	1378	361	253	0	0	0	79	0	2104
H02 /Stock Alta Ley	425	211	800	693	747	345	1251	581	387	318	681	58	6497
H02 /Stock Alto Mercurio	0	521	36	0	27	335	286	100	145	126	0	0	1576
H02 /Stock Baja Ley	332	48	958	0	0	0	289	190	74	972	430	6	3299
H02 /Stock Chancado Hipógeno	151	67	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	481
H02 /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	54	0	29	89	64	27	56	319
H02 /Stock Hipogeno F16	0	0	0	0	0	288	450	262	0	0	175	0	1175
H02 /Stock Ley Media	28	428	2128	16	390	1344	570	366	1021	726	220	23	7260
Pilas /Chancado Supergeno (PRECH)	914	1009	541	517	407	0	0	0	0	0	0	0	3388
Pilas /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	155	348	416	437	257	0	0	0	0	0	0	0	1613
Ripios /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	108	33	41	111	92	16	0	401
Ripios /Stock Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	375	342	335	368	247	47	0	1714
S15 /Caminos y Pretiles	577	0	0	0	0	11	0	1	142	4	32	0	767
S15 /Chancado Hipogeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243	243
S15 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	170	0	0	0	0	0	579	1371	892	949	132	4093
S15 /Muro Nor Oriente	216	0	0	0	0	3	0	0	5	0	42	3	269
S15 /Muro Norte	70	0	0	0	0	65	0	13	407	76	43	0	674
S15 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	3	53

Origen/Destino	N° de viajes (N° camiones/mes)												Año 2010 (N° camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
S15 /ROM	0	0	0	0	0	382	0	15	0	0	20	0	417
S15 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	368	787	287	360	4	1806
S17 /Caminos y Pretiles	7	0	0	0	7	5	51	85	0	70	131	25	381
S17 /Chancado Supergeno (PRECH)	927	777	749	1158	1286	1447	1457	921	0	833	1663	585	11803
S17 /Muro Nor Oriente	157	26	0	4	11	5	0	7	0	0	54	162	426
S17 /Muro Norte	0	0	0	0	0	0	259	82	67	807	367	143	1725
S17 /Muro Oriente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	592	606
S17 /ROM	265	27	0	0	7	86	0	0	0	0	0	2	387
S17 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	240	142	313	247	418	690	623	134	0	142	299	406	3654
S18 /Caminos y Pretiles	329	2022	448	0	0	56	204	0	0	1	28	18	3106
S18 /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	77	0	0	67	0	0	144
S18 /Muro Nor Oriente	2689	1664	915	0	0	1	283	0	0	0	193	85	5830
S18 /Muro Norte	3	265	412	0	0	255	975	0	0	94	3	736	2743
S18 /Muro Oriente	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	191	497	703
S18 /Puente Drenaje S17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
S18 /ROM	0	43	0	0	0	0	159	0	0	0	0	0	202
S18 /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	592	0	0	48	34	0	674
Stock 11_6 /ROM	0	0	0	0	110	84	0	0	0	0	0	0	194
Stock Chan Hip /Chancado Hipogeno	0	0	126	44	261	287	75	969	704	549	305	120	3440

Origen/Destino	N° de viajes (N° camiones/mes)												Año 2010 (N° camión/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Stock Chan Hip /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	0	0	71	83	10	13	0	45	0	1694	1916
Stock Chan Hip /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24
Stock Chan Sup /Chancado Hipogeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	981	981
Stock Chan Sup /Chancado Supergeno (PRECH)	0	0	585	805	981	1162	1324	1335	1499	1330	697	591	10309
Stock Chan Sup /Stock ChancadoHipógeno	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	51
Stock Chan Sup /Stock ChancadoSupergeno (PRECH)	0	0	6	0	0	57	10	2	0	0	7	0	82
Total	11 180	11 587	14 789	16684	15 790	15 135	16 547	18 691	19 243	21 613	18 688	1 6824	196 771

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.3 Georeferenciación de fuentes

La ubicación espacial de fuentes de origen y destino se presenta en la Tabla 3-29 y se muestran en la Figura 3-23. Además está incluye los puntos de intersección entre caminos, que se luego se asociaran a tramos para estimar las emisiones por tránsito de camiones por caminos no pavimentados.

Tabla 3-29. Ubicación Espacial de Orígenes y Destinos

Identificación del punto	Coordenada UTM	
	Norte (m)	Este (m)
Camino y pretil	299577.802	6650094.85
Chancado Hipogeno	298925.801	6651220.58
Chancado Supergenico	298655.251	6650966.7
H01	297968.691	6652058.85
H02	298354.94	6651803.92
Muro Nororiente	298288.19	6650416.99
Muro Norte	298130.126	6650576.81
Muro Oriente	298196.864	6650220.28
Pilas/ROM	299271.441	6650245.55
Puente Drenaje S17	298832.385	6651868.65
Ripios	299385.876	6650465.07
S15	298937.478	6651299.98
S17	298100.181	6652837.11
S18	299021.553	6651443.61
Stock 11_6	298876.758	6650842.24
Stock Alta Ley	297853.316	6651529.39
Stock Alto Mercurio	297889.51	6652580.28
Stock Baja ley	298590.552	6652578.35
Stock Chan Supergenico (PRECH)	298656.357	6651016.3
Stock Chancado Hipogeno	298769.329	6651226.42
Stock Chancado Supergenico	298581.488	6651014.12
Stock Hipogeno F16	297762.048	6651438.92
Stock Ley Media	297937.727	6651456.24

Fuente: Elaboración propia

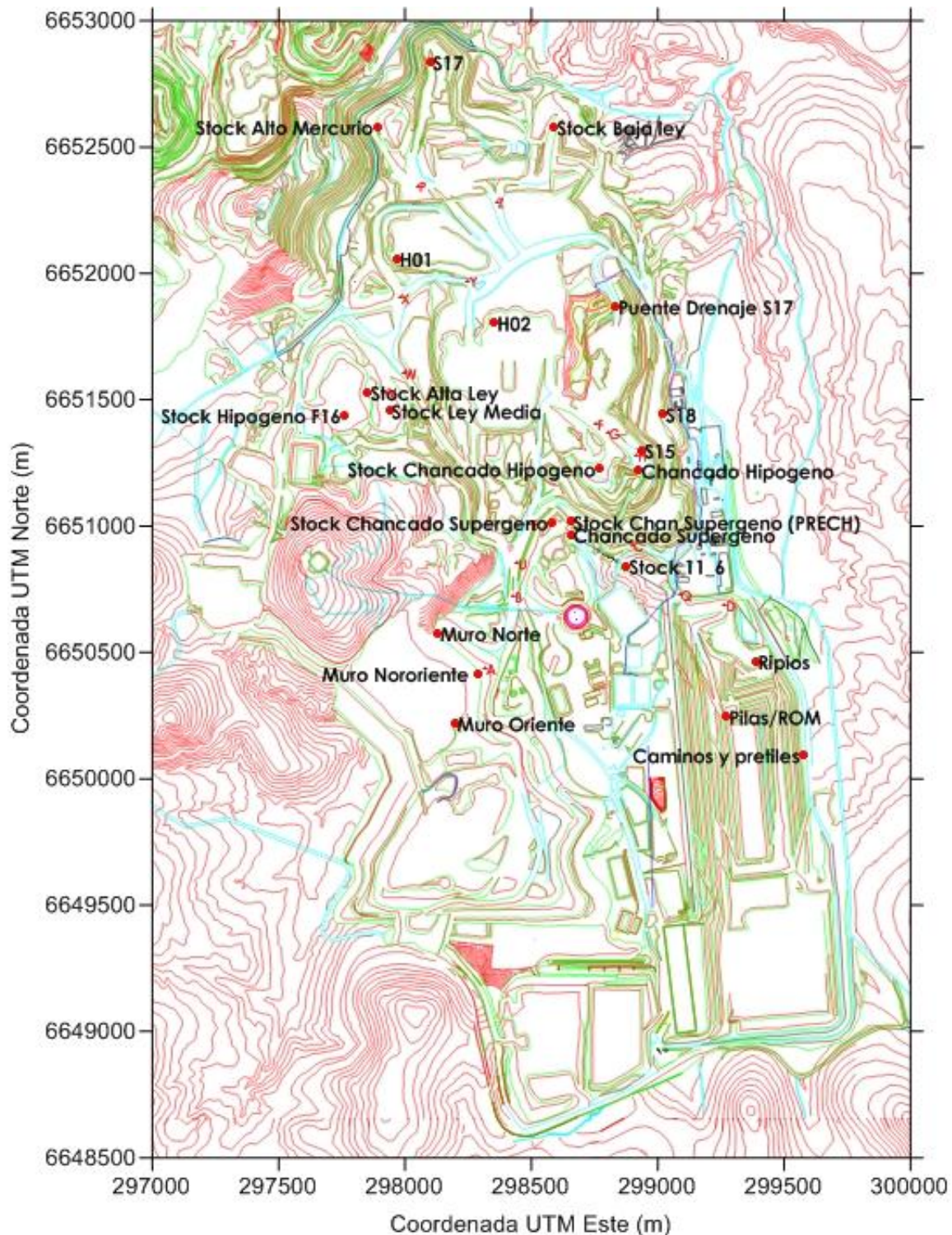


Figura 3-23. Ubicación de origen y destino en CDA-TECK

Los caminos de tránsito de camiones entre orígenes y destinos se encuentran entrelazados, por lo que fueron separados por sub-caminos con varios tramos independientes, para así estimar los aportes de cada origen/destino en cada tramo (arco). Los sub-caminos corresponden a 38 con un total de 216 tramos.

3.2.3.4 Definición de escenarios

Según lo reportado por la CDA- TECK se considerará como Escenario Actual lo siguiente:

- El tránsito de camiones por caminos no pavimentado se consideran regados para todos los tramos definidos en la mina
- En los chancadores que se encuentran mitigados y se utilizarán como factor de emisión el controlado.

El escenario sin medidas de mitigación considera:

- Todos los caminos de tierra sin mitigación.
- Se considera chancadores no controlados.

El escenario con medidas de mitigación considera:

- Todos los caminos de tierra con un tratamiento (riego, bischofita, u otro) que asegure un nivel de 3.09 (%) en el contenido de silt.

En la Tabla 3-30 se muestran los contenidos de silt de los caminos en los tres escenarios considerados:

Tabla 3-30. Contenido de Silt Considerado en Escenarios de Inventario

Escenario	Contenido Silt(%)	Origen muestra
Actual	7.97	Teck 1
Sin Medidas	14.07	Promedio de muestras de tierra: M14,M15,M16,M12,M8,TECK3,DAY9
Con Medidas	3.09	Promedio muestras bischofita: M17, M2,TECK350,DAY7

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.5 Resultados de inventario

A. Escenario Actual

En la Tabla 3-31 se muestran las emisiones estimadas para TECK-CDA en el escenario Actual las que corresponden a 858 Ton/año.

En la Figura 3-24 se observa que la mayor participación porcentual correspondería al tránsito de camiones responsable de un 85.69% del total de emisiones, mientras que el manejo de pilas sería responsable del 7.81% de las emisiones y las operaciones asociadas a chancado de un 5.67%, las operaciones de tronadura tendrían una participación de 0.83%.

Respecto a la distribución mensual de las emisiones durante el año 2010, en la Figura 3-25 se observa un aumento en las emisiones desde enero a octubre, y luego un leve descenso en noviembre y diciembre. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 93.76 Ton/mes) respecto al de menor emisión (enero con 49.66 Ton/mes) es de 44.1 Ton/mes, representando un aumento de un 88.80% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-31. Emisiones Estimadas de MP10 año 2010 para CDA-TECK- Escenario Actual (Ton/mes)

Actividad	Emisiones mensuales de MP10 (Ton/mes)												Emisión MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.92	0.84	0.55	0.55	0.59	0.46	0.36	0.49	0.60	0.58	0.53	0.66	7.13
Tránsito camiones	43.54	49.78	53.32	63.92	59.86	52.78	62.60	65.40	65.70	79.42	70.64	67.91	734.87
Manejo y almacenamiento de pila Origen	2.36	2.60	3.31	3.70	3.39	3.13	3.54	3.89	3.95	4.56	4.02	3.17	41.62
Manejo y almacenamiento de pila Destino	2.05	1.95	2.42	2.55	1.97	2.25	2.10	2.21	1.94	2.11	2.29	1.55	25.39
Descarga Chancado Hipógeno	0.11	0.58	1.07	1.35	1.88	1.13	1.82	2.51	2.89	3.35	2.10	2.48	21.27
Descarga Chancado Supergeno	0.34	0.36	0.35	0.49	0.51	0.53	0.54	0.53	0.56	0.66	0.64	0.67	6.18
Ch 1° Hipógeno	0.02	0.10	0.19	0.24	0.33	0.20	0.32	0.44	0.51	0.59	0.37	0.44	3.75
Ch 1° Supergeno	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.11	0.12	1.08
Ch 2° Supergeno	0.20	0.21	0.21	0.29	0.30	0.32	0.32	0.32	0.33	0.39	0.38	0.40	3.67
Ch 2° Hipógeno	0.06	0.34	0.63	0.80	1.11	0.67	1.08	1.49	1.71	1.98	1.25	1.47	12.59
TOTAL	49.66	56.82	62.11	73.98	70.03	61.56	72.77	77.37	78.29	93.76	82.33	78.87	857.55

Fuente: Elaboración propia

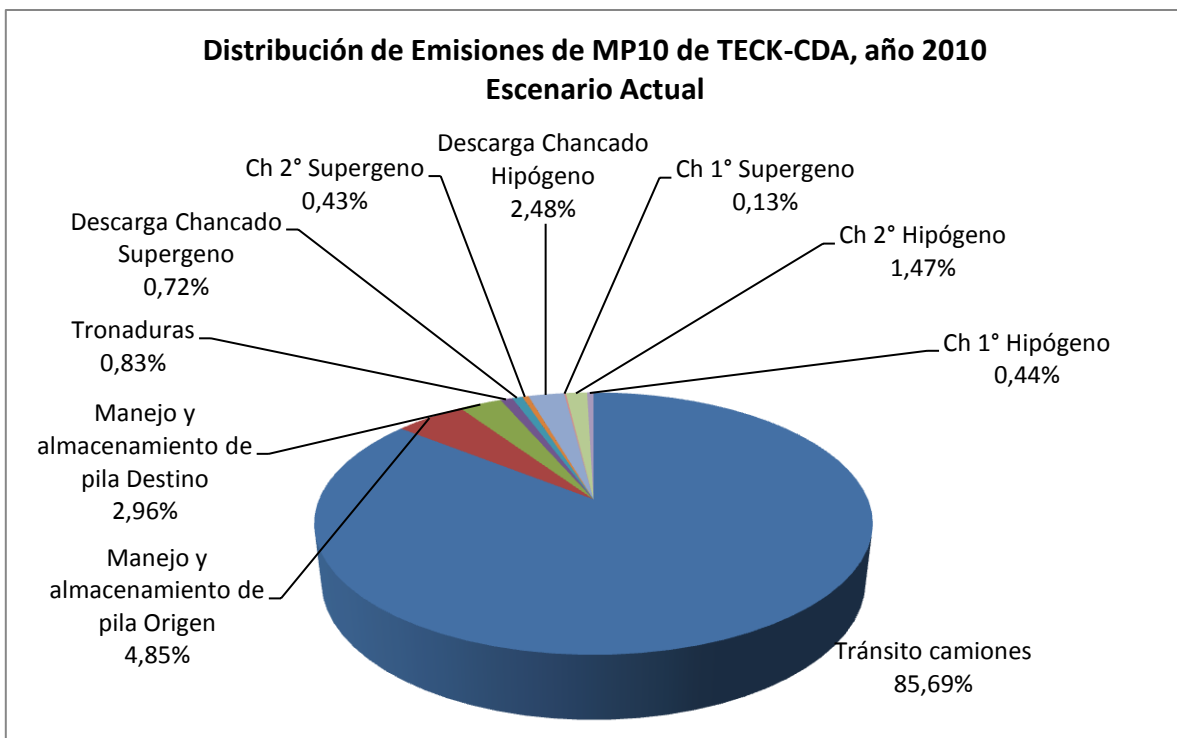


Figura 3-24. Distribución porcentual de emisiones de TECK-CDA por tipo de fuente, año 2010 – Escenario Actual

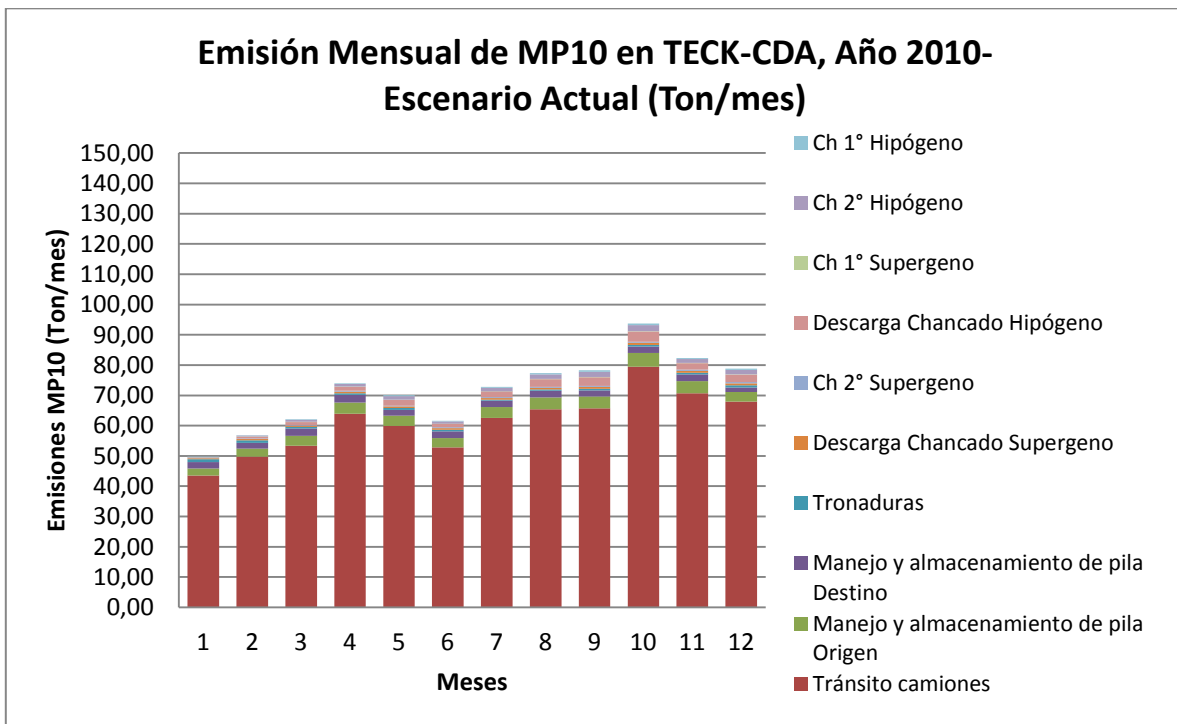


Figura 3-25. Emisión mensual de emisiones de TECK-CDA, año 2010 – Escenario Actual

B. Escenario Sin Medidas de Mitigación

En la Tabla 3-32 se muestran las emisiones estimadas para TECK-CDA en el escenario Sin Medidas las que corresponden a 1348.56 Ton/año.

En la Figura 3-26 se observa que la mayor participación porcentual correspondería al tránsito de camiones responsable de un 90.90% del total de emisiones, mientras que el manejo de pilas sería responsable del 4.97% de las emisiones y las operaciones asociadas a chancado de un 3.6%, las operaciones de tronadura tendrían una participación de 0.53%.

Respecto a la distribución mensual de las emisiones durante el año 2010, en la Figura 3-27 se observa un aumento en las emisiones desde enero a octubre, y luego un leve descenso en noviembre y diciembre. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 146.83 Ton/mes) respecto al de menor emisión (enero con 78.76 Ton/mes) es de 68.07 Ton/mes, representando un aumento de un 86.43% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-32. Emisiones Estimadas de MP10 año 2010 para CDA-TECK- Escenario Sin Medidas de Mitigación (Ton/año)

Actividad	Emisiones mensuales de MP10 (Ton/mes)												Emisión MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.92	0.84	0.55	0.55	0.59	0.46	0.36	0.49	0.60	0.58	0.53	0.66	7.13
Tránsito camiones	72.64	83.04	88.95	106.63	99.85	88.04	104.42	109.10	109.60	132.49	117.83	113.29	1225.88
Manejo y almacenamiento de pila Origen	2.36	2.60	3.31	3.70	3.39	3.13	3.54	3.89	3.95	4.56	4.02	3.17	41.62
Manejo y almacenamiento de pila Destino	2.05	1.95	2.42	2.55	1.97	2.25	2.10	2.21	1.94	2.11	2.29	1.55	25.39
Descarga Chancado Hipógeno	0.11	0.58	1.07	1.35	1.88	1.13	1.82	2.51	2.89	3.35	2.10	2.48	21.27
Descarga Chancado Supergeno	0.34	0.36	0.35	0.49	0.51	0.53	0.54	0.53	0.56	0.66	0.64	0.67	6.18
Ch 1° Hipógeno	0.02	0.10	0.19	0.24	0.33	0.20	0.32	0.44	0.51	0.59	0.37	0.44	3.75
Ch 1° Supergeno	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.11	0.12	1.08
Ch 2° Supergeno	0.20	0.21	0.21	0.29	0.30	0.32	0.32	0.32	0.33	0.39	0.38	0.40	3.67
Ch 2° Hipógeno	0.06	0.34	0.63	0.80	1.11	0.67	1.08	1.49	1.71	1.98	1.25	1.47	12.59
TOTAL	78.76	90.08	97.74	116.69	110.02	96.82	114.59	121.07	122.19	146.83	129.52	124.25	1348.56

Fuente: Elaboración propia

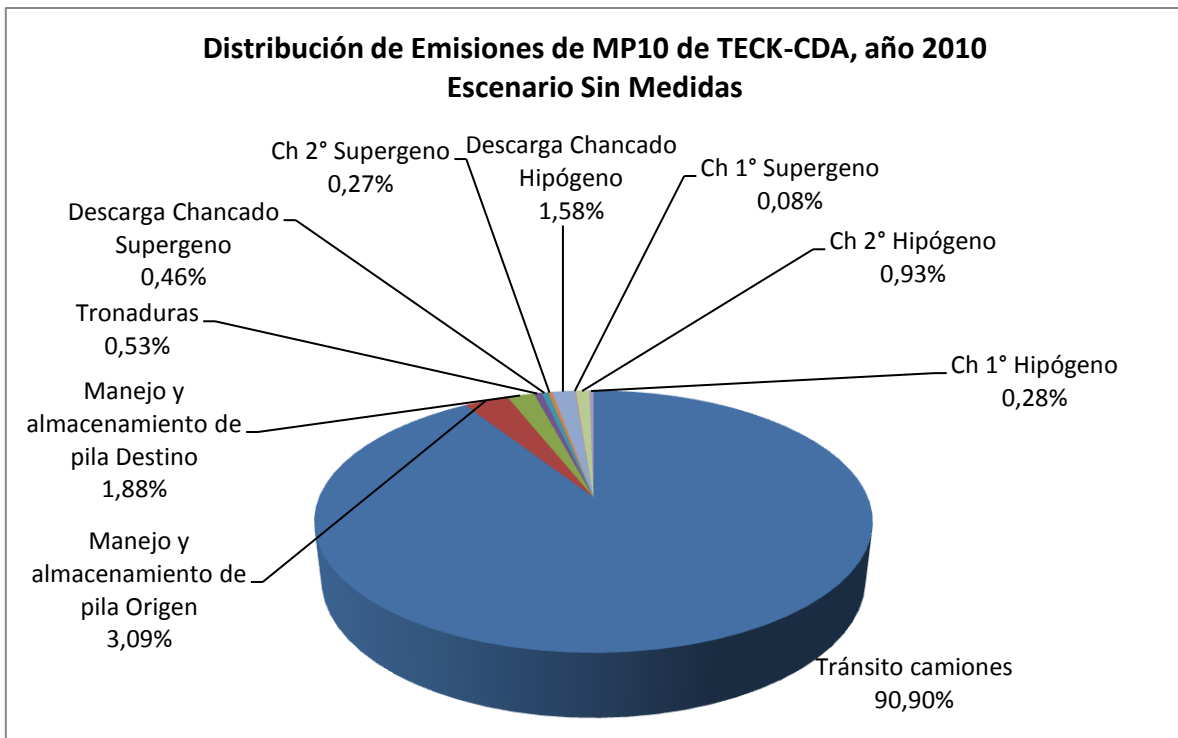


Figura 3-26. Distribución porcentual de emisiones de TECK-CDA por tipo de fuente, año 2010 – Escenario Sin Medidas

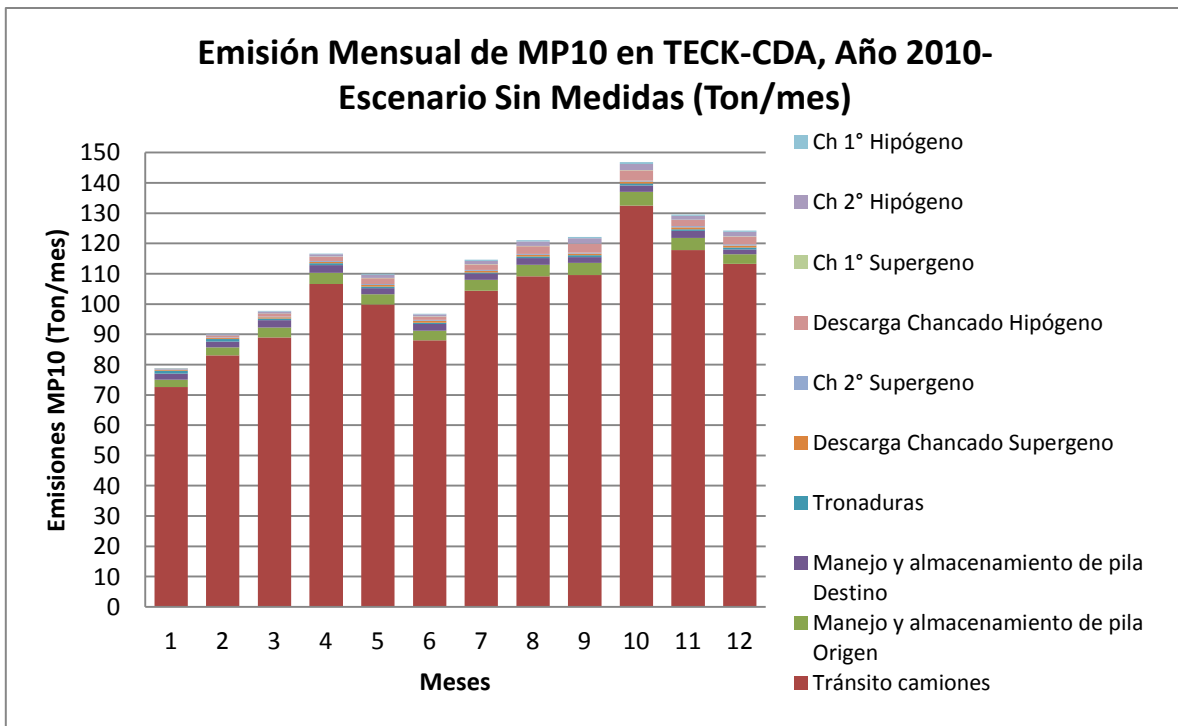


Figura 3-27. Emisión mensual de TECK-CDA, año 2010 – Escenario Sin Medida

C. Escenario Con Medidas de Mitigación

En la Tabla 3-33 se muestran las emisiones estimadas para TECK-CDA en el escenario Con Medidas las que corresponden a 418.72 Ton/año.

En la Figura 3-28 se observa que la mayor participación porcentual correspondería al tránsito de camiones responsable de un 74.81% del total de emisiones, mientras que el manejo de pilas sería responsable del 16% de las emisiones y las operaciones asociadas a chancado de un 7.5%, las operaciones de tronadura tendrían una participación de 1.70%.

Respecto a la distribución mensual de las emisiones durante el año 2010, en la Figura 3-29 se observa un aumento en las emisiones desde enero a octubre, y luego un leve descenso en noviembre y diciembre. La diferencia de emisiones entre el mes de mayor emisión (octubre con 45.69 Ton/mes) respecto al de menor emisión (enero con 24.4 Ton/mes) es de 21.29 Ton/mes, representando un aumento de un 87.25% respecto al mes de menor emisión.

Tabla 3-33. Emisiones Estimadas de MP10 (Ton) por Mes y Año 2010 para CDA-TECK- Escenario Con Medidas de Mitigación

Actividad	Emisiones mensuales de MP10 (Ton/mes)												Emisión MP10 (Ton/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tronaduras	0.92	0.84	0.55	0.55	0.59	0.46	0.36	0.49	0.60	0.58	0.53	0.66	7.13
Tránsito camiones	18.56	21.22	22.73	27.24	25.51	22.50	26.68	27.88	28.00	33.85	30.11	28.95	313.23
Manejo y almacenamiento de pila Origen	2.36	2.60	3.31	3.70	3.39	3.13	3.54	3.89	3.95	4.56	4.02	3.17	41.62
Manejo y almacenamiento de pila Destino	2.05	1.95	2.42	2.55	1.97	2.25	2.10	2.21	1.94	2.11	2.29	1.55	25.39
Descarga Chancado Hipógeno	0.11	0.58	1.07	1.35	1.88	1.13	1.82	2.51	2.89	3.35	2.10	2.48	21.27
Descarga Chancado Supergeno	0.34	0.36	0.35	0.49	0.51	0.53	0.54	0.53	0.56	0.66	0.64	0.67	6.18
Ch 1° Hipógeno	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.20
Ch 1° Supergeno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
Ch 2° Supergeno	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09	0.09	0.84
Ch 2° Hipógeno	0.01	0.08	0.14	0.18	0.25	0.15	0.24	0.34	0.38	0.45	0.28	0.33	2.83
TOTAL	24.40	27.69	30.63	36.14	34.19	30.23	35.37	37.94	38.42	45.69	40.09	37.93	418.72

Fuente: Elaboración propia

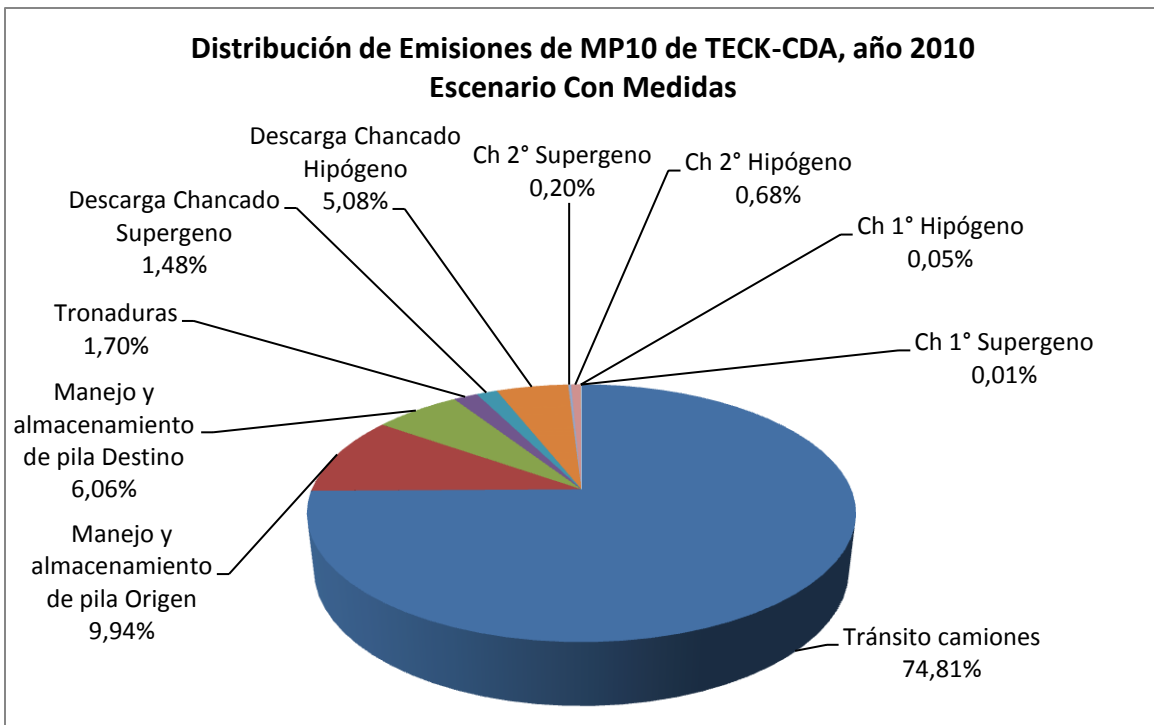


Figura 3-28. Distribución de emisiones anuales de TECK-CDA – Escenario Con medidas

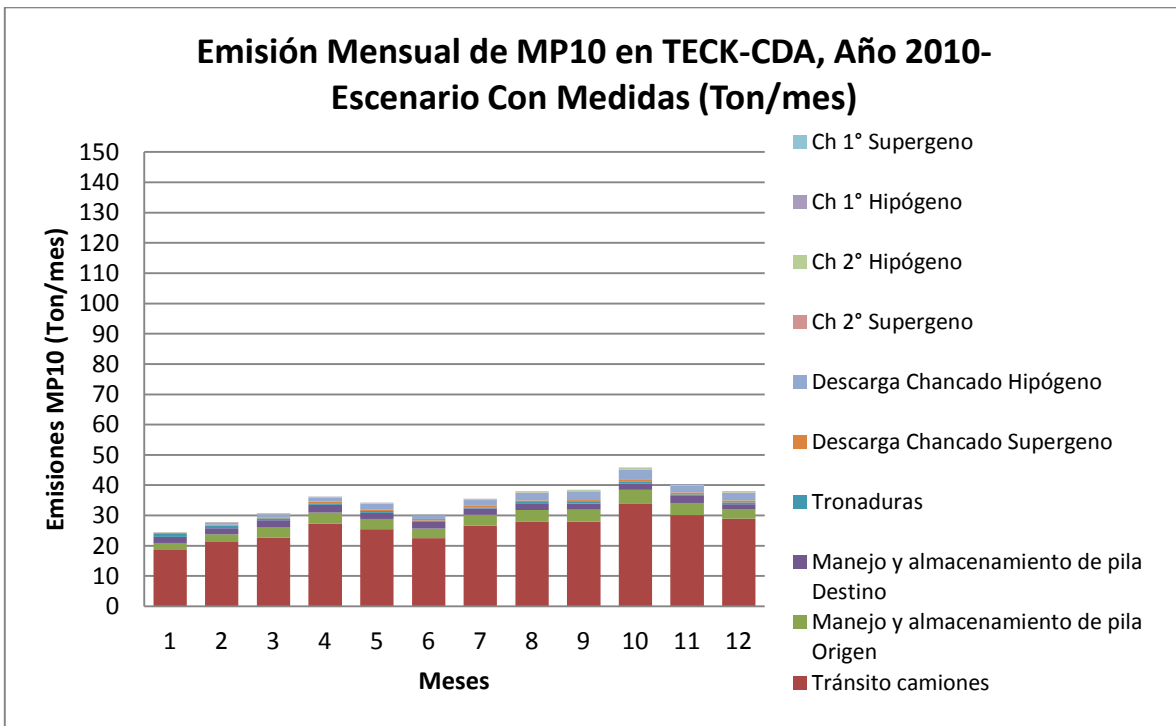


Figura 3-29. Emisión mensual de TECK-CDA, año 2010 – Escenario Con Medidas

D. Comparación de escenarios

La Tabla 3-34 resume las emisiones estimadas para TECK-CDA en cada uno de los escenarios considerados. Es importante mencionar que estos resultados finalmente serán validados por la modelación.

Comparando el escenario actual con el escenario sin medidas de mitigación, se puede observar que las medidas ya tomadas por la empresa han significado una disminución de 491.01 Ton/año de MP10, asociadas casi en su totalidad a reducción de emisiones de caminos no pavimentados.

Con respecto al escenario con mitigación, las medidas consideradas y en especial el aseguramiento del contenido de silt a 3.09%, permiten una reducción de 929.84 Ton/año respecto al escenario sin medidas de control y de 438.83 Ton/año respecto al escenario actual, ambas asociadas principalmente a la reducción de emisiones de caminos.

En la Figura 3-30 se han graficado las emisiones de área en los tres escenarios evaluados, mientras que en la Figura 3-31 se muestra la emisión asociada al tránsito de camiones sobre caminos no pavimentados. Es posible apreciar que una importante parte de las emisiones está asociada a esta última fuente, concentrándose las emisiones, en los escenarios actuales y sin medidas, en el tránsito por la zona este de la mina, que sería el más alejado de la ciudad de Andacollo. En el escenario con medidas, se observa una notoria reducción en las emisiones.

Tabla 3-34. Emisiones de MP10 año 2010 por Escenario para TECK-CDA (Ton/año)

Actividad	Escenario Sin Medidas Emisión MP10 (Ton/año)	Escenario Actual Emisión MP10 (Ton/año)	Escenario Con Medidas Emisión MP10 (Ton/año)
Tronaduras	7.13	7.13	7.13
Tránsito camiones	1225.88	734.87	313.23
Manejo y almacenamiento de pila Origen	41.62	41.62	41.62
Manejo y almacenamiento de pila Destino	25.39	25.39	25.39
Descarga Chancado Hipógeno	21.27	21.27	21.27
Descarga Chancado Supergeno	6.18	6.18	6.18
Ch 1° Hipógeno	3.75	3.75	0.20
Ch 1° Supergeno	1.08	1.08	0.03
Ch 2° Supergeno	3.67	3.67	0.84
Ch 2° Hipógeno	12.59	12.59	2.83
TOTAL	1348.56	857.55	418.72

Fuente: Elaboración propia

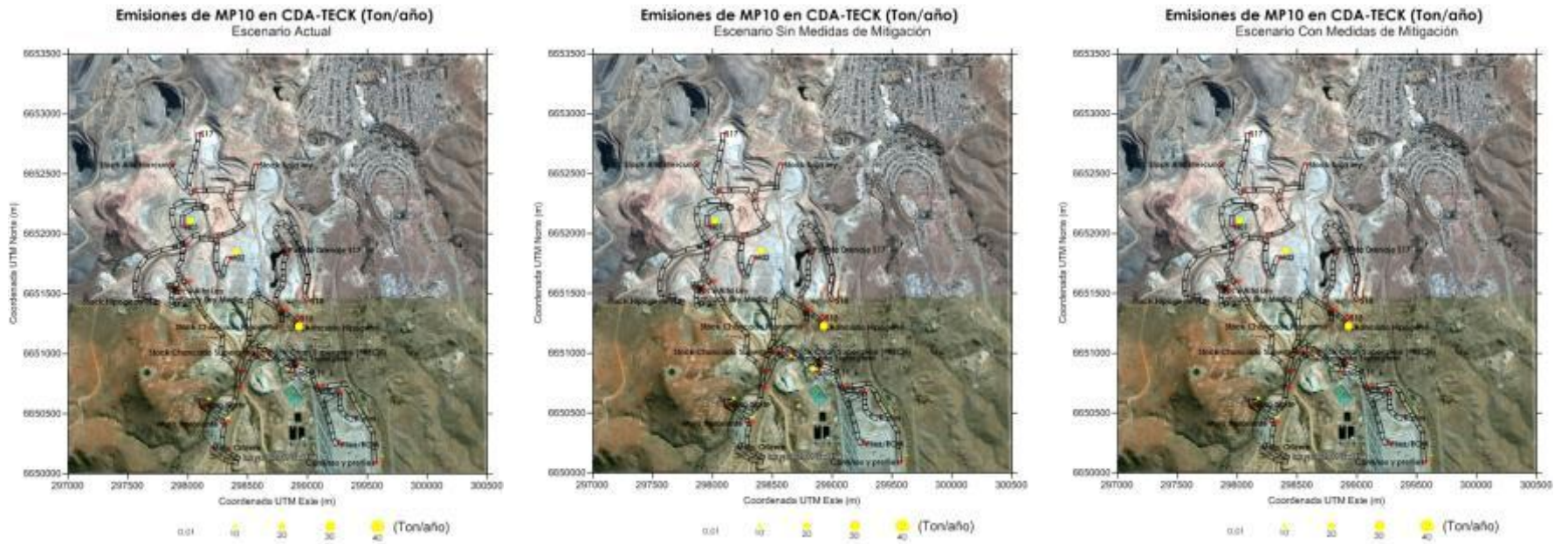


Figura 3-30. Distribución espacial de emisión de MP10 anual por áreas en TECK-CDA

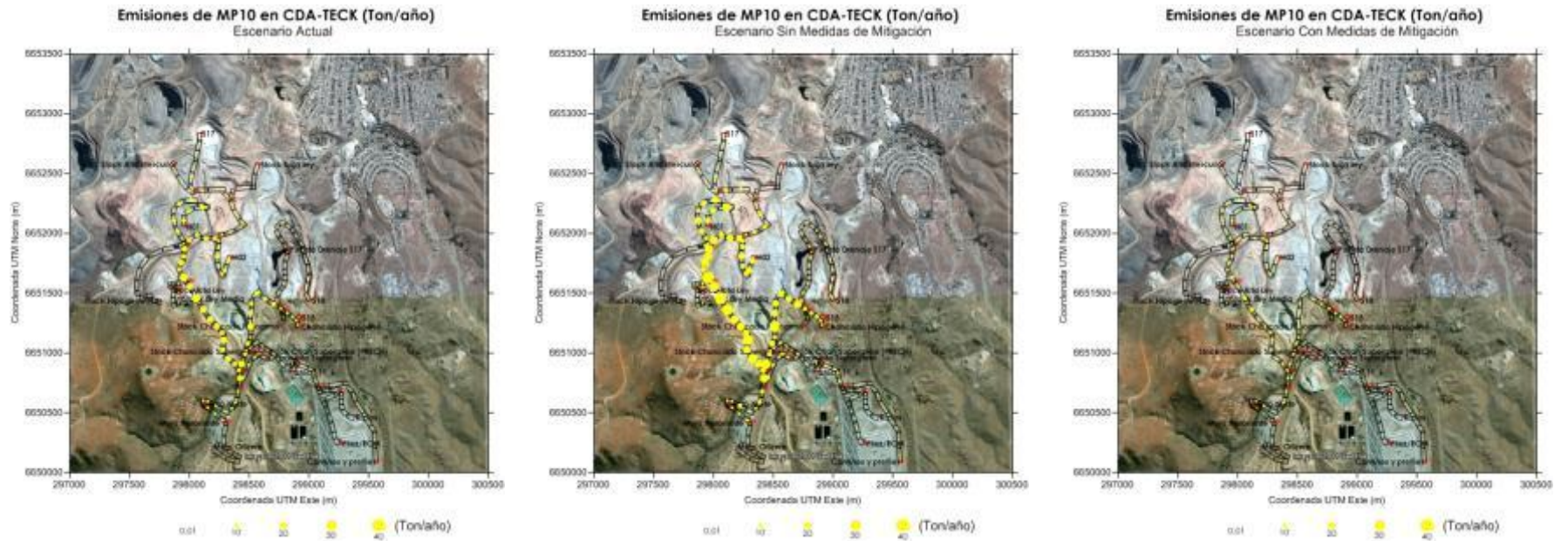


Figura 3-31. Distribución espacial de emisión de MP10 anual por caminos en TECK-CDA

3.3 Resumen de inventarios de Andacollo y empresas mineras.

En la Tabla 3-35 se observa el resumen de la estimación de emisiones de MP10 realizadas en el presente estudio para la ciudad Andacollo y las empresas de su entorno.

En la Figura 3-32 se muestra la evolución de las emisiones en los tres escenarios evaluados, mientras en las Figura 3-34 a Figura 3-35 se observa la participación porcentual de las emisiones estimadas en las distintas zonas de la ciudad de Andacollo y su entorno.

Es posible observar que en todos los escenarios evaluados existe una emisión menor de MP10 de Andacollo respecto a las empresas mineras, teniendo una participación de un 22% en la situación actual. La participación de Dayton es de 36% y la de TECK- CDA de un 42%.

Tanto en Andacollo como en las empresas Mineras las emisiones estarían asociadas principalmente a polvo resuspendido por tránsito vehicular, por lo tanto una de las medida propuesta y evaluada es aplicar un tratamiento en los caminos no pavimentados de Andacollo y empresas mineras (riego, bischofita, u otro) que asegure un contenido de silt en los caminos no pavimentados de 3.09 (%) o menor.

En la Figura 3-36 se observa que en la ciudad de Andacollo las emisiones estarían principalmente asociadas al tránsito vehicular (58%) y Relaves (37%).

En la Figura 3-32 se observa que la aplicación de las actuales medidas de reducción de emisiones en las empresas mineras ha producido una importante reducción de sus emisiones potenciales, esta reducción puede aumentar significativamente si se establecen las medidas propuestas y evaluadas en el escenario Con Medidas, tendientes principalmente a controlar las emisiones provenientes de los caminos mineros.

Las medias propuestas para la ciudad de Andacollo, producen una reducción de emisiones menor respecto al total del inventario en la situación actual, sin embargo su reducción en el impacto de la calidad del aire podría ser significativo dada la cercanía de las fuentes emisoras a los receptores.

Tabla 3-35. Resumen de Emisiones de MP10 año 2010 de Andacollo y Empresas Mineras, Según Escenarios Evaluados (Ton/año)

Zona	Actividad	Emisión MP10 (Ton/año)		
		Escenario Sin Medidas	Escenario Actual	Escenario Con Medidas
Ciudad de Andacollo	Vehiculares	268.84	268.84	207.60
	Industriales	2.39	2.39	2.39
	Vertedero	14.97	14.97	14.97
	Residenciales	5.74	5.74	5.74
	Relaves	168.00	168.00	0.00
	Total Ciudad Andacollo	459.94	459.94	230.70
Minera Dayton	Tronaduras	6.93	6.93	6.93

	Tránsito camiones	1165.82	695.77	309.52
	Manejo y almacenamiento en rajos	13.73	13.73	13.73
	Manejo y almacenamiento en botadero y stock	6.12	6.12	6.12
	Descarga en planta	3.92	3.92	3.92
	Chancador 1°	0.56	0.56	0
	Manejo y almacenamiento en acopio 1°	1.99	1.99	1.99
	Chancador 2°	1.88	1.88	0.12
	Manejo y almacenamiento en acopio 2°	1.20	1.20	1.2
	Chancador 3°	1.88	1.88	0.12
	Manejo y almacenamiento en acopio 3°	0.53	0.53	0.53
	Manejo y almacenamiento en acopio lix	2.35	2.34	2.34
	Total Minera Dayton	1206.91	736.85	346.52
Minera TECK-CDA	Tronaduras	7.13	7.13	7.13
	Tránsito camiones	1225.88	734.87	313.23
	Manejo y almacenamiento de pila Origen	41.62	41.62	41.62
	Manejo y almacenamiento de pila Destino	25.39	25.39	25.39
	Descarga Chancado Hipógeno	21.27	21.27	21.27
	Descarga Chancado Supergeno	6.18	6.18	6.18
	Ch 1° Hipógeno	3.75	3.75	0.20
	Ch 1° Supergeno	1.08	1.08	0.03
	Ch 2° Supergeno	3.67	3.67	0.84
	Ch 2° Hipógeno	12.59	12.59	2.83
	Total Minera TECK-CDA	1348.56	857.55	418.72
	TOTAL	3015.41	2054.34	995.94

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se considera para la ciudad de Andacollo un escenario sin medidas igual a la condición actual

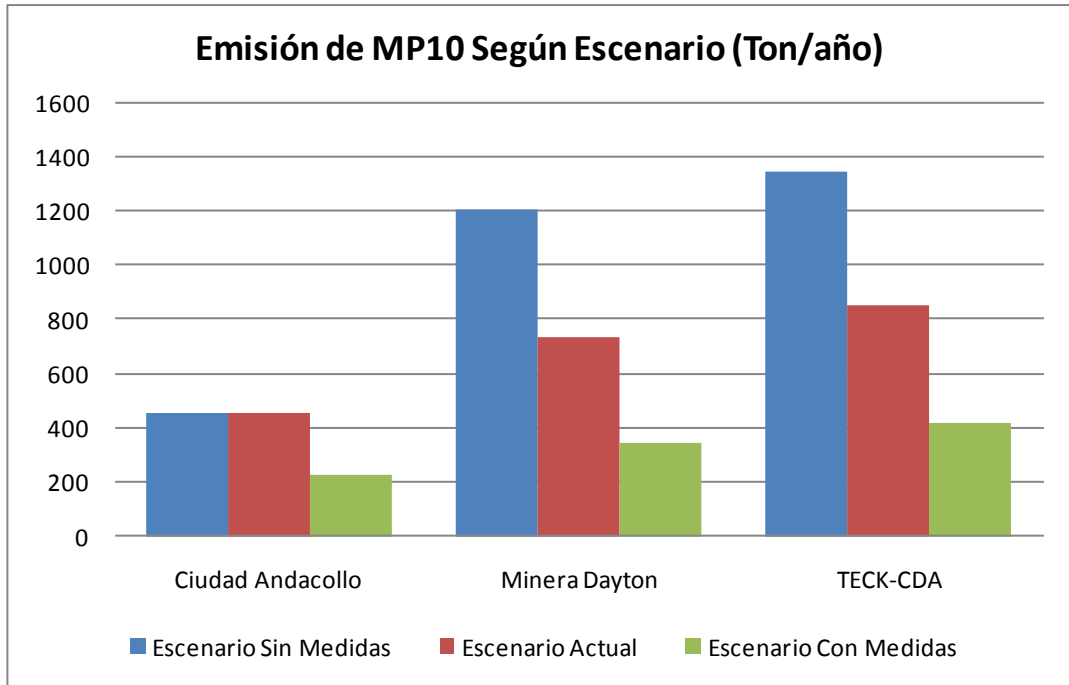


Figura 3-32. Emisiones de MP10 anual según Escenario

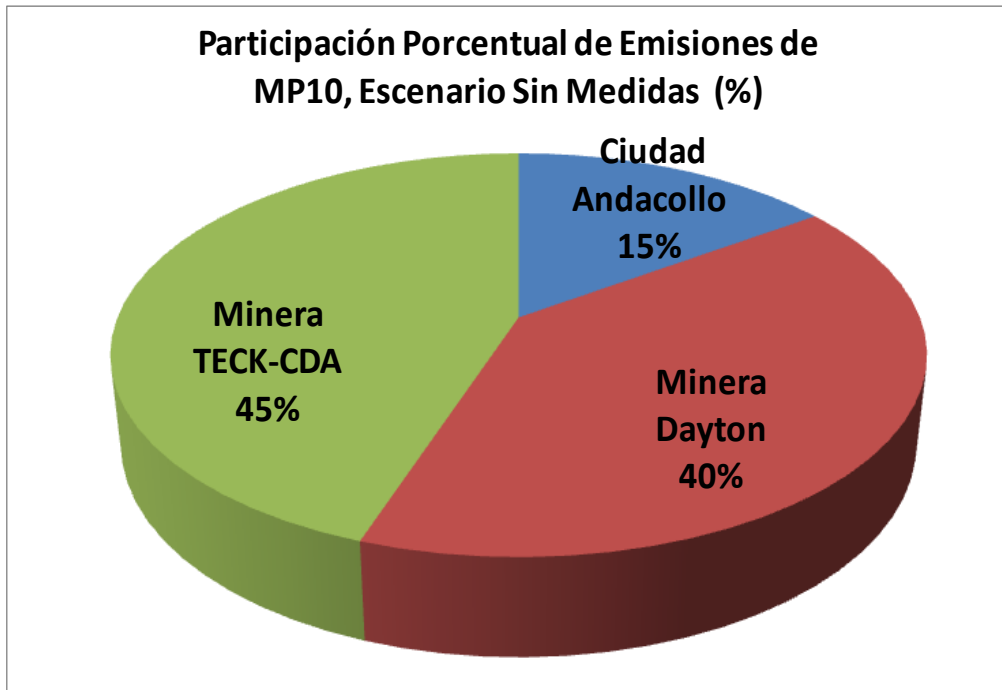


Figura 3-33. Distribución Porcentual de Emisiones MP10 anual en Escenario Sin Medidas de Mitigación

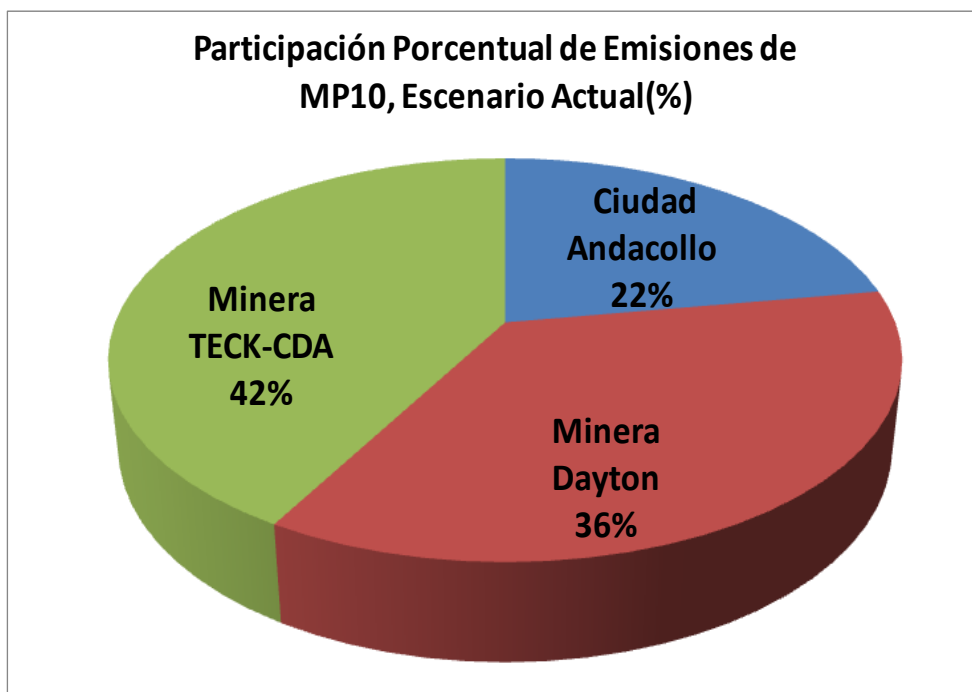


Figura 3-34. Distribución Porcentual de Emisiones MP10 anual en Escenario Actual

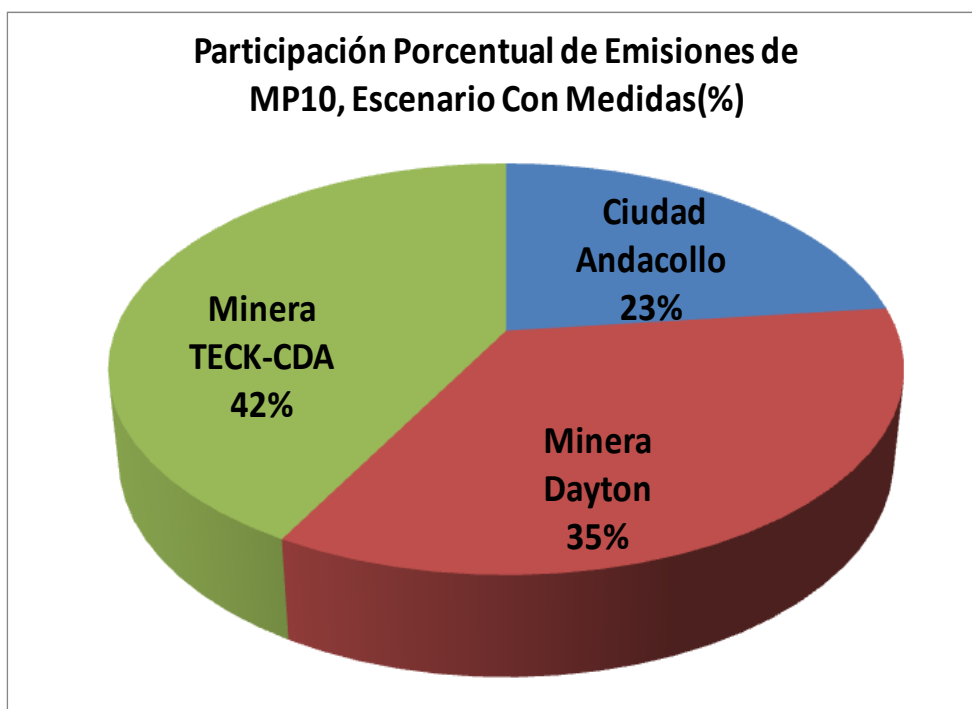


Figura 3-35. Distribución Porcentual de Emisiones MP10 anual en Escenario Con Medidas de Mitigación

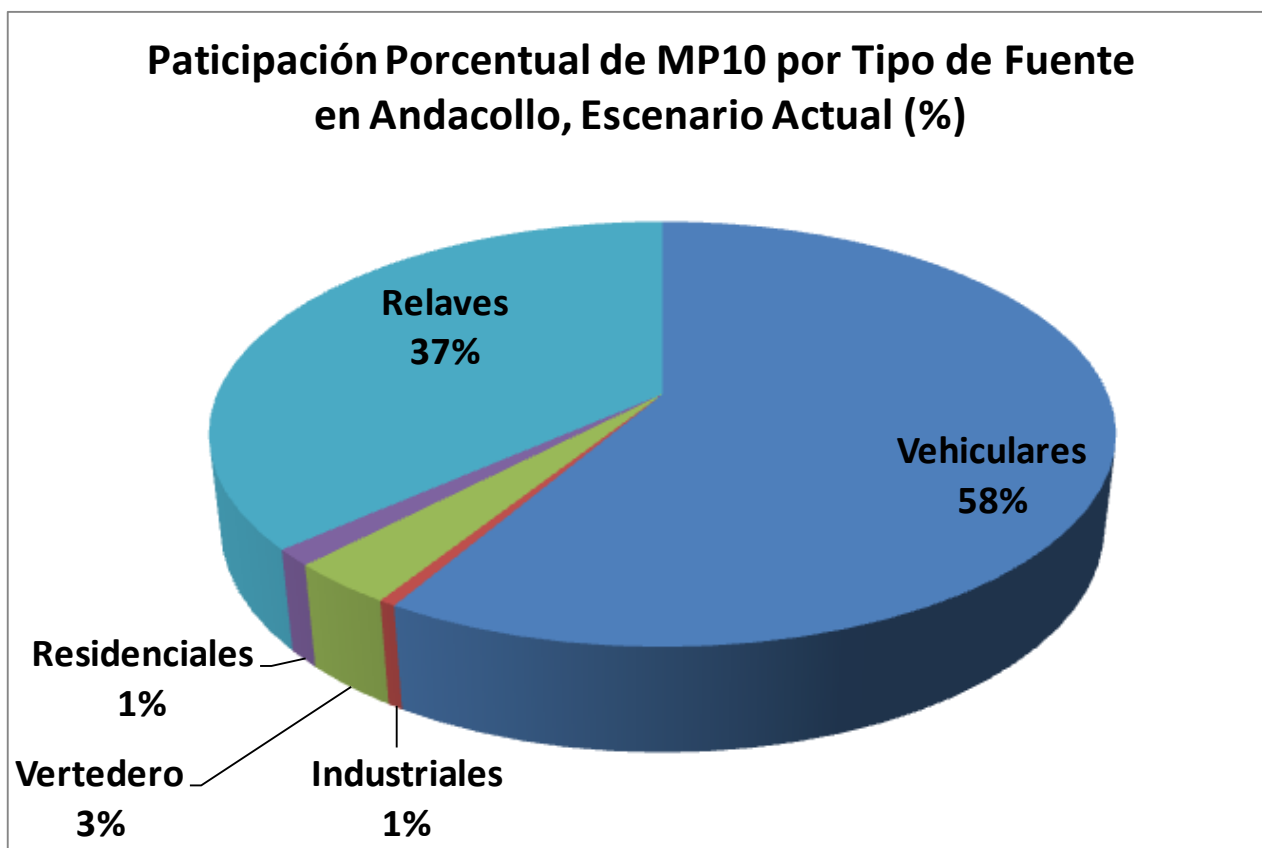


Figura 3-36. Distribución Porcentual de Emisiones MP10 anual Según Tipo de Fuente en la Ciudad de Andacollo Escenario, Escenario Actual (%)

4 EVALUACIÓN DE DISTRIBUCION ESPACIAL DEL IMPACTO DE FUENTES EMISORAS PRESENTES EN LA ZONA DE ANDACOLLO.

Para la evaluación de la distribución espacial de los impactos sobre la población de las diferentes fuentes emisoras ubicadas en la zona de Andacollo, el inventario confeccionado en etapas previas del estudio fue distribuido temporal y espacialmente, y cargado en un modelo de dispersión. Es importante señalar que la simulación se realizó sobre la situación base considerando el nivel de actividad del año 2010 obtenida a partir de las estadísticas mineras proporcionadas por las empresas y los resultados de las campañas realizadas en la ciudad de Andacollo.

La simulación de dispersión de los contaminantes fue realizada utilizando la herramienta de modelación CALMET/CALPUFF, por ser un modelo preferente de la US EPA, y cuyas cualidades permite la adecuada evaluación de dispersión de emisiones en situaciones de topografía compleja, como es el caso de la zona de Andacollo y las situaciones de explotaciones mineras a rajo abierto.

El nivel de detalle, tanto espacial como temporal con que se debería realizar la simulación, quedo definido a partir de las siguientes características y objetivos del proyecto:

- Topografía compleja en la zona del proyecto caracterizada por continuas variaciones de altura en el terreno.
- Ubicación de fuentes emisoras a evaluar tanto dentro de la ciudad de Andacollo como en zonas relativamente cercana a la ciudad.
- Necesidad de identificar responsabilidad en el impacto de fuentes emisoras ubicadas tanto en la ciudad de Andacollo como en las empresas mineras, con el fin de arrojar antecedentes que permitieran focalizar los esfuerzos de reducción a los que apuntarían las medidas del plan de descontaminación.
- Necesidad de evaluar el impacto de procesos emisores de corta duración, como es el caso de tronaduras.

Los factores antes señalados, determinaron que el modelo debía tener las siguientes características:

- Modelación con alta resolución de grilla de modelación, grilla con espaciamiento de malla de 50m.
- Modelación con alta resolución temporal, modelación hora a hora.
- Modelación con alto nivel de representación de las fuentes, representación de todas las fuentes de emisión de las empresas, y las principales de la ciudad de Andacollo (caminos principales y relaves) como fuentes individuales.
- Modelación de varios escenarios posibles.

Dado las características de la modelación necesaria y del alto nivel de procesamiento que ello implicaba, tanto en la generación de los resultados, como en la calibración y depuración del modelo. Se determino realizar una modelación de alta resolución de un mes, escogiendo el mes a modelar dentro de los que presentaban las peores condiciones de dispersión, y por lo tanto las mayores concentraciones en las emisiones. Observando la información de monitoreo de la calidad del aire histórico disponible, se estableció el mes de Mayo como el mes a modelar.

Aprovechando la relación de linealidad existente entre las emisiones y el impacto atmosférico predicho por el modelo, las concentraciones mensuales a esperar en los otros meses del año se obtuvieron a partir de la relación emisión impacto obtenida en la modelación del mes de mayo, y la emisión de la fuente en cada uno de los meses evaluados, información disponible gracias a que el inventario de emisiones fue realizado con un nivel de resolución diario en el caso de TECK-CDA y de turno en el caso de Dayton. Lo anterior es equivalente a simular el impacto de las emisiones presentes en cada mes, con las condiciones de baja dispersión (meteorología) presentes en mayo, tratándose por lo tanto de un supuesto conservador.

4.1 Resultados de Modelo de Dispersión Atmosférico

4.1.1 Fuentes emisoras simuladas

Las fuentes incluidas en la simulación corresponden a las fuentes puntuales y fugitivas calculadas en el inventario de emisiones, las que han sido simuladas en el modelo utilizando para ello la agrupación y ciclo de emisión que se muestran en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Fuentes Incluidas en las Simulaciones de Dispersión

Descripción	Agrupación	Nº fuentes	Ciclo de emisión considerados
Calles de Andacollo agrupadas	ANDCAG05	15	Serie horaria para cada día de la semana
Calles Andacollo - Bypass	ANDCAM05	52	Serie horaria para cada día de la semana
Calles Andacollo - Bischofitados	ANDCS05B	21	Serie horaria para cada día de la semana
Calles Andacollo - Pavimentados	ANDCS05P	79	Serie horaria para cada día de la semana
Calles Andacollo - Tierra	ANDCS05T	14	Serie horaria para cada día de la semana
Fuentes puntuales Andacollo	ANDPT05	4	Ciclo de 24 horas igual para cada día
Relaves en Andacollo	ANDREL05	16	Ciclo de 24 horas igual para cada día
CDA- tronaduras	CDA05A	5	Serie horaria para cada día del mes
CDA- caminos regados	CDA05T1	113	Serie horaria para cada día del mes
CDA- caminos regados	CDA05T2	103	Serie horaria para cada día del mes
CDA- areas	CDAARE5	22	Ciclo de 24 horas igual para cada día
CDA- chancadores	OCDACHC5	4	Serie horaria para cada día del mes
DYT- areas	DYTARE5	20	Ciclo de 24 horas igual para cada día
DYT- tronaduras	DYT05A	5	Serie horaria para cada día del mes
DYT- caminos bischofitados	DYT05B	5	Serie horaria para cada día del mes
DYT- caminos pavimentado	DYT05P	14	Serie horaria para cada día del mes
DYT- caminos regados	DYT05R	145	Serie horaria para cada día del mes
DYT- chancadores	ODYTCHC5	3	Serie horaria para cada día del mes

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Escenario meteorológico

Los datos meteorológicos usados en las simulaciones para los escenarios estudiados corresponden a las observaciones del periodo Mayo de 2010 de las estaciones Chequipilla, Garita y Urmeneta. El que se escogió, después de un análisis de los datos disponibles de calidad del aire, como el mes en que se presentaron las mayores concentraciones de calidad del aire, lo que concuerda con las condiciones invernales de menor dispersión, pudiéndose considerar por lo tanto como una evaluación conservadora del impacto atmosférico.

Las variables meteorológicas medidas se observan en la tabla siguiente.

Tabla 4-2. Estaciones y Variables Meteorológicas Consideradas en Modelación

Estación	Velocidad del viento	Dirección del viento	Temperatura	Presión Atmosférica	Humedad
Chequipilla	x	x	x		x
Garita	x	x	x	x	x
Urmeneta	x	x	x		x

Fuente: Elaboración propia

Para velocidades de viento muy bajas, se incorpora el tratamiento de vientos débiles recomendado por US EPA, basado en el umbral mínimo de partida del sensor de velocidad, asignando un valor de 0.5 m/s a las velocidades menores a ese valor.

El la figura siguiente se muestra un mapa con la distribución espacial del las mediciones meteorológicas.



Figura 4-1. Ubicación de estaciones Meteorológicas

4.1.3 Condiciones de simulación

Las condiciones generales consideradas para todas las simulaciones en Calmet -Calpuff, se describen a continuación:

- Valores de cálculo: promedios de concentración horaria en grilla y receptores
- Uso de parámetros de dispersión para condiciones rurales, es decir, uso de suelo y perfiles de velocidad del viento rurales.
- Opciones de regulación de la elevación del penacho:
 - Modelación de la transición de la elevación del penacho (transitional plume rise modeled)
 - Modelación del efecto aerodinámico de descenso por la chimenea (Stacktip downwash modeled)
 - Modelación del viento vertical sobre el tope de la chimenea (vertical wind shear above stack top modeled)
 - Modelación del ingreso el penacho (Partial plume penetration modeled)
 - Cálculo de la intensidad de la inversión a partir del gradiente de temperatura
- Opciones de dispersión: Cálculo de los coeficientes de dispersión turbulentos desde la micro meteorología.
- Opción de modelación de efectos del terreno: Método de ajuste de Calpuff para la grilla y receptores
- Cálculos para promedios de 1 hora y 24 horas
 - Parámetros de fuente: Tipos puntual y área
- Configuración de receptores: grilla cartesiana
- Tipo de contaminante modelado: MP10.

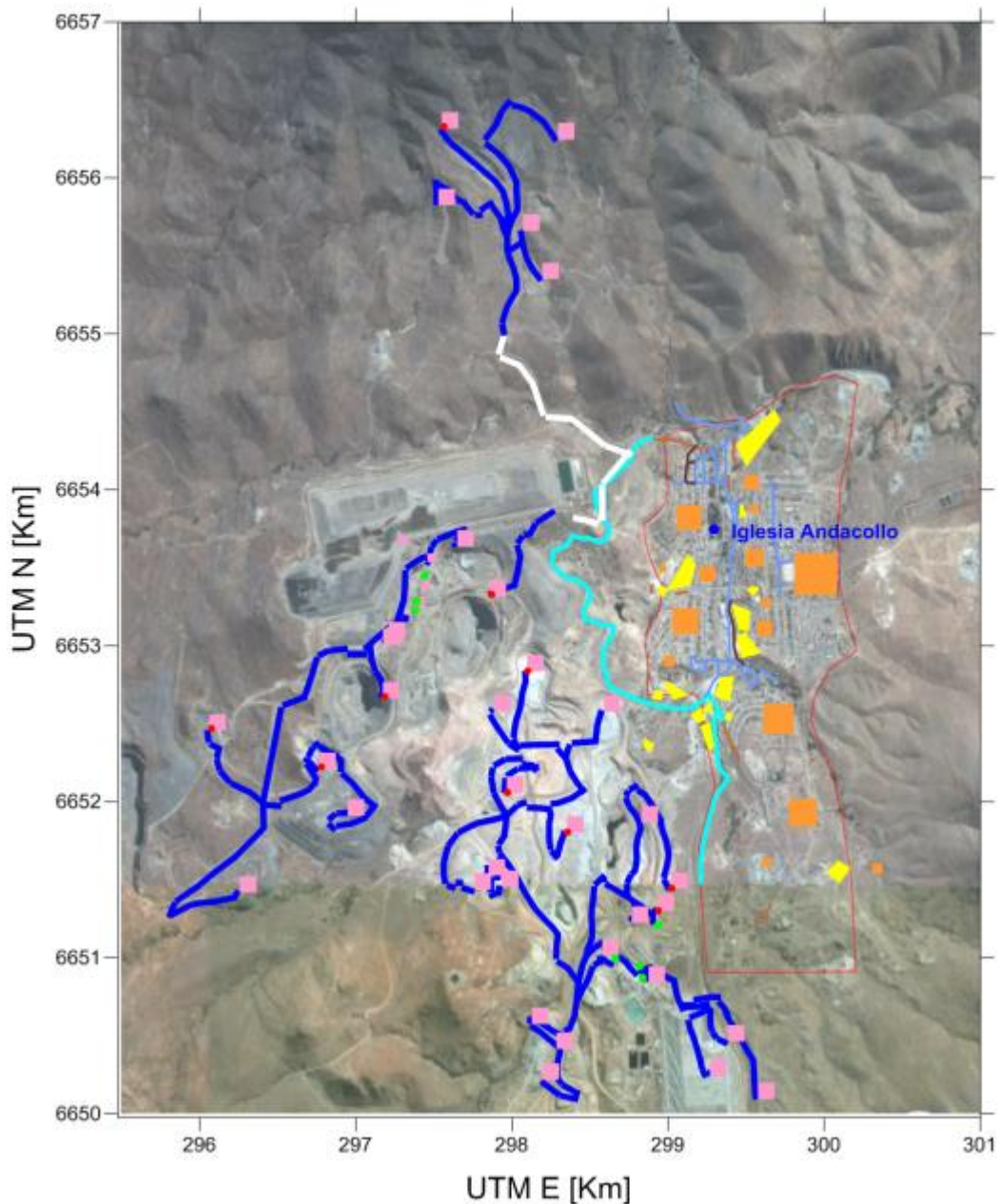
4.1.4 Malla de puntos receptores

Se seleccionaron dos grillas de modelación, la primera correspondiente a la grilla del campo meteorológico que va desde el 292.0 [km] al 306.0 [km] coordenada UTME y 6646.0 [km] al 6660.6 [km] coordenada UTMN con un espaciamiento de mallas de 50 m, es decir, 281 celdas en dirección E-W y 292 celdas en dirección N-S.

La segunda grilla más pequeña, se utilizó para la distribución de emisiones calculadas por CALPUFF, esta corresponde a 295.5 [km] al 301.0 [km] coordenada UTME y 6650.0 [km] al 6657.0 [km] coordenada UTMN con un espaciamiento de mallas de 50 m.

La ubicación en coordenadas UTM de todas las fuentes de emisión consideradas en la modelación de CALMET/CALPUFF se muestran en la Figura 4-2.

Fuentes Utilizadas



Rosado:	Fuentes de area de minas	Calipso:	Camino Bypass
Rojo:	Tronaduras	Amarillo:	Relaves
Verde:	Chancadores	Celeste:	Camino Andacollololo pavimentado
Azul:	Caminos de mina de tierra	Café:	Camino Andacollololo de tierra
Blanco:	Camino Pavimentado hacia Las Loas	Naranja:	Camino agrupado

Figura 4-2. Ubicación espacial de fuentes simuladas

4.1.5 Calibración de la simulación

Las metodologías de cálculo de emisiones tienen fuentes de incertidumbre, las que son mayores en el caso de fuentes fugitivas (por la naturaleza del proceso y el factor de emisiones asociado, la estimación del nivel de actividad, entre otros aspectos) y menores en el caso de fuentes controladas que permiten realizar mediciones directas de emisiones (mediciones isocinéticas) o bien estimaciones por balance de masas. En este estudio la mayor parte de las fuentes es de tipo fugitivas (tronaduras, carga y descarga de materiales, levantamiento de polvo por tránsito, emisiones residenciales, relaves, etc.).

Por otra parte, la metodología de cálculo del modelo de dispersión agrega incertidumbre y sesgo, a través de la suavización del terreno y el planteamiento matemático para la solución de ecuaciones de continuidad en la dispersión de contaminantes, entre otras simplificaciones.

Para disminuir la incertidumbre de las predicciones del modelo, se recurre a la calibración de sus predicciones. La calibración de la simulación se realiza comparando los resultados crudos de la simulación, los que se obtienen en la primera corrida del modelo sin modificaciones, con las observaciones de calidad de aire en una o más estaciones para los períodos en que se dispone de datos, considerando que parte de esas mediciones son aportes de otras fuentes no cuantificadas en el inventario y el nivel de fondo siempre presente.

La calibración del modelo requiere de la agrupación de fuentes que tienen en común características similares en la forma de estimación (misma metodología de cálculo de factor de emisión, ubicación, nivel de actividad, etc.). La agrupación escogida de fuentes de emisión para la realización de la modelación y la calibración del modelo se ha presentado en la Tabla 4-1. Se hace notar que la realización de la calibración del modelo pretende mejorar el inventario de emisiones toda vez que los factores calculados modifican los factores de emisión utilizados, por presentar éstos la mayor incertidumbre, en comparación a la información de nivel de actividad, las variables topográficas y meteorológicas.

Los aportes de cada grupo de fuentes se asumen lineales, de modo que en el ejercicio de sensibilización se utiliza la siguiente relación general:

$$C_s^i = \sum_{j=1}^m f_j * a_j * EF_j$$

Donde,

C_s^i : Valor estimado de MP_{10} en estación de monitoreo.

a_j : Factor de dispersión de la fuente j en receptor ubicado en la estación de monitoreo.

EF_j : Emisión de MP de la fuente j .

f_j : Factor de ajuste del aporte de la fuente j de MP en el receptor localizado en la estación de monitoreo.

m : Número de grupos de fuentes.

En la relación anterior sólo se consideran las fuentes identificadas en el inventario de emisiones. Las iteraciones se realizan utilizando un modelo lineal que minimiza la diferencia entre los valores promedio diario observados y los promedios diarios simulado para los períodos con mediciones.

El modelo a optimizar queda formulado como sigue:

$$\min \sum_{i=1}^n |C_m^i - C_s^i|$$

Sujeto a restricciones de variación de f_j de acuerdo a incertidumbre en la determinación del factor de emisión

C_s^i : Valor estimado de MP_{10} en estación de monitoreo

C_m^i = Concentración medida en la estación de monitoreo

n= Número de mediciones disponibles

4.1.5.1 Sensibilización del modelo escenario de Mayo

En este caso, se escogieron las estaciones de medición ubicadas en Chequipilla, El Sauce, Hospital y Urmeneta para la sensibilización del modelo.

La Figura 4-3 a Figura 4-6 muestran los valores iniciales de simulación, la comparación con las mediciones y la respectiva calibración para cada estación de calidad de aire.

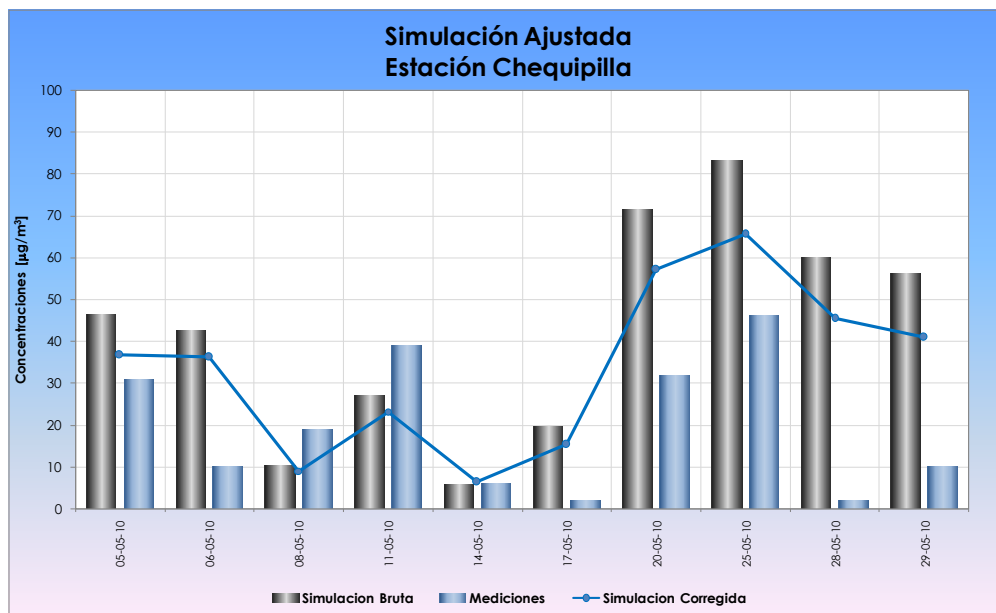


Figura 4-3. Comparación de mediciones y resultados brutos y calibrados de la simulación de Mayo para la estación Chequipilla.

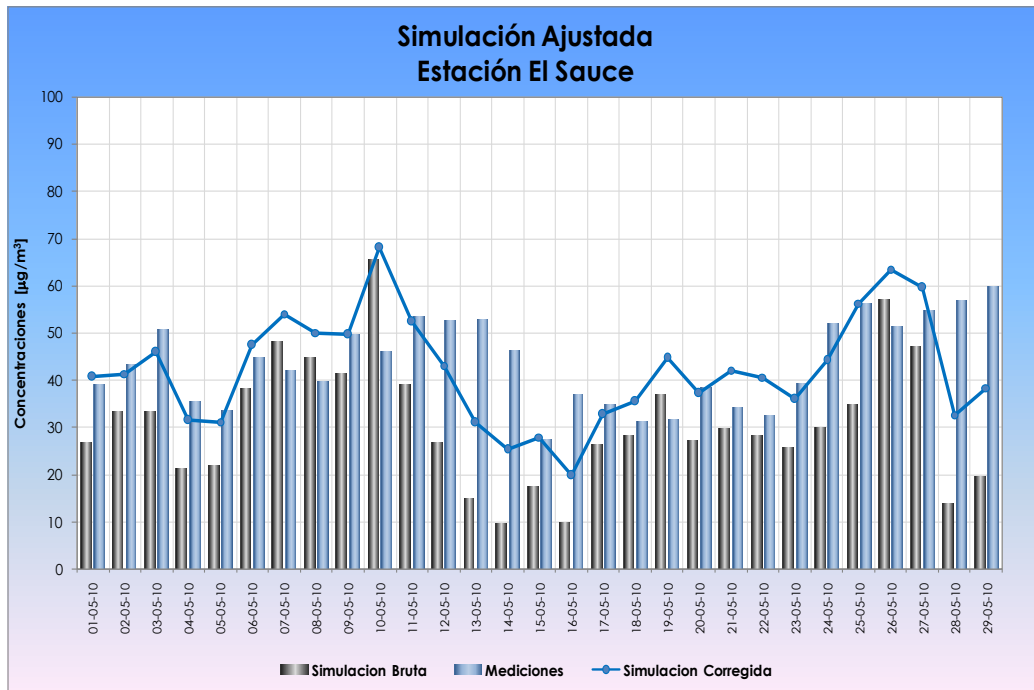


Figura 4-4. Comparación de mediciones y resultados brutos y calibrados de la simulación de Mayo para la estación El Sauce.

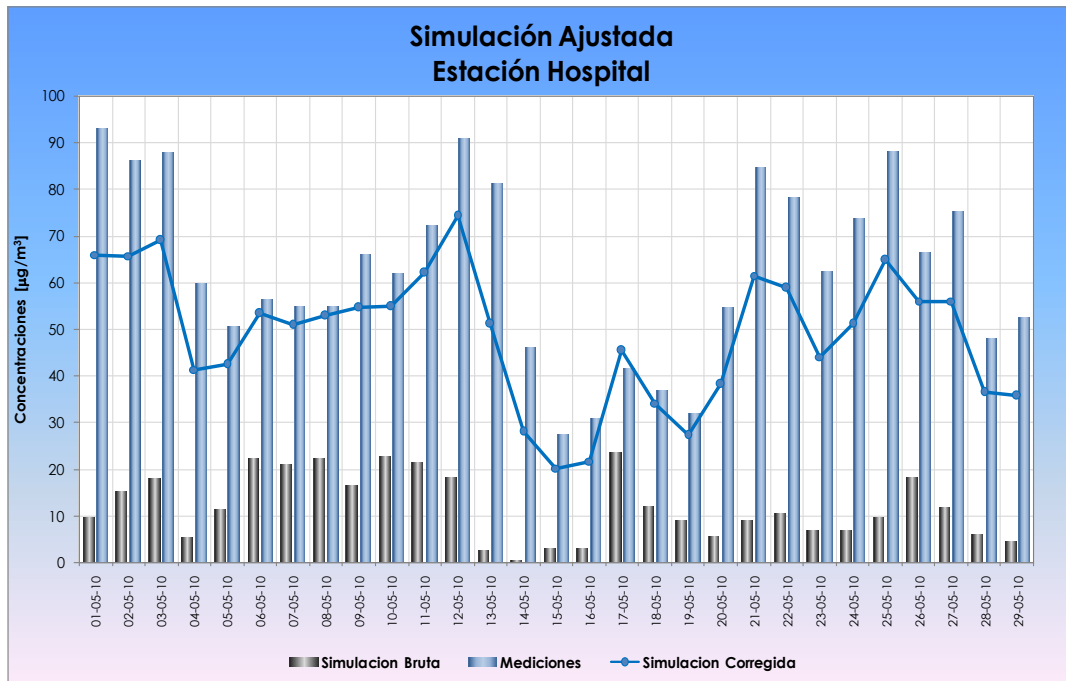


Figura 4-5. Comparación de mediciones y resultados brutos y calibrados de la simulación de Mayo para la estación Hospital.

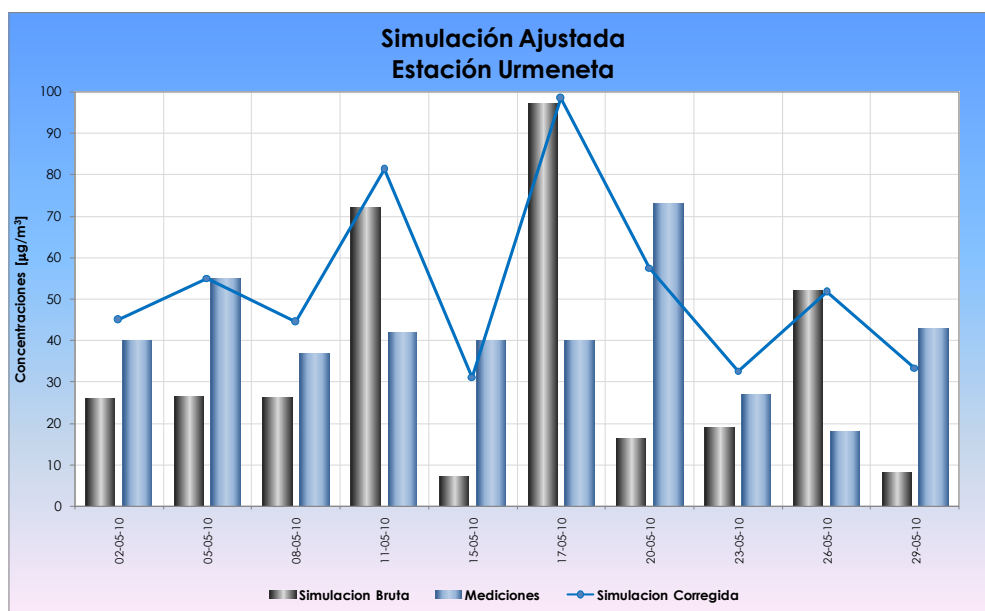


Figura 4-6. Comparación de mediciones y resultados brutos y calibrados de la simulación de Mayo para la estación Urmeneta.

Después del proceso de sensibilización la comparación de las mediciones con los valores simulados corregidos tiene una mejoría evidente. En el caso de Hospital se observa claramente que el impacto de las fuentes simuladas no explica el total de concentraciones medido y por lo tanto, en el entorno cercano a esta estación existen fuentes que no fue posible identificar durante la construcción del inventario. Por otro lado, los resultados simulados en la Estación de Chequipilla se ajustan a las mediciones reportadas en este periodo.

Los resultados obtenidos a partir de las ponderaciones para las agrupaciones en cada escenario se muestran en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Ponderaciones Asociadas a las Concentraciones de MP_{10} de los Grupos de Fuentes

Identificación de grupo de fuente	Multiplicadores
ANDCAG05	1.004
ANDCAM05	0.9467
ANDCS05B	1.0042
ANDCS05P	1.1
ANDCS05T	1.0019
ANDPT05	1.0039
ANDREL05	1.0361
CDA05A	1
CDA05T1	0.9
CDA05T2	0.9

Identificación de grupo de fuente	Multiplicadores
CDAARE5	0.9
DYTARE5	1.0406
DYT05A	0.9995
DYT05B	1.0103
DYT05P	1.3
DYT05R	1.3
OCDACHC5	0.7
ODYTCHC5	1.0904
CHEP	0
SAUC	0.3
HOSP	0.6
URME	0.5934

Fuente: Elaboración propia

Del ajuste de resultados se desprende que en mayo, las emisiones de la ciudad de Andacollo fueron subestimadas en menos de un 10%, los caminos de CDA fueron sobre estimados en un 10% y los caminos de Dayton subestimados en un 30%, en el caso de los chancadores que se consideraron sin medidas de mitigación estos están subestimados en cerca del 10 % para Dayton y sobre estimados en un 30% para CDA. Es decir tienen un impacto mayor al considerado en la primera modelación sin corrección.

Por otra parte, es importante mencionar que en la estación de Chequipilla las fuentes simuladas logran explicar el 100% de las mediciones, sin embargo en El Sauce las fuentes inventariadas explican un 70 % y existe el impacto de un 30% de fuentes que no pudieron ser identificadas. Esto también se observa en la estación Hospital y Urmeneta con un 60%.

4.2 Resultados del modelo

Todos los resultados obtenidos se refieren a dispersión de MP_{10} .

Los resultados obtenidos corresponden a los aportes de MP_{10} emitidos por las fuentes simuladas con las correcciones para mayo, no se ha incorporado el nivel basal y las emisiones de otras fuentes no evaluadas.

Se presentan resultados del modelo ajustado para valores de aporte promedios de 24 horas. En el caso de los receptores individuales se muestran en forma de series de tiempo, y en el caso de la grilla completa de modelación, como isolíneas de concentración de MP_{10} en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

4.2.1 Receptores simulados en puntos de monitoreo Mayo

La tabla siguiente muestra las estimaciones de los valores promedios de concentraciones de MP_{10} de 24 horas y promedios mensuales, para cada uno de las estaciones de monitoreo.

Tabla 4-4. Valores Promedios de 24 Horas para Receptores en los Sitios de Medición

Fecha	Concentraciones simuladas calibradas en los receptores de los sitios de medición (ug/m3)			
	Chequipilla	El Sauce	Hospital	Urmeneta
01-05-2010	71.02	40.67	65.94	18.59
02-05-2010	54.26	41.36	65.69	45
03-05-2010	96.96	45.91	69.09	33.87
04-05-2010	197.68	31.44	41.35	11.36
05-05-2010	36.72	31.19	42.51	55
06-05-2010	97.89	47.39	53.44	46.58
07-05-2010	138.17	54.07	50.92	46.05
08-05-2010	8.97	50.05	52.84	44.4
09-05-2010	10.54	49.73	54.73	22.44
10-05-2010	5.04	68.01	54.91	40.01
11-05-2010	23.22	52.38	62.13	81.35
12-05-2010	20.92	43.07	74.27	16.04
13-05-2010	59.19	31.09	51.25	9.71
14-05-2010	6.4	25.36	28.07	5.48
15-05-2010	26.91	27.92	20.18	31.14
16-05-2010	40.87	19.79	21.7	6.67
17-05-2010	15.34	32.76	45.46	98.49
18-05-2010	180.3	35.49	34.16	24.14
19-05-2010	145.5	44.75	27.34	19.36
20-05-2010	296.38	37.29	38.2	57.47
21-05-2010	80.29	42.13	61.52	12.67
22-05-2010	91.1	40.63	58.91	23.97
23-05-2010	83.47	35.95	44.1	32.67
24-05-2010	271.14	44.27	51.13	15.7
25-05-2010	65.6	56.3	64.84	10.24
26-05-2010	144.69	63.52	55.98	51.67
27-05-2010	124.15	59.63	56	32.82
28-05-2010	45.4	32.66	36.53	8.85
29-05-2010	40.89	38.38	35.83	33.4
30-05-2010	218.07	13.55	45.5	15.38
Promedio mensual	89.90	41.22	48.82	31.68

4.2.2 Resultados de simulación corregida para Mayo

Además, en las Figura 4-7 a Figura 4-12 se muestra el comportamiento horario de las concentraciones (promedio de toda las horas i para cada día de mayo) y el impacto en el entorno.

En las Figura 4-13 a Figura 4-16 se ha simulado un proceso de tronadura en la mina TECK-CDA, se observa que la pluma se aleja de la ciudad de Andacollo, confirmando lo observado en las visitas a terreno respecto a la efectividad de la realización de las tronaduras con viento de dirección norte. Por otra parte, las concentraciones modeladas son muy menores del orden de 0.2 ug/m³ en su punto de mayor concentración, esto junto con los resultados obtenidos en el inventario, indican que los procesos de tronadura son de poca importancia desde el punto de vista de impacto atmosférico.

Así mismo en las figuras Figura 4-17 a Figura 4-24, se ha modelado dos procesos de tronadura en Dayton. En la Figura 4-17 a Figura 4-20 se muestra un proceso de tronadura en el rajo Las Loas, se observa tal como se ha constatado en terreno que la pluma se dirige alejándose de Andacollo, lo que confirma lo observado en terreno respecto a la efectividad de tronar con viento Sur. En la Figura 4-21 a Figura 4-24 se muestra un proceso de tronadura en el rajo Tres Perlas, se observa cierta influencia en la ciudad de Andacollo, si bien la concentración alcanzada en la ciudad de Andacollo es muy menor, de menos de 0.1 ug/m³ como promedio horario.

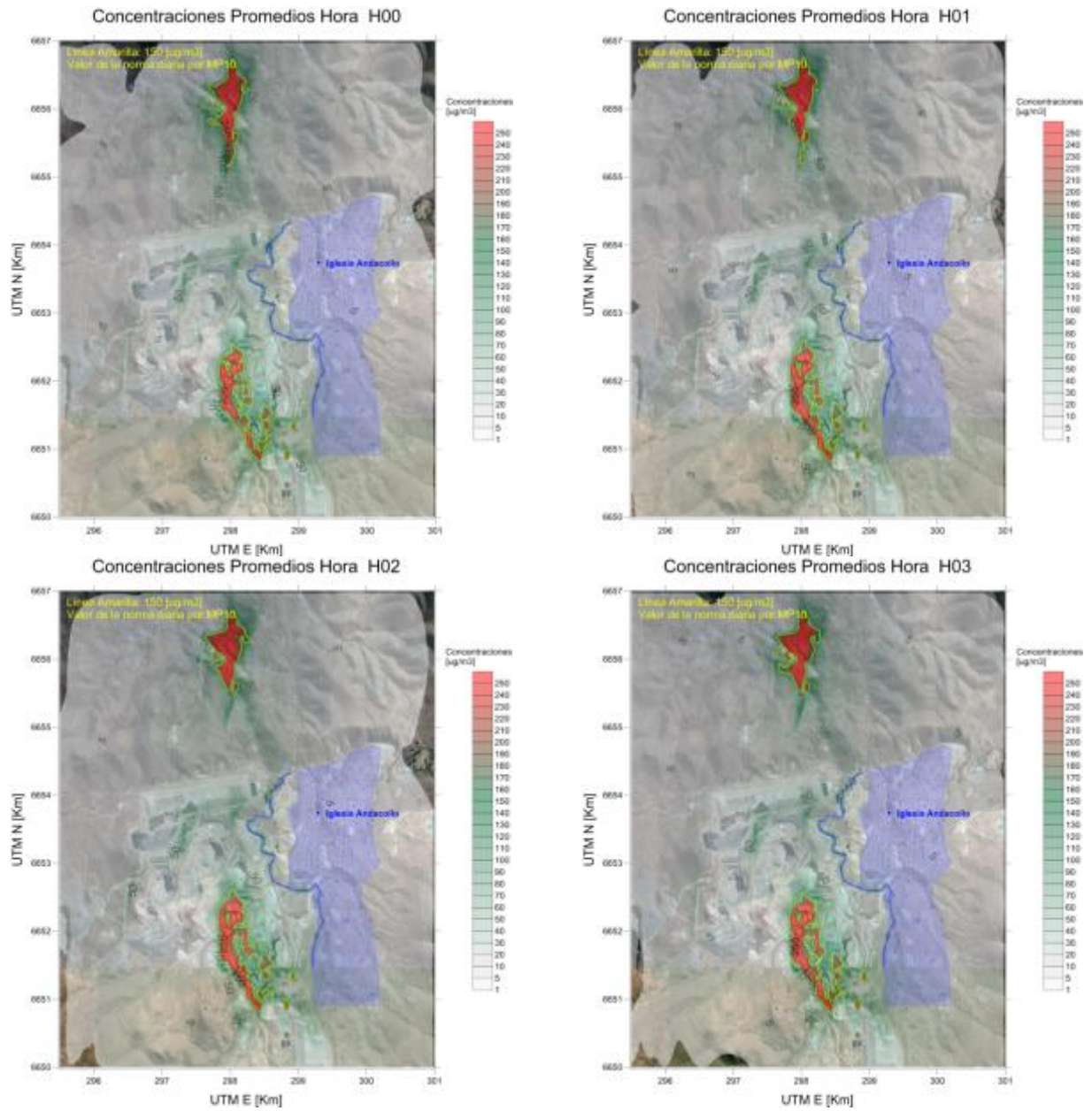


Figura 4-7. Isolíneas de concentración, promedio de hora 00, 01, 02 y 03 - Periodo de Mayo.

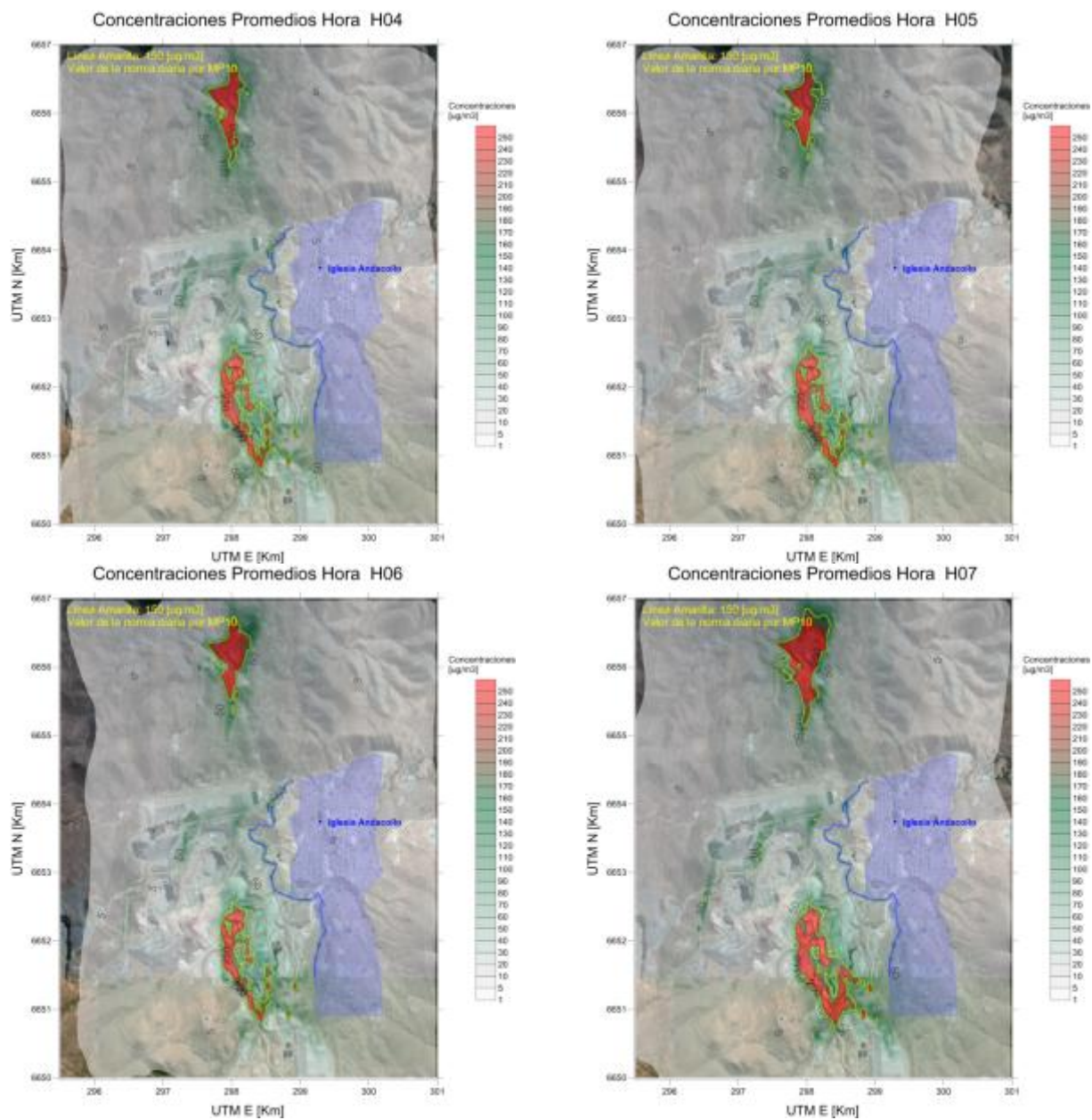


Figura 4-8. Isolíneas de concentración, promedio de hora 04, 05, 06 y 07 - Periodo de Mayo.

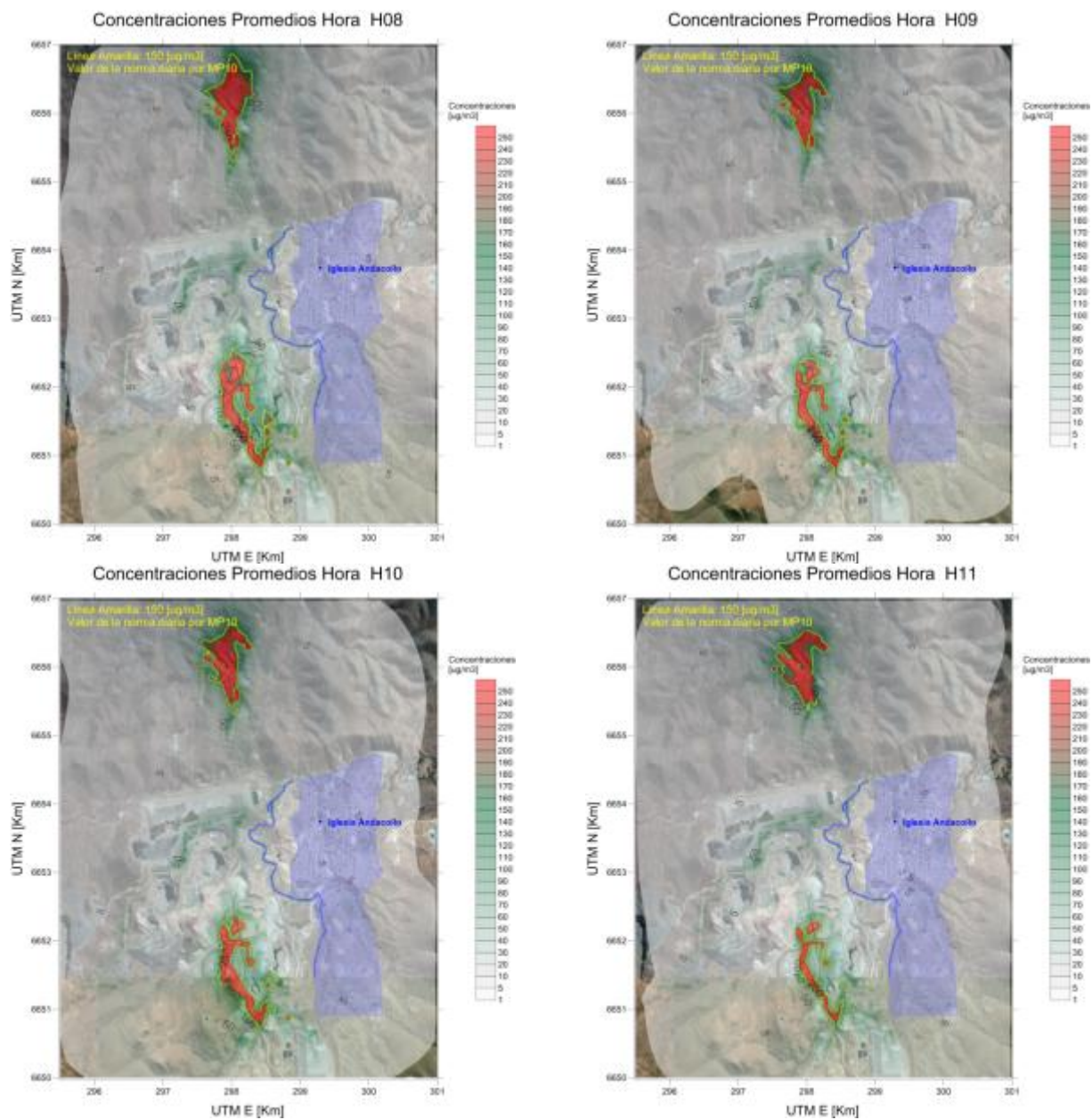


Figura 4-9. Isolíneas de concentración, promedio de hora 08, 09, 10 y 11 - Periodo de Mayo.

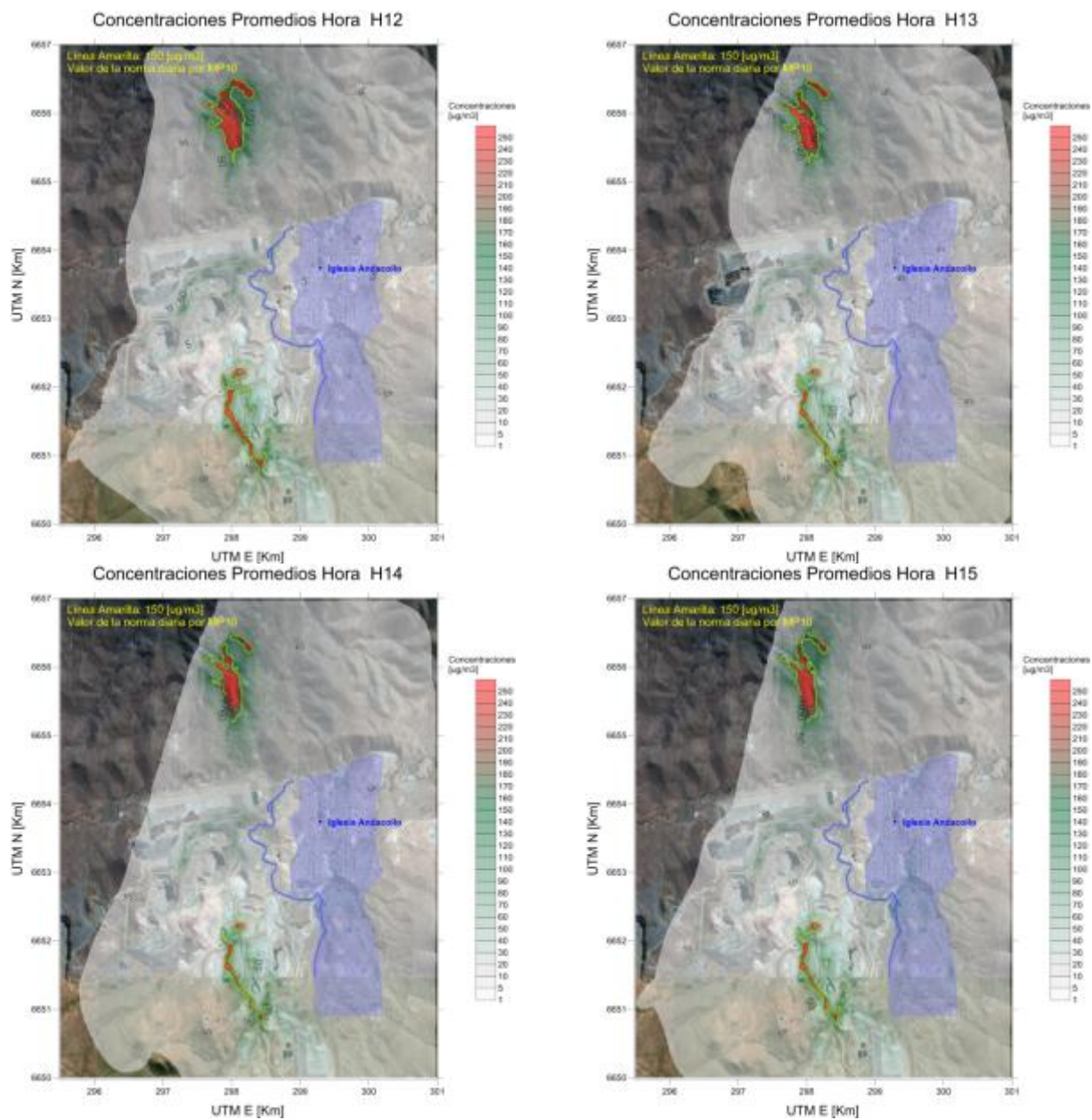


Figura 4-10. Isolíneas de concentración, promedio de hora 12, 13, 14 y 15 - Periodo de Mayo.

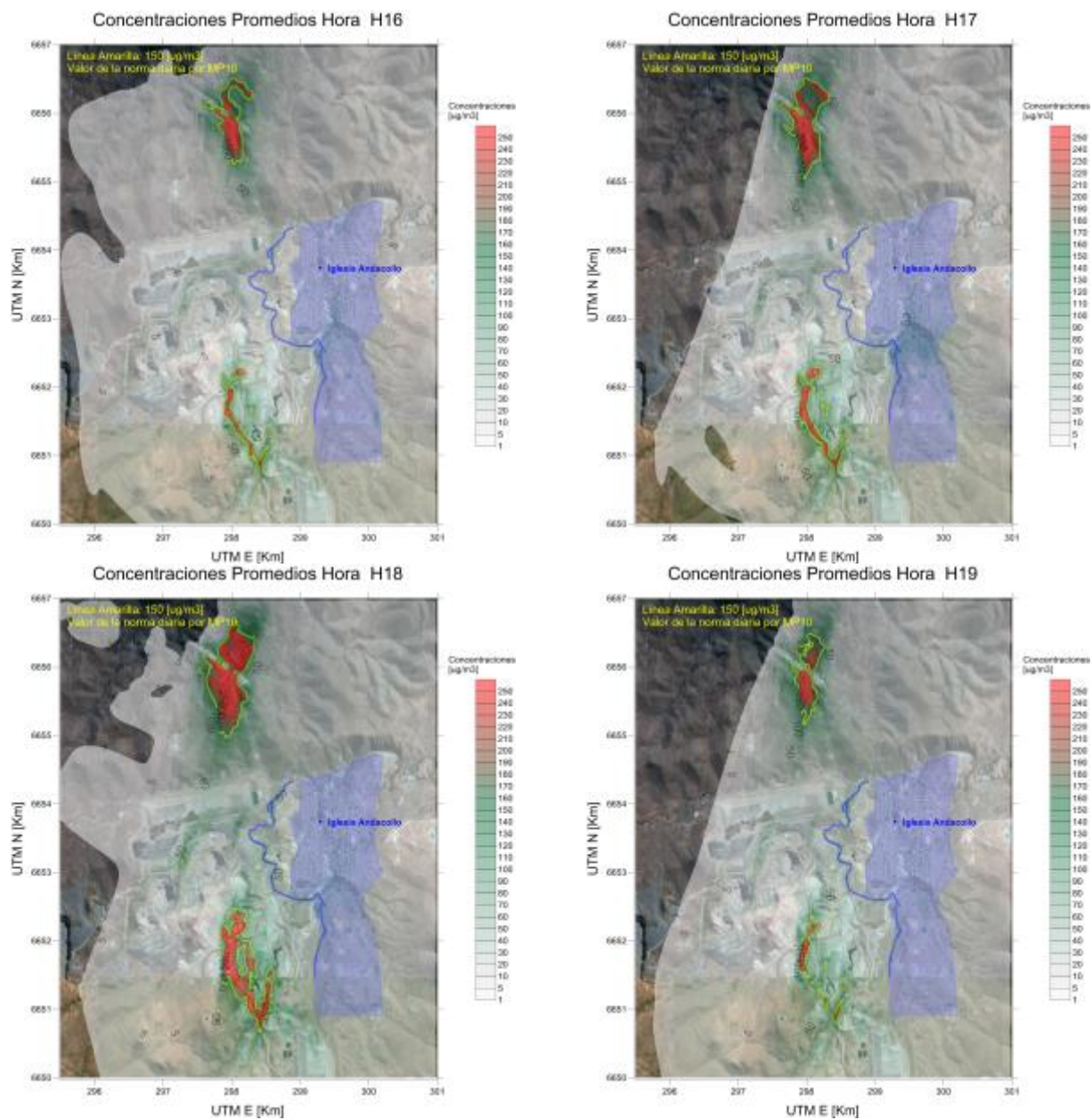


Figura 4-11. Isolíneas de concentración, promedio de hora 16, 17, 18 y 19 - Periodo de Mayo.

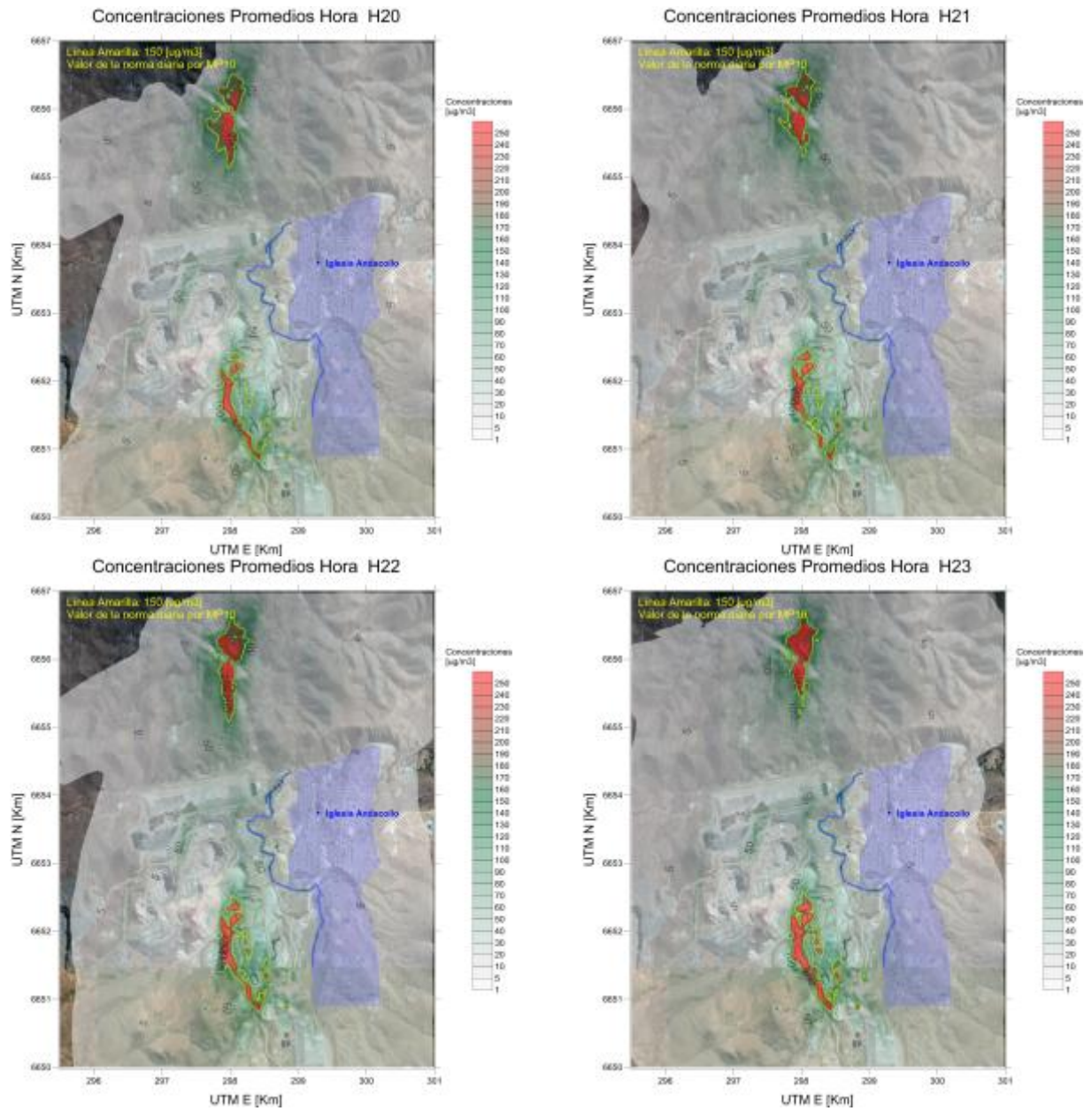


Figura 4-12. Isolíneas de concentración, promedio de hora 20, 21, 22 y 23 - Periodo de Mayo.

4.2.2.1 Simulación de Tronadura en TECK-CDA

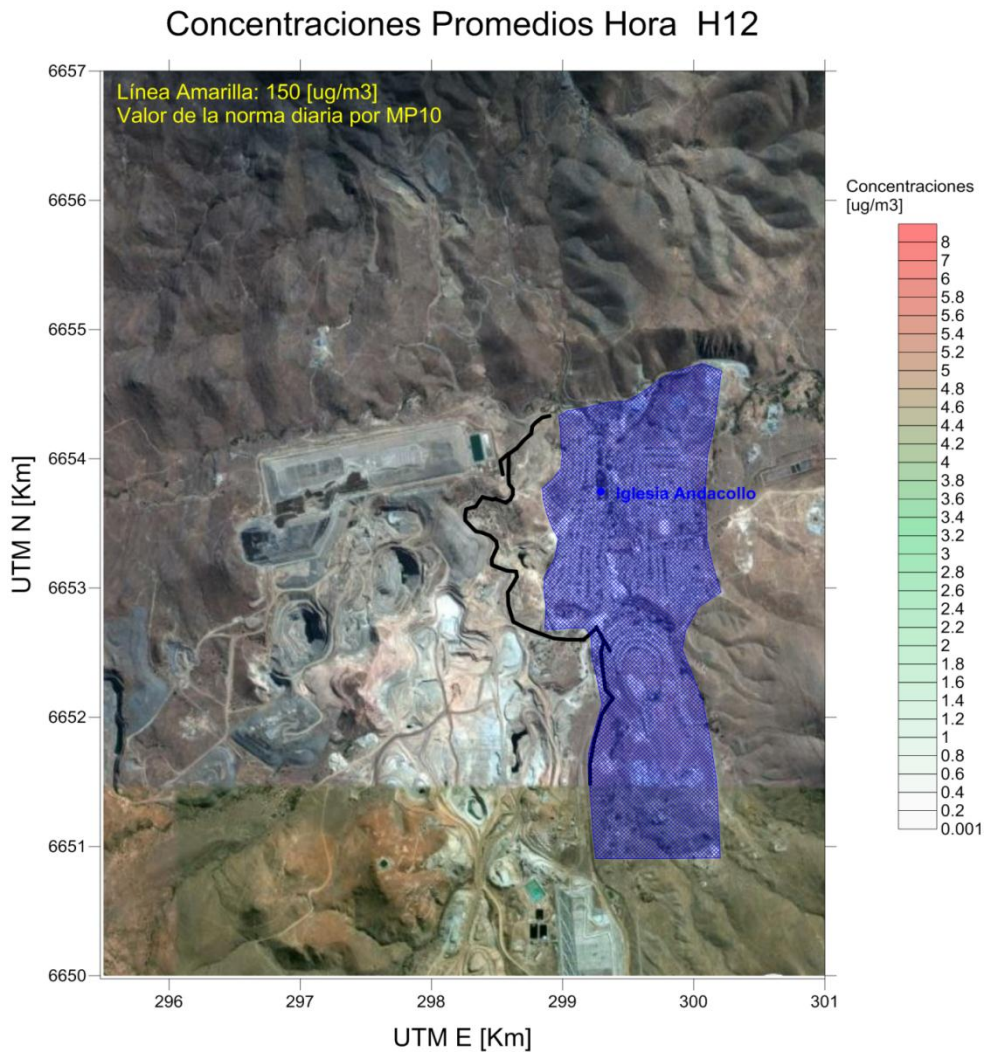


Figura 4-13. Tronadura en TECK-CDA, concentración hora 12 previo a tronadura.

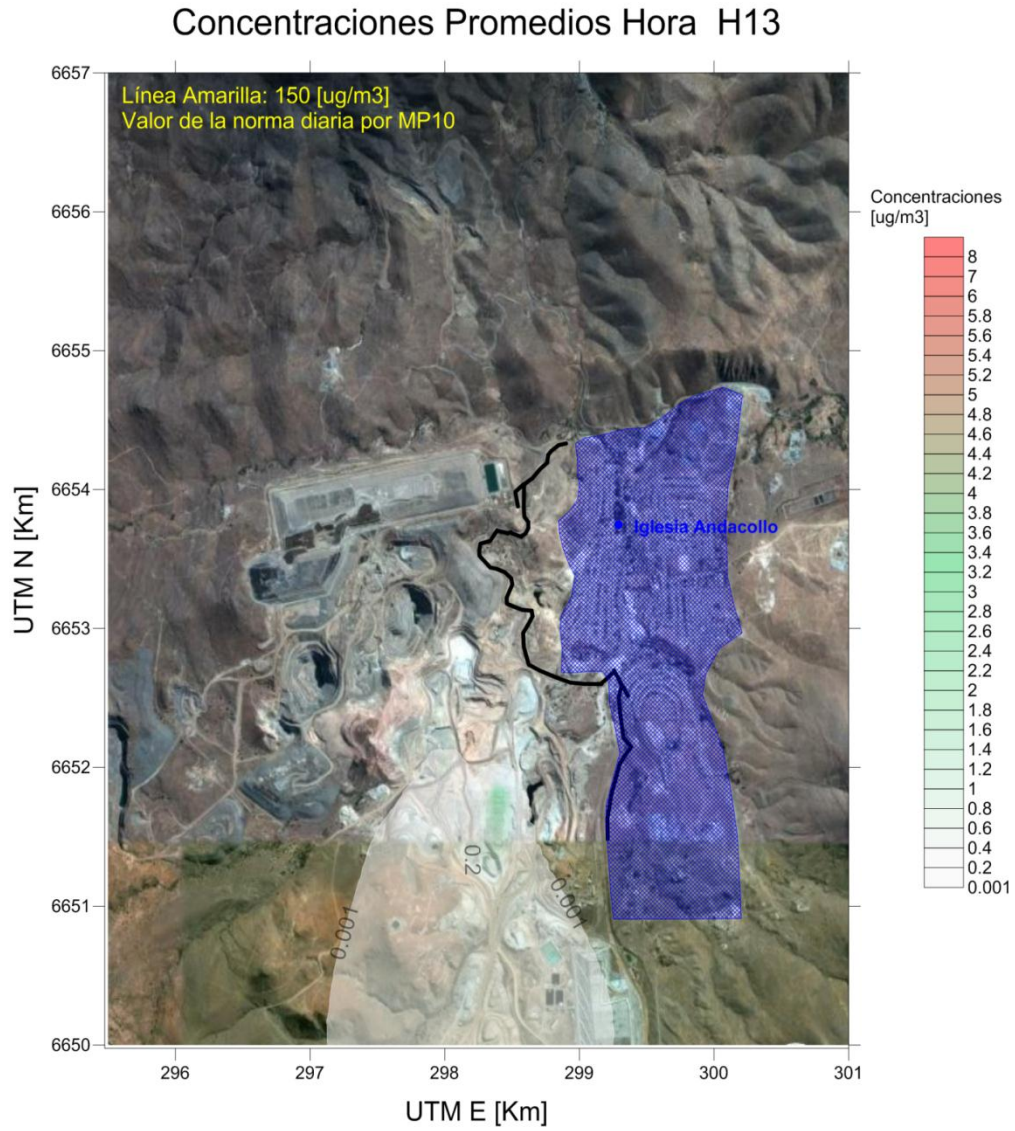


Figura 4-14. Tronadura en TECK-CDA, concentración hora 13 se inicia tronadura.

Concentraciones Promedios Hora H14

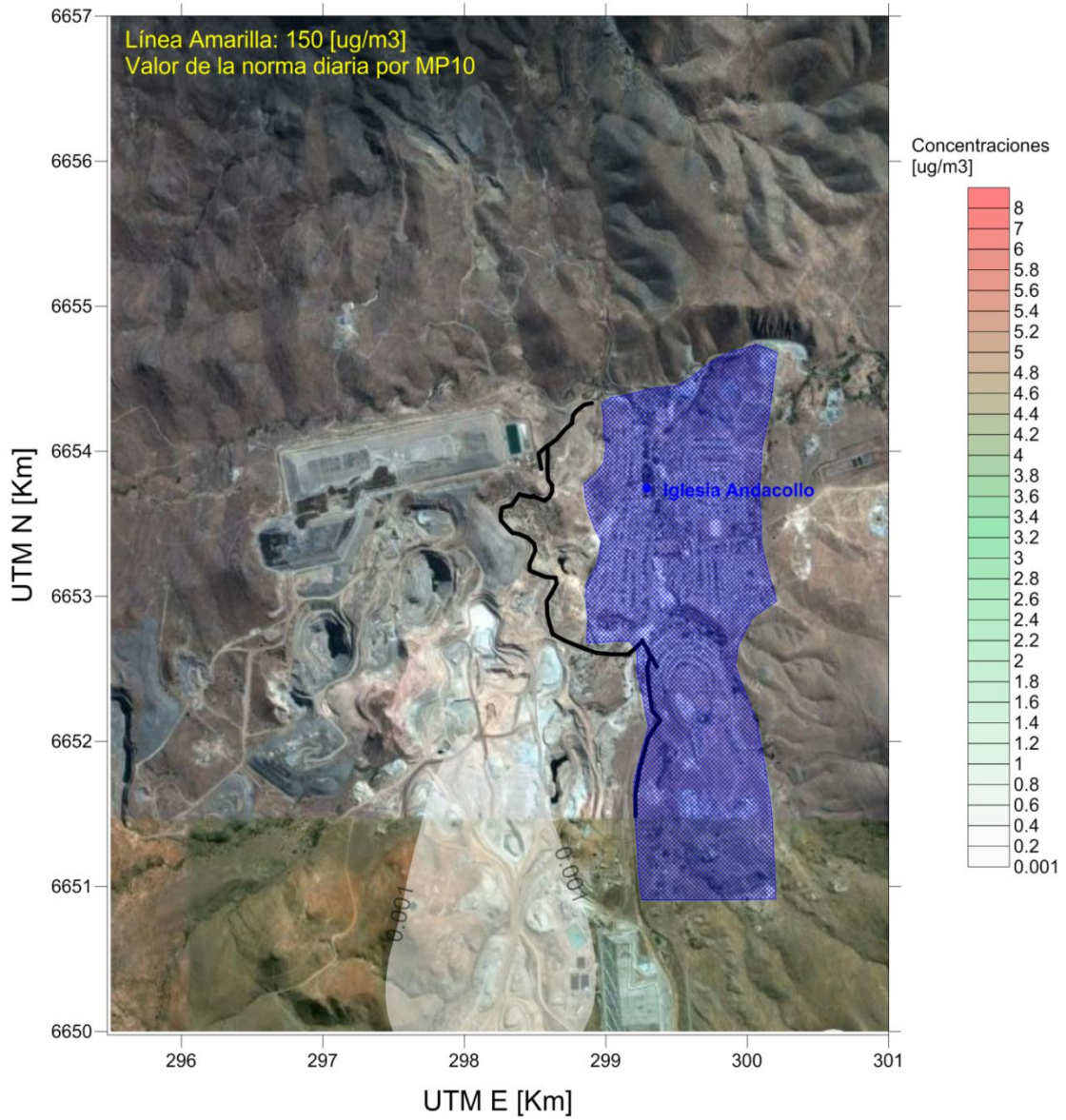


Figura 4-15. Tronadura en TECK-CDA, concentración hora 14 se dispersa tronadura.

Concentraciones Promedios Hora H15

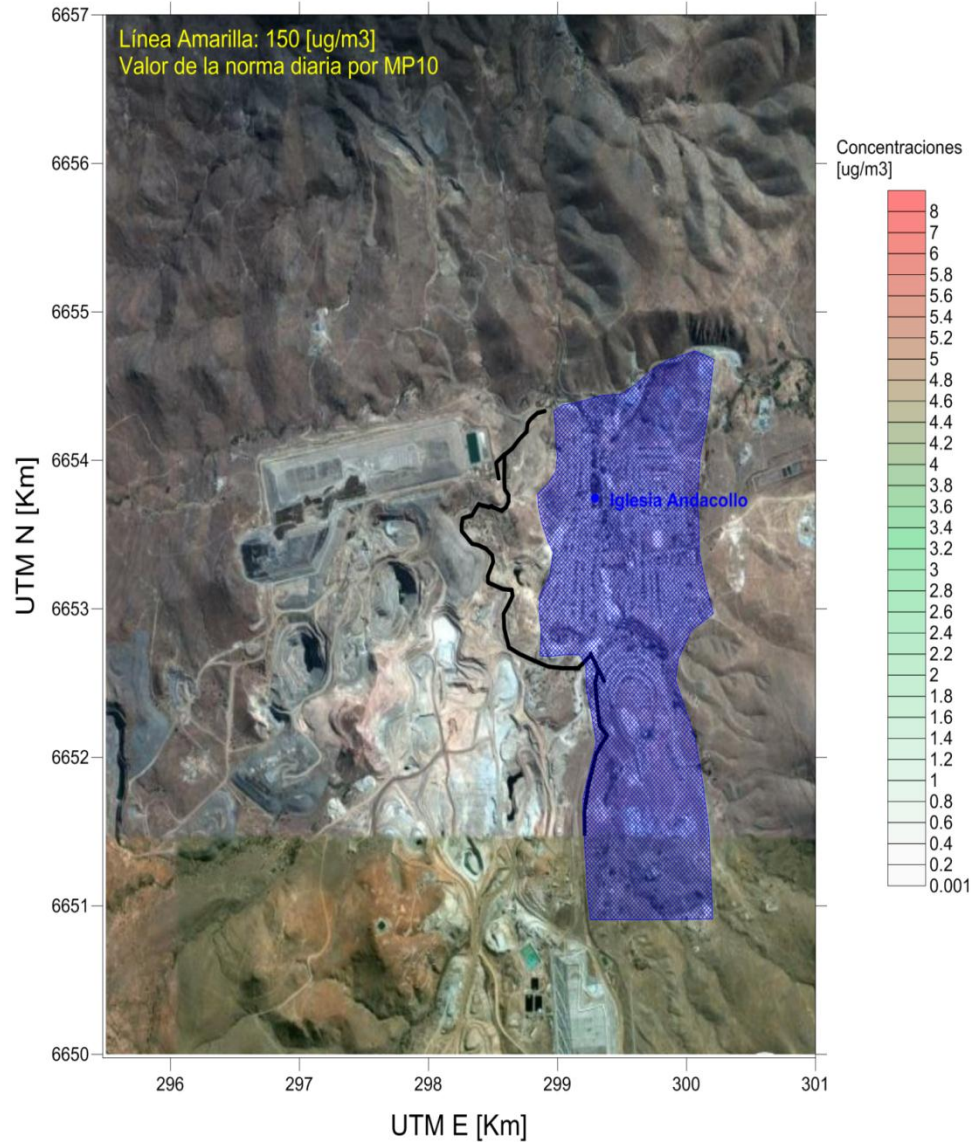


Figura 4-16. Tronadura en TECK-CDA, concentración hora 15 se ha disipado tronadura.

4.2.2.2 Simulación de Tronadura en Dayton

Tronadura en Rajo La Loas

Concentraciones Promedios Hora H07

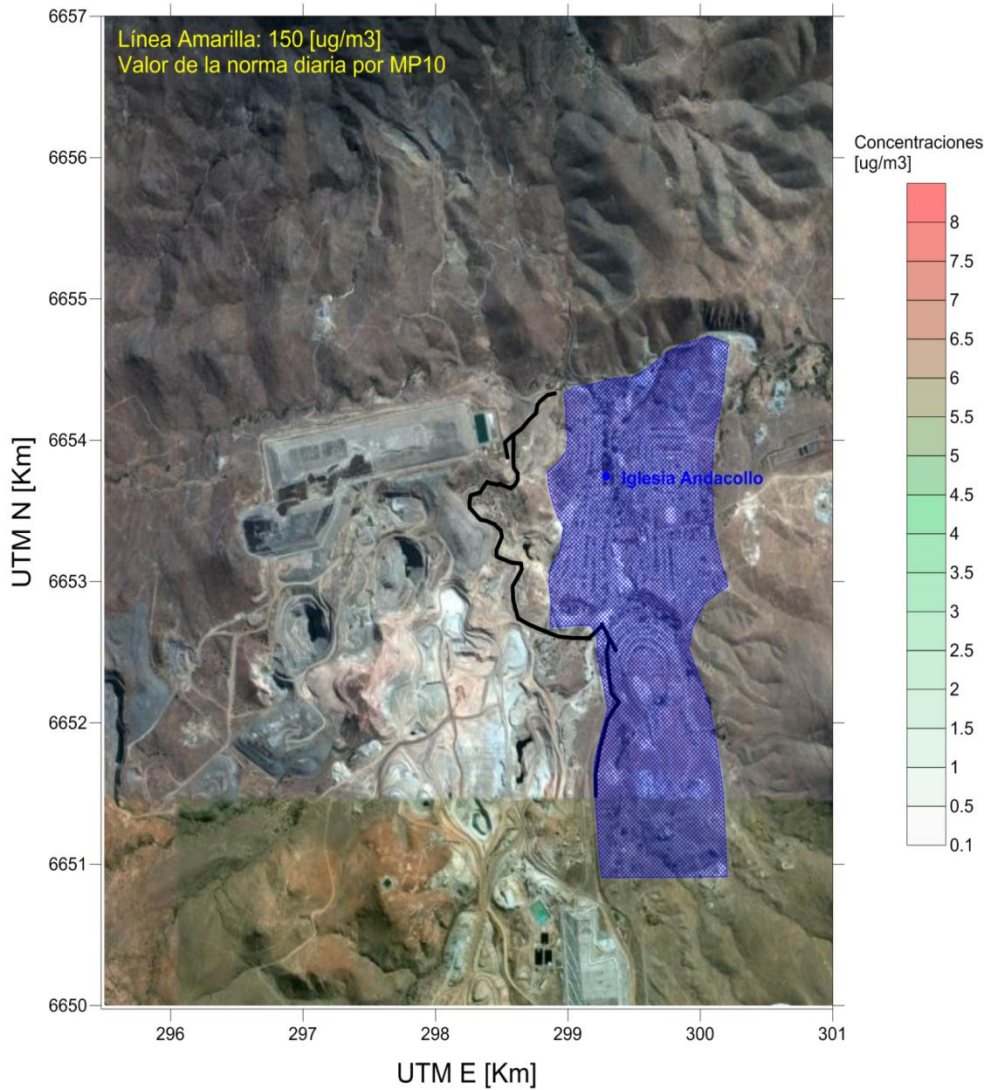


Figura 4-17. Tronadura en Dayton. concentración hora 07 previo tronadura en Las Loas.

Concentraciones Promedios Hora H08

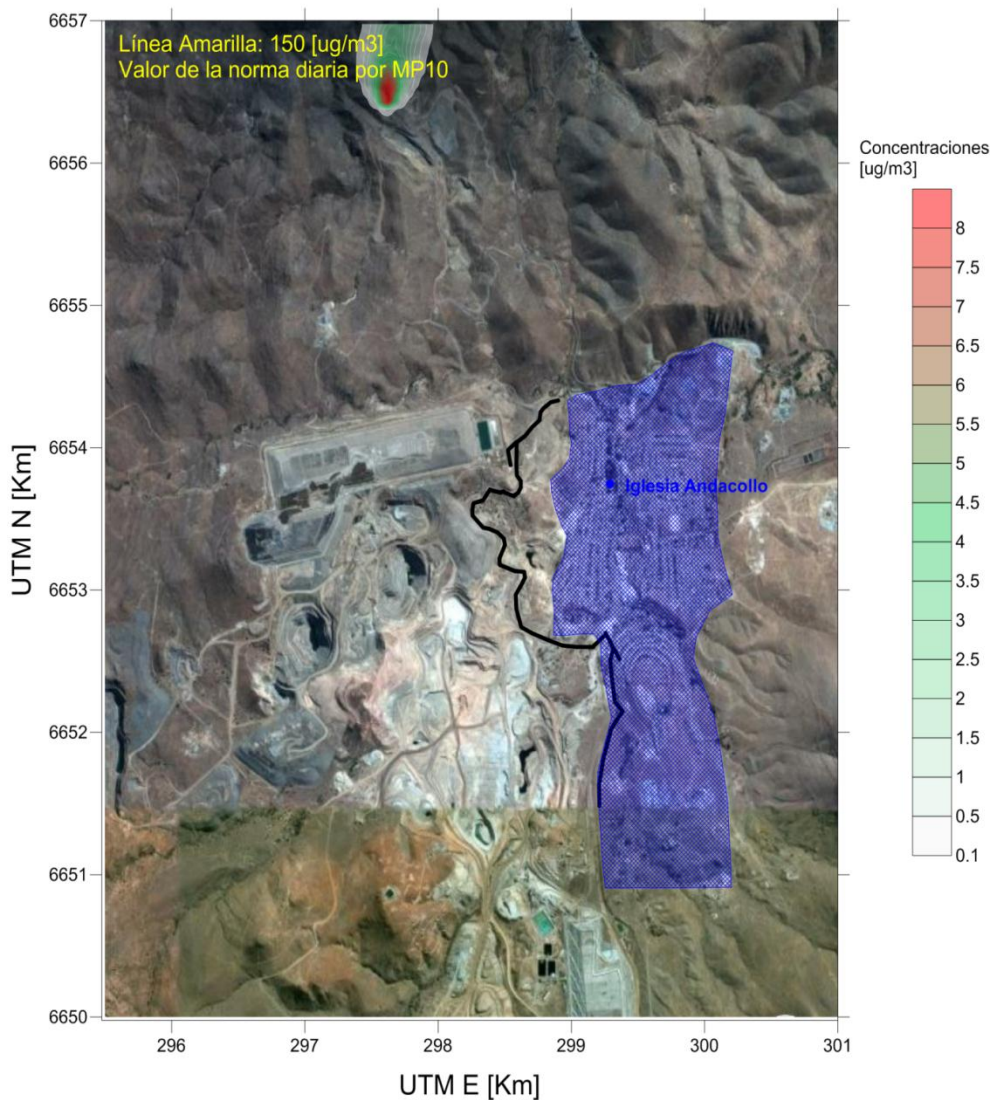


Figura 4-18. Tronadura en Dayton, concentración hora 08 se inicia tronadura en Las Loas.

Concentraciones Promedios Hora H09

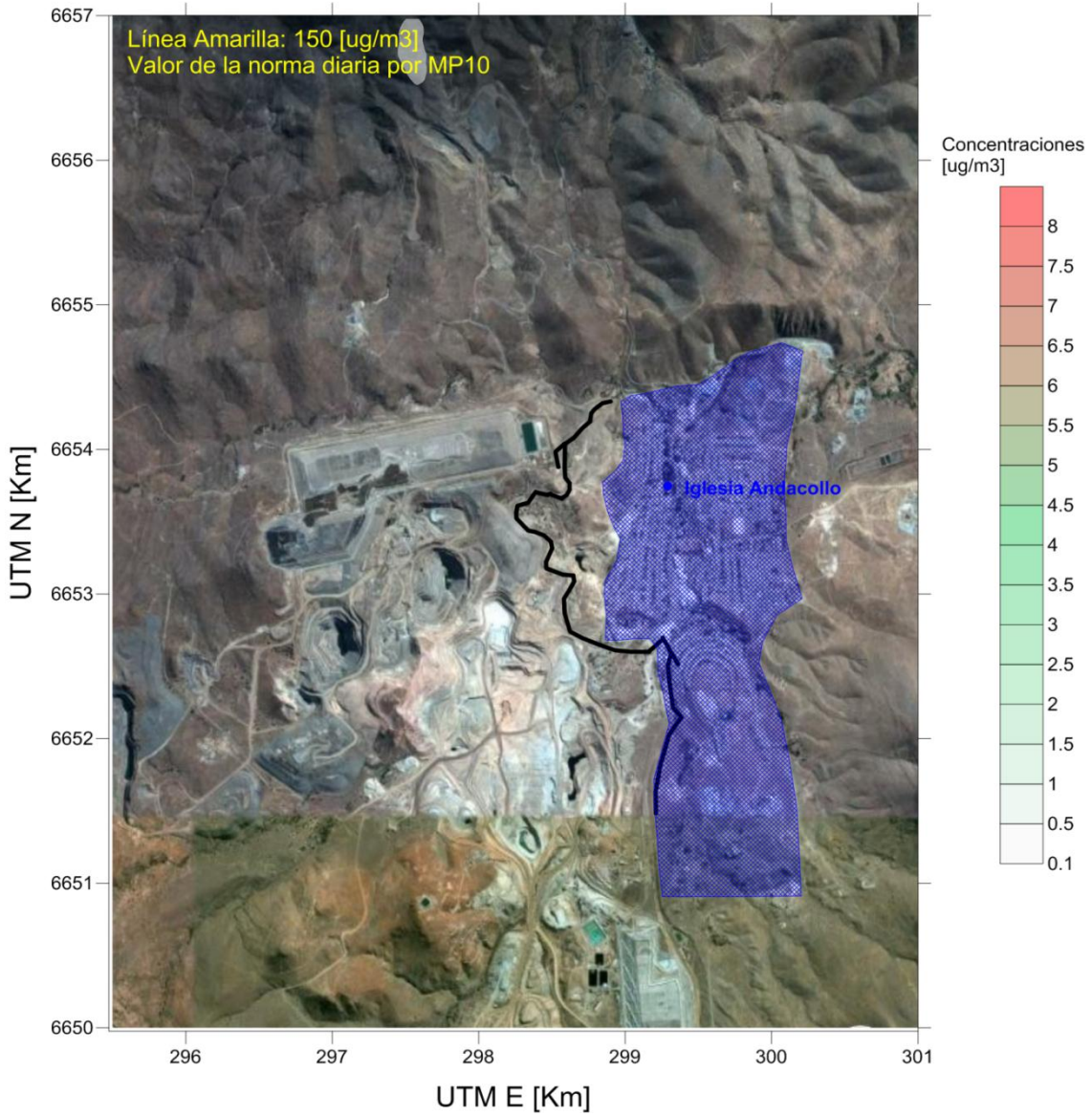


Figura 4-19. Tronadura en Dayton, concentración hora 09 se dispersa tronadura en las Loas.

Concentraciones Promedios Hora H10

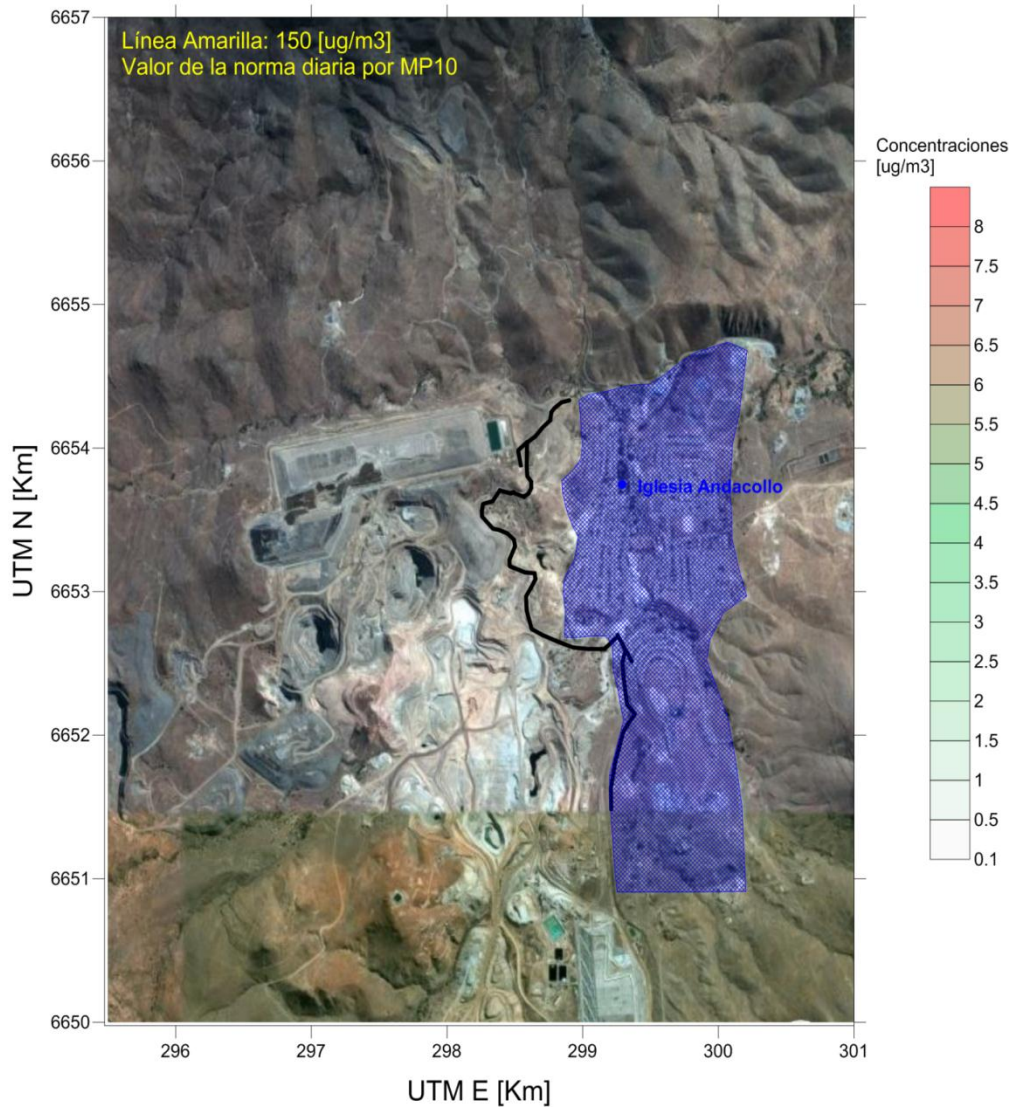


Figura 4-20. Tronadura en Dayton, concentración hora 10 se ha disipado tronadura en las Loas.

Tronadura en Rajo Tres Perlas

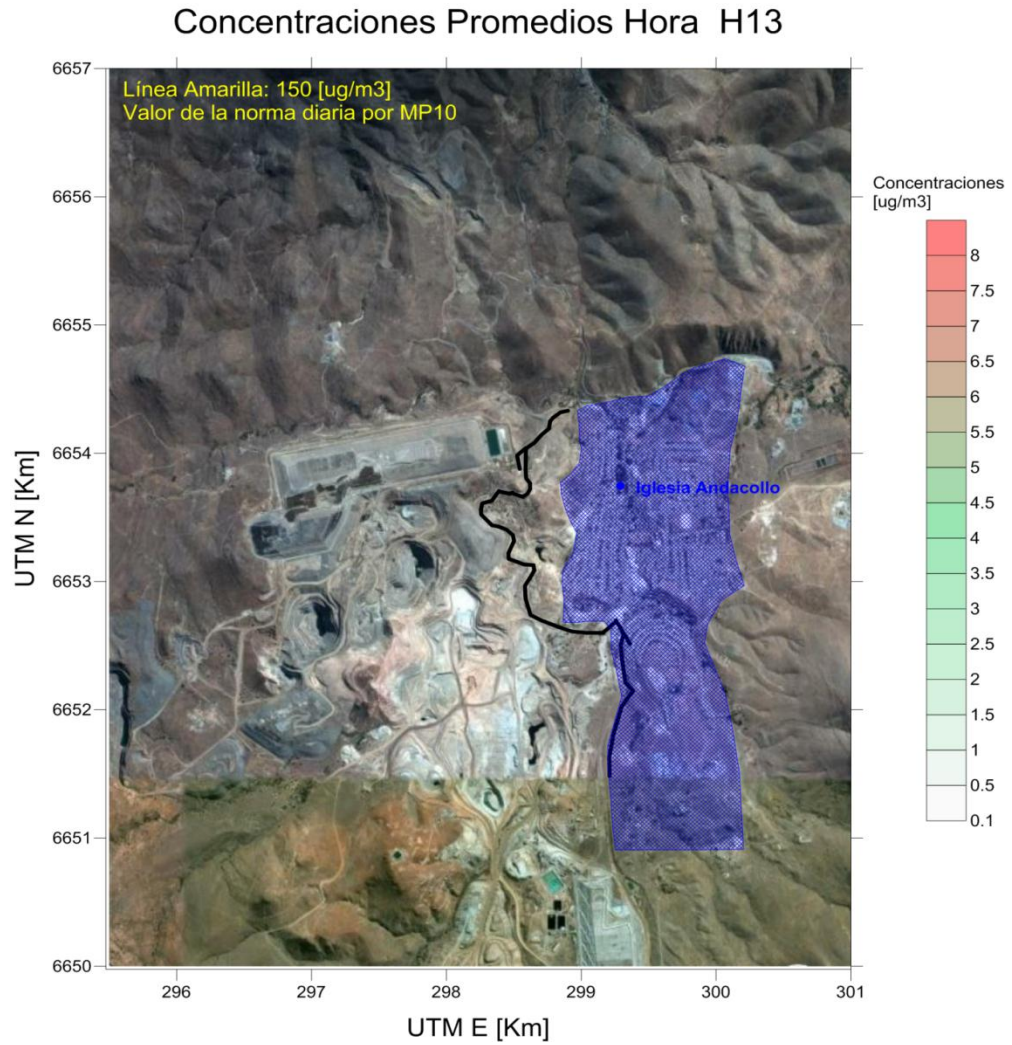


Figura 4-21. Tronadura en Dayton, concentración hora 13 se ha disipado tronadura en Tres Perlas.

Concentraciones Promedios Hora H14

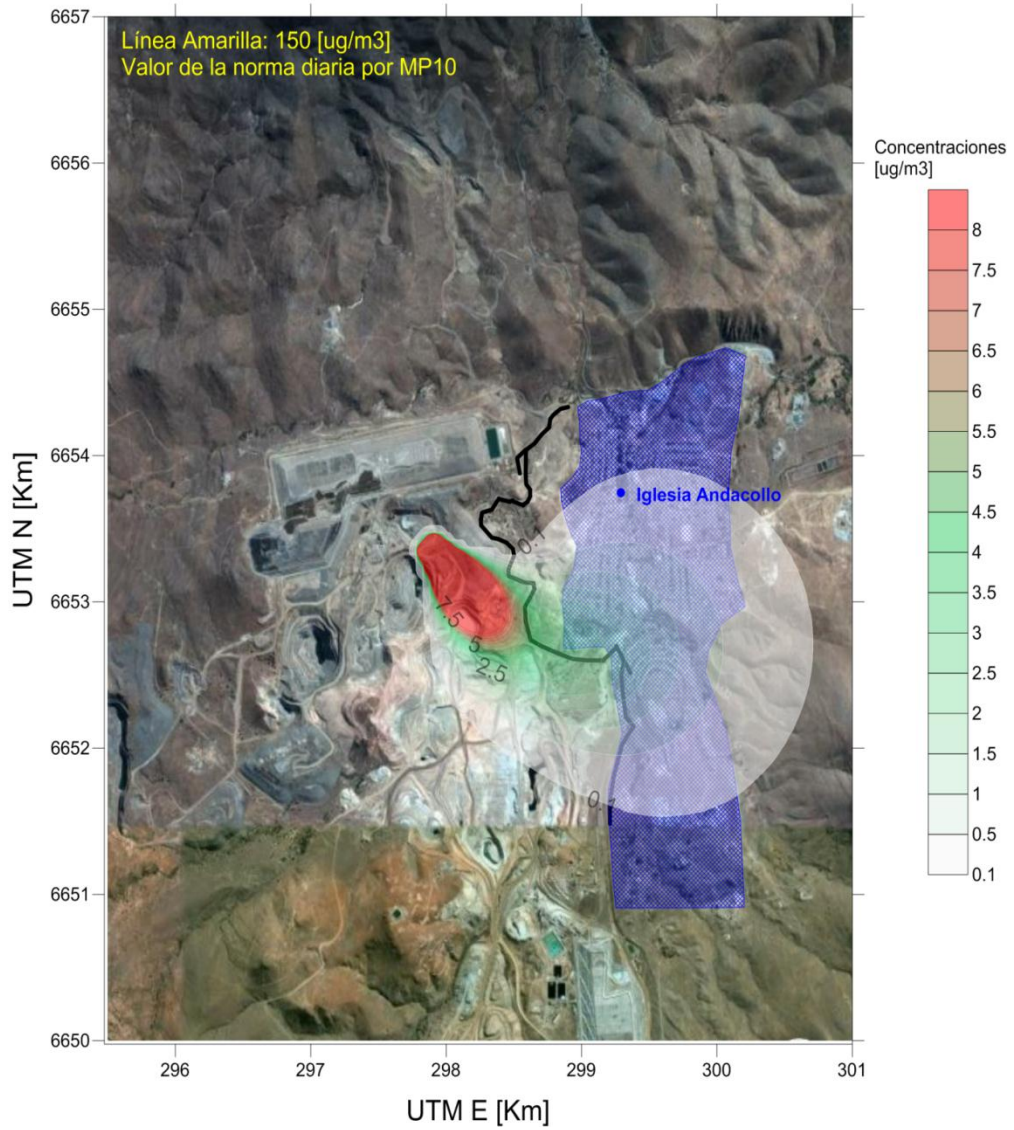


Figura 4-22. Tronadura en Dayton, concentración hora 14 se ha disipado tronadura en Tres Perlas.

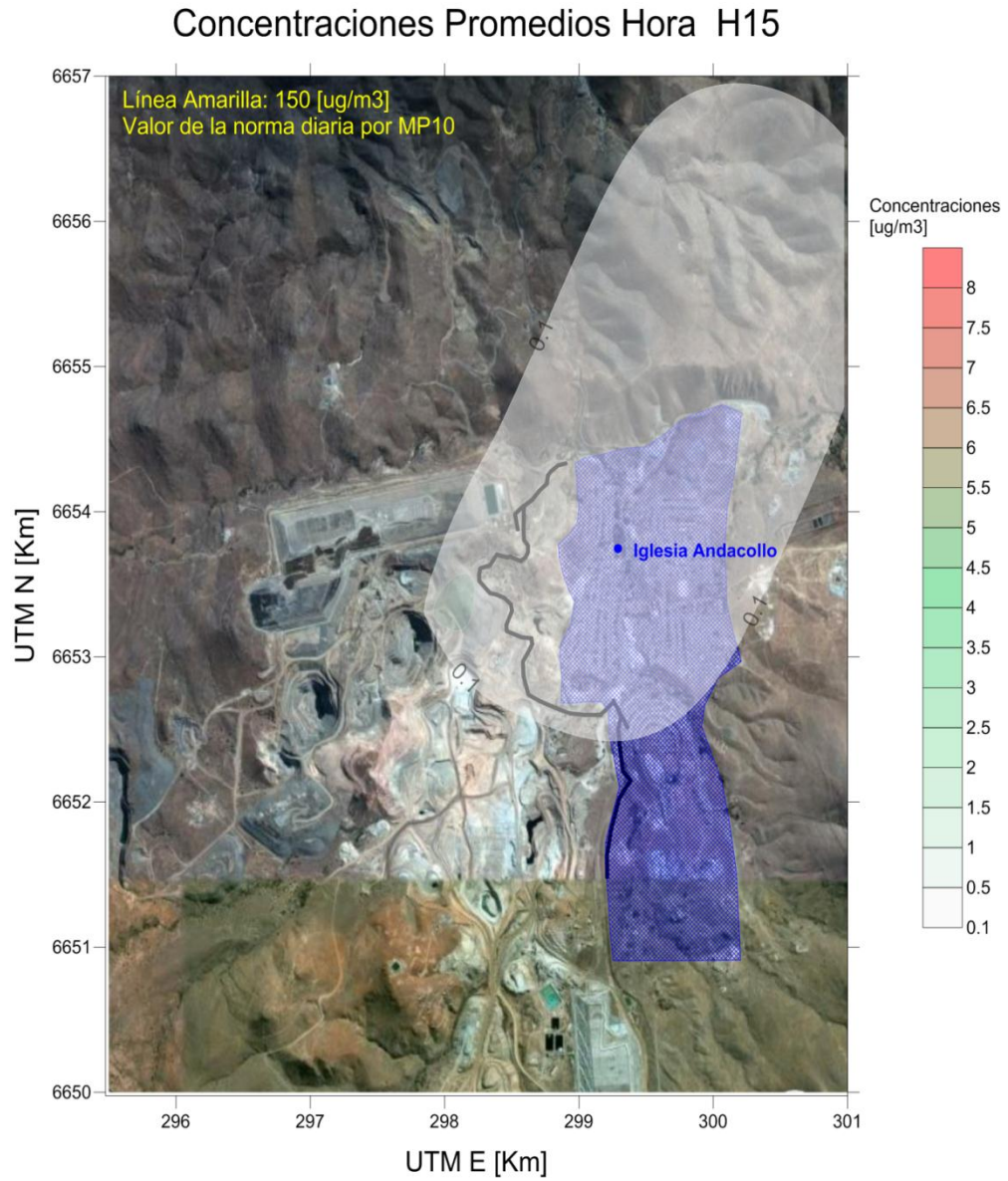


Figura 4-23. Tronadura en Dayton, concentración hora 15 se ha disipado tronadura en Tres Perlas.

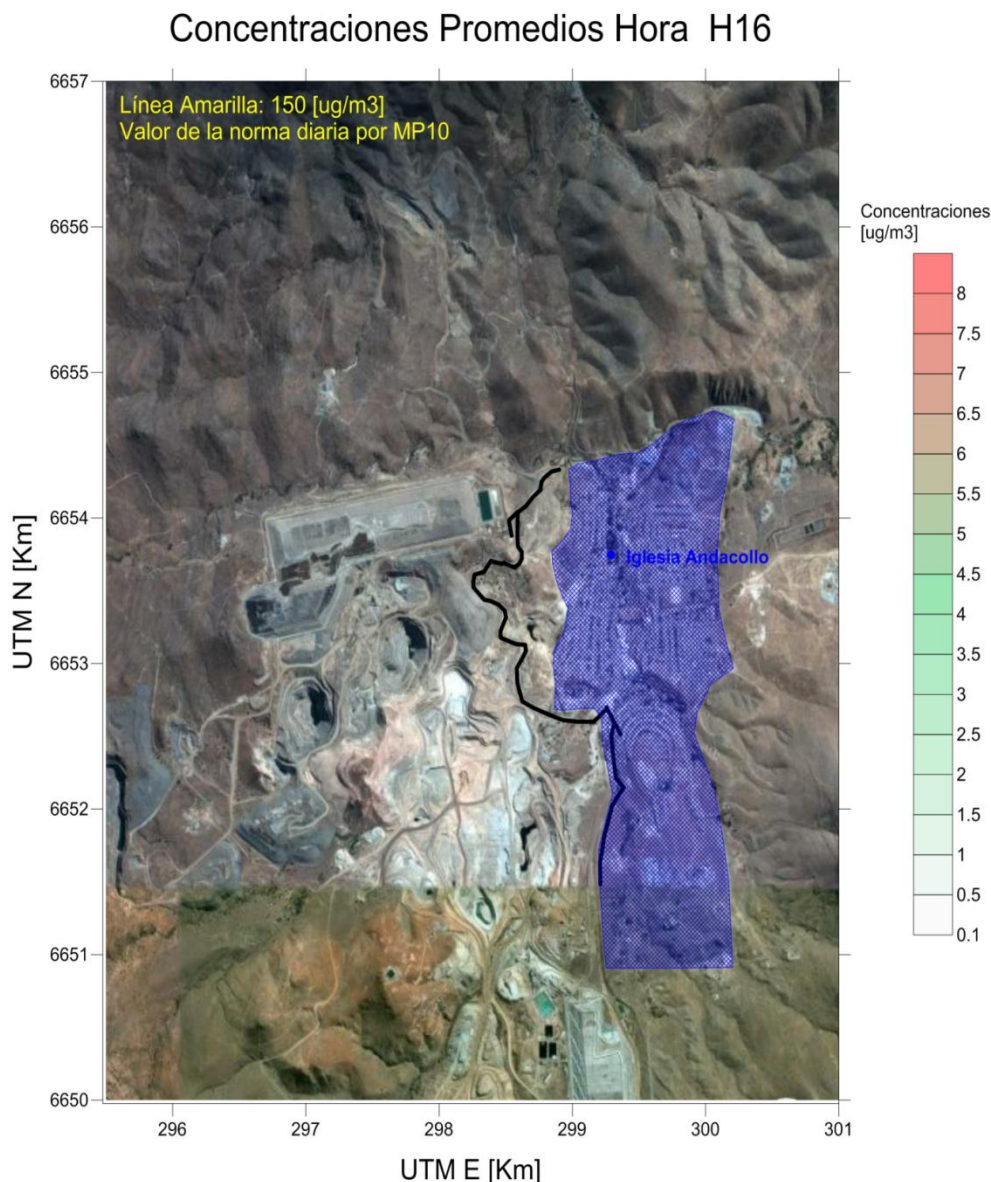


Figura 4-24. Tronadura en Dayton, concentración hora 16 se ha disipado tronadura en Tres Perlas.

4.2.3 Evaluación de Escenarios

Para la evaluación de los escenarios se utilizaron los resultados obtenidos de la modelación calibrada de la situación base, obteniéndose ponderadores que relacionan la emisión con el impacto en la calidad del aire de las distintas fuentes modeladas, esto permitió la posterior evaluación del impacto esperado al variar las emisiones de dichas fuentes, en función de los escenarios modelados.

A solicitud de la contraparte técnica, adicionalmente a la evaluación del Escenario Base y Escenario Base Con Medidas de mitigación, se evaluaron los escenarios en condiciones de Máximas Producción de las empresas mineras TECK-CDA y Dayton, con y sin medidas de mitigación, evaluándose un total de 6 escenarios:

- Escenario base 2010
- Escenario base 2010 con mitigación
- Escenario máxima producción mineras
- Escenario máxima producción mineras mitigado

Se debe tener en cuenta que durante la operación de calibración de los resultados del modelo se observó la existencia de fuentes no identificadas en el inventario, las cuales afectan principalmente a las estaciones de Hospital y Urmeneta, estas fuentes pueden ser ocasionales (como por ejemplo una feria o celebración ocasional), residenciales difusas como pudiera ser combustión de leña residencial o fuentes industriales informales, como procesos de combustión de pequeña minería. Estas fuentes debieran catastrarse e iniciarse un proceso de incentivos para la reducción de sus emisiones.

Es importante señalar, que durante las campañas de monitoreo de calidad del aire en las estaciones de Hospital y Urmeneta, se observó en las concentraciones diarias una presencia mayoritaria de la fracción gruesa en el material particulado (fracción entre MP2.5 y MP10), el que representa aproximadamente un 60% del total de partículas MP10, lo que es coherente con la presencia mayoritaria de emisiones asociadas a movimiento de tierra, polvo resuspendido y erosión eólica. Sin embargo, también se observaron en tres días un aumento de la presencia de la fracción fina en las estaciones de Urmeneta y Hospital, llegando a ser hasta un 60% del total de partículas MP10, esto apoya la hipótesis de que existen fuentes de combustión ocasionales, no identificadas, que estarían impactando endichas estaciones.

Las medidas consideradas en los escenarios mitigados corresponden a:

- Andacollo con todos los caminos de tierra con bischofita y control de fuentes no identificadas en el inventario.
- Mineras con chancadores mitigados.
- Mineras con todos los caminos de tierra con un tratamiento (riego, bischofita, u otro) que asegure un nivel de 3.09 (%) en el contenido de silt.

Respecto a la máxima producción esperada en las empresas mineras, estas se determinaron a partir del análisis de sus resoluciones de calificación ambiental y de sus estudios asociados.

Es importante señalar que para efectos de las emisiones, lo importante es el material total movido, es decir estéril más mineral y no solo el material que va a proceso, por lo tanto el análisis en situación de máxima producción se realizó en la condición esperada de máximo movimiento de material, siendo esta la siguiente.

- Dayton con movimiento de material 47 837 Ton/día (RES. N° 360/08, “Modificación Plan Minero 2007-2010”).
- TECK- CDA con movimiento de material de 82 500 Ton/día en Hipógeno (RES. N°:104/07, “Proyecto Hipógeno”) y Supérgeno 11 650 Ton/día, según proporción de operación mensual 2010, es decir un movimiento total de 94 150 Ton/día.

Estos movimientos son coherentes con los movimientos en los meses de máxima producción obtenidos del análisis de las estadísticas mineras que se muestran en la Tabla 4-5 y Tabla 4-6. De esto se concluye que en los meses de máximo movimiento de material ocurridos el año 2010, las mineras estuvieron moviendo una cantidad similar o superior al escenario de

máxima producción evaluado en el presente estudio. Por otra parte, es importante observar que si bien TECK mueve una cantidad de material al día de casi el doble que el de Dayton, dado que esta última se ve obligada a usar camiones de bajo tonelaje (30 ton), al tener que transitar por un tramo de camino público, la cantidad de viajes para mover dicho material es aproximadamente 2.6 veces mayor a la de TECK. En efecto, TECK tiene una proporción de material movido por viaje de aproximadamente 5 Ton/viaje, mientras que Dayton mueve solamente 1 Ton/viaje.

Dado que una parte importante de las emisiones generadas por las empresas está asociada al movimiento de camiones, lo antes expresado explica que las emisiones de ambas empresas sean similares, como se ve en la Tabla 4-7 , a pesar de ser mayor el movimiento de material de la empresa TECK respecto a Dayton.

Tabla 4-5. Movimiento de Material Movido y Viajes de Camiones en TECK-CDA, año 2010

Mes	Ton/día	Nº Viajes	Ton/viaje
Enero	54366	11180	4.9
Febrero	66087	11587	5.7
Marzo	78352	14789	5.3
Abril	90805	16684	5.4
Mayo	83270	15790	5.3
Junio	80800	15135	5.3
Julio	85784	16547	5.2
Agosto	99261	18691	5.3
Septiembre	102685	19243	5.3
Octubre	112229	21613	5.2
Noviembre	99447	18688	5.3
Diciembre	85950	16824	5.1
Total		196 771	

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas minera 2010 proporcionadas por TECK-CDA

Tabla 4-6. Movimiento de Material y Viajes de Camiones en Dayton, año 2010

Mes	Ton/día	Nº Viajes	Ton/viaje
Enero	34713	38109	0.9
Febrero	31488	33539	0.9
Marzo	29467	34589	0.9
Abril	40394	40798	1.0
Mayo	29334	34818	0.8
Junio	33900	36722	0.9
Julio	37515	40072	0.9
Agosto	46281	50063	0.9
Septiembre	49307	51369	1.0
Octubre	57453	55709	1.0
Noviembre	55964	52067	1.1
Diciembre	53789	50106	1.1
Total		517961	

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas minera 2010 proporcionadas por Minera Dayton

Tabla 4-7. Emisiones Estimadas por Tipo de Escenario Modelado (Ton/año)

Fuente	Base (Ton/año)	Base Mitigado (Ton/año)	Max. Producción (Ton/año)	Max. Prod. Mitigado (Ton/año)
Andacollo	468	243	468	243
CDA	857	419	969	473
Dayton	733	346	1195	565
Total	2059	1008	2633	1281

Fuente: Elaboración propia

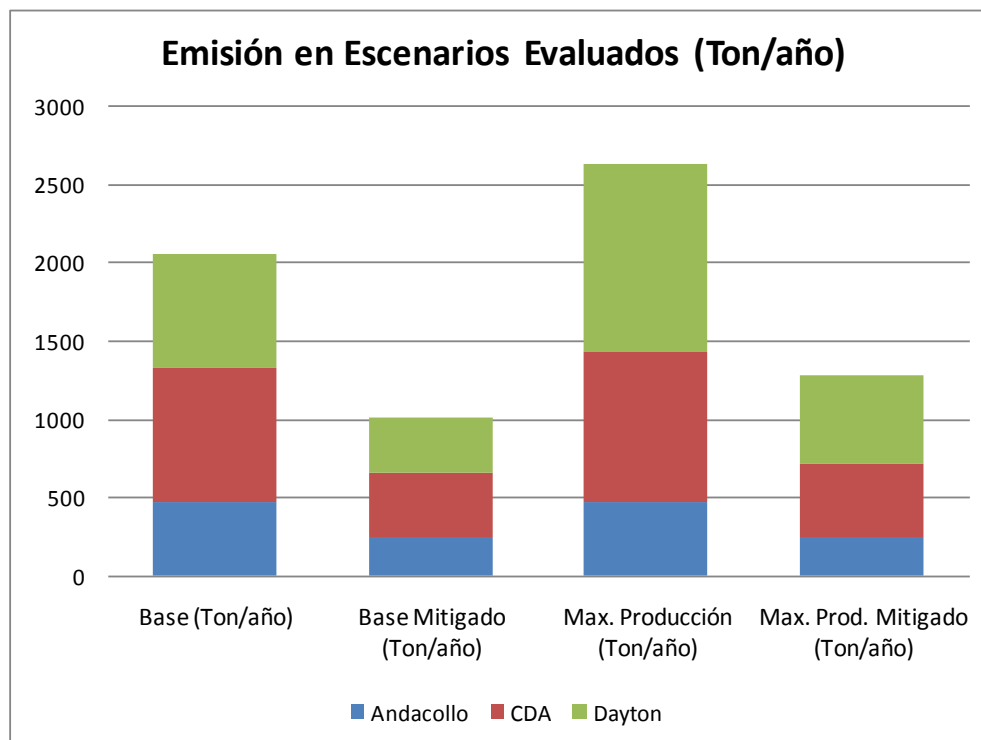


Figura 4-25. Emisiones estimadas por tipo de escenario modelado.

4.2.3.1 Resultados de Evaluación de Escenarios

Los resultados arrojados por el modelo en la evaluación de los escenarios se muestran en las Tabla 4-8 a Tabla 4-14, en la Figura 4-26 a Figura 4-37.

Se observa que en la condición mitigada el modelo predice cumplimiento tanto de la norma anual como diaria en todas las estaciones evaluadas, tanto en el escenario base como en los de máximo movimiento de máxima producción. En los escenarios sin mitigación se predice una potencial excedencia de la norma anual en las estaciones Urmeneta y Chepiquilla, mientras que en la estación El Sauce el modelo predice niveles de latencia.

Se observa también una importante influencia de fuentes no identificada en las estaciones Hospital, Urmeneta y El Sauce. Mientras que en la Estación Chepiquilla se observa una importante influencia de TECK- CDA. Respecto a Dayton su mayor influencia en el impacto

ocurre en la estación El Sauce, siendo sin embargo su participación en el impacto menor o igual a la de TECK-CDA.

Respecto al impacto de TECK en la estación Chepiquilla, en la Tabla 4-15 y Figura 4-36 es posible observar que estaría asociada principalmente al impacto del Chancador (71%) y a los caminos de TECK (12%). Respecto al impacto en la estación El Sauce, los caminos de Dayton aportarían con un 15% de las emisiones, el Bay-Pass con un 14%, mientras que los caminos de TECK aportan con un 25% y el Chancador con un 10%, mientras que un 30% del impacto estaría asociado a fuentes no identificadas.

Tabla 4-8. Concentración Anual Modelada en Estación Hospital por Escenario (ug/m3)

Escenario	No Identificada	Andacollo - Ciudad	CDA	Dayton
Esc. Base	17.88	1.56	5.63	4.73
Esc. Máx. Prod. solo CDA	19.23	1.56	6.53	4.73
Esc. Máx. Prod. solo Dayton	20.57	1.56	5.63	6.53
Esc. Máx. Prod. Ambos	21.93	1.56	6.53	6.53
Esc. Base Mitigado	8.65	1.03	2.04	2.70
Esc. Máx. Prod. solo CDA mitigado	9.11	1.03	2.34	2.70
Esc. Máx. Prod. solo Dayton mitigado	10.38	1.03	2.04	3.85
Esc. Máx. Prod. Ambos mitigado	10.83	1.03	2.34	3.85

Fuente: Elaboración propia

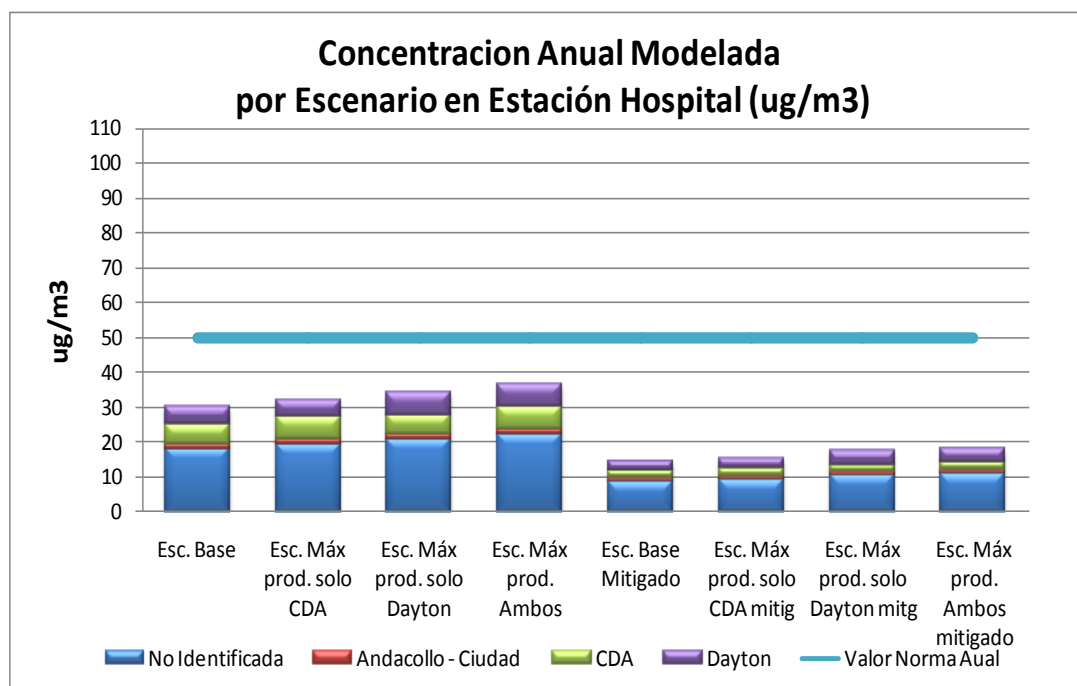


Figura 4-26. Aporte de fuentes en concentración anual en Estación Hospital

Tabla 4-9. Impacto Anual Modelado por Fuente en Estación Hospital, Escenario Base

Fuente	Impacto(ug/m3)	%
Calles de Andacollo agrupadas	0.03	0%
Calles Andacollo - Bypass	0.53	2%
Calles Andacollo - Bischofitados	0.01	0%
Calles Andacollo - Pavimentados	0.44	2%
Calles Andacollo - Tierra	0.00	0%
Fuentes puntuales Andacollo	0.04	0%
Relaves en Andacollo	0.53	2%
CDA- tronaduras	0.00	0%
CDA- caminos regados 1	0.66	2%
CDA- caminos regados 2	2.27	8%
CDA- areas	0.35	1%
CDA- chancadores	2.43	8%
DYT- areas	0.08	0%
DYT- tronaduras	0.00	0%
DYT- caminos bischofitados	0.04	0%
DYT- caminos pavimentado	1.11	4%
DYT- caminos regados	2.50	9%
DYT- chancadores	0.22	1%
No Identifiadas	17.88	61%

Fuente: Elaboración propia

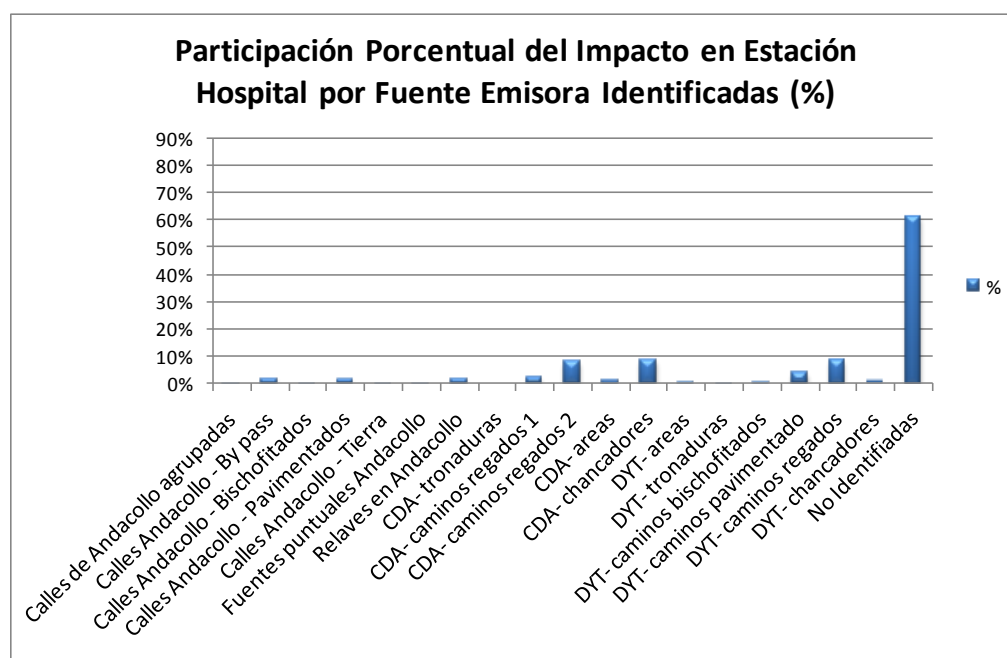


Figura 4-27. Participación porcentual por fuentes en concentración anual en Estación Hospital en escenario base

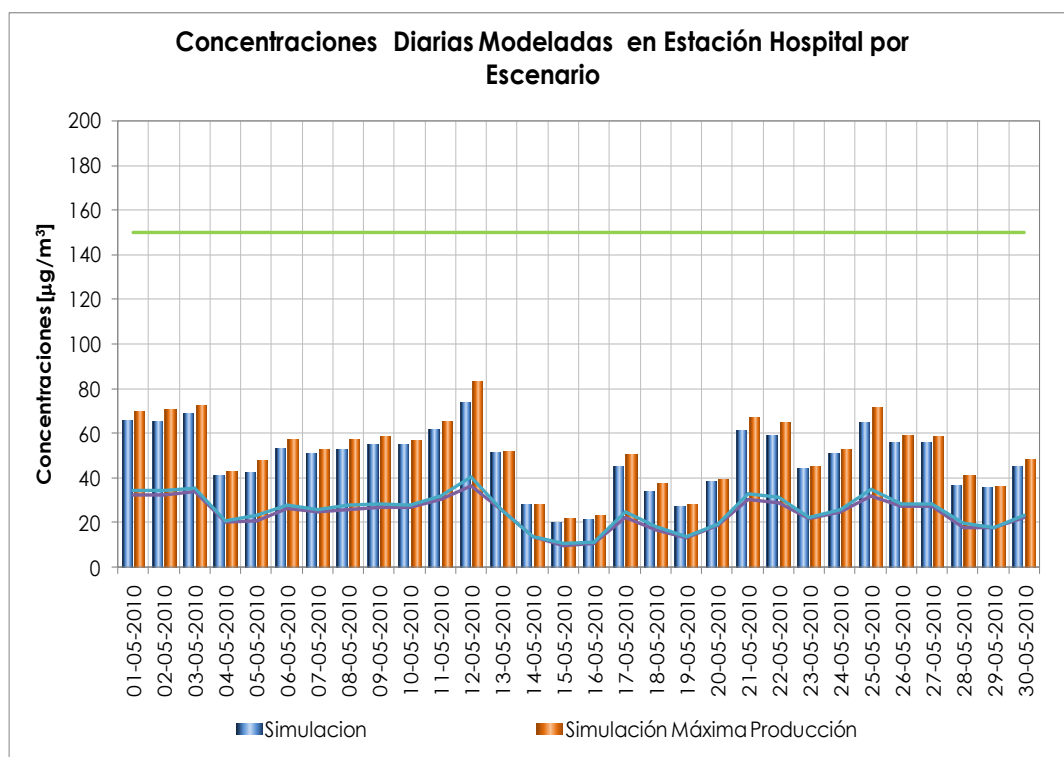


Figura 4-28. Concentración diaria modelada en Estación Hospital por escenario

Tabla 4-10 Concentración Anual Modelada en Estación El Sauce por Escenario (ug/m3)

Escenario	No Identificada	Andacollo - Ciudad	CDA	Dayton
Esc. Base	12.45	5.92	15.10	8.02
Esc. Máxprod. solo CDA	13.60	5.92	17.79	8.02
Esc. Máxprod. solo Dayton	13.95	5.92	15.10	11.53
Esc. Máxprod. Ambos	15.10	5.92	17.79	11.53
Esc. Base Mitigado	7.52	5.79	6.23	5.53
Esc. Máxprod. solo CDA mitg	7.97	5.79	7.29	5.53
Esc. Máxprod. solo Dayton mitg	8.68	5.79	6.23	8.23
Esc. Máxprod. Ambos mitigado	9.13	5.79	7.29	8.23

Fuente: Elaboración propia

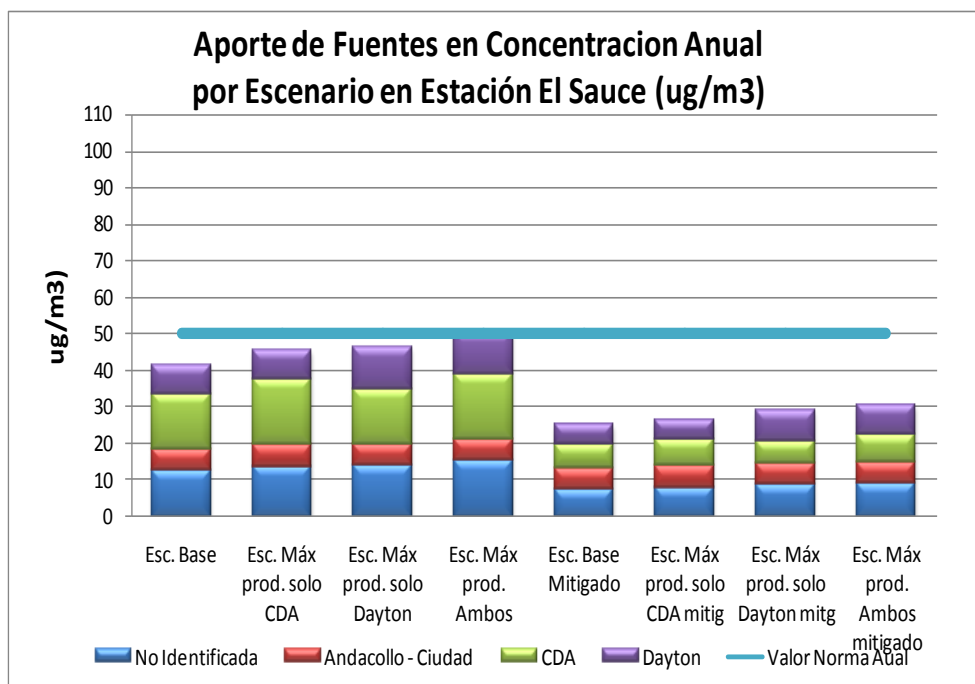


Figura 4-29. Aporte de fuentes en concentración anual en Estación El Sauce

Tabla 4-11. Impacto Anual Modelada por Fuente en Estación El Sauce, Escenario Base

Fuente	Impacto(ug/m3)	%
Calles de Andacollo agrupadas	0.01	0%
Calles Andacollo - Bypass	5.83	14%
Calles Andacollo - Bischofitados	0.00	0%
Calles Andacollo - Pavimentados	0.01	0%
Calles Andacollo - Tierra	0.00	0%
Fuentes puntuales Andacollo	0.00	0%
Relaves en Andacollo	0.14	0%
CDA- tronaduras	0.00	0%
CDA- caminos regados 1	1.14	3%
CDA- caminos regados 2	9.24	23%
CDA- areas	1.22	3%
CDA- chancadores	3.97	10%
DYT- areas	0.10	0%
DYT- tronaduras	0.01	0%
DYT- caminos bischofitados	0.18	0%
DYT- caminos pavimento	3.57	9%
DYT- caminos regados	2.55	6%
DYT- chancadores	0.59	1%
No Identificadas	12.45	30%

Fuente: Elaboración propia

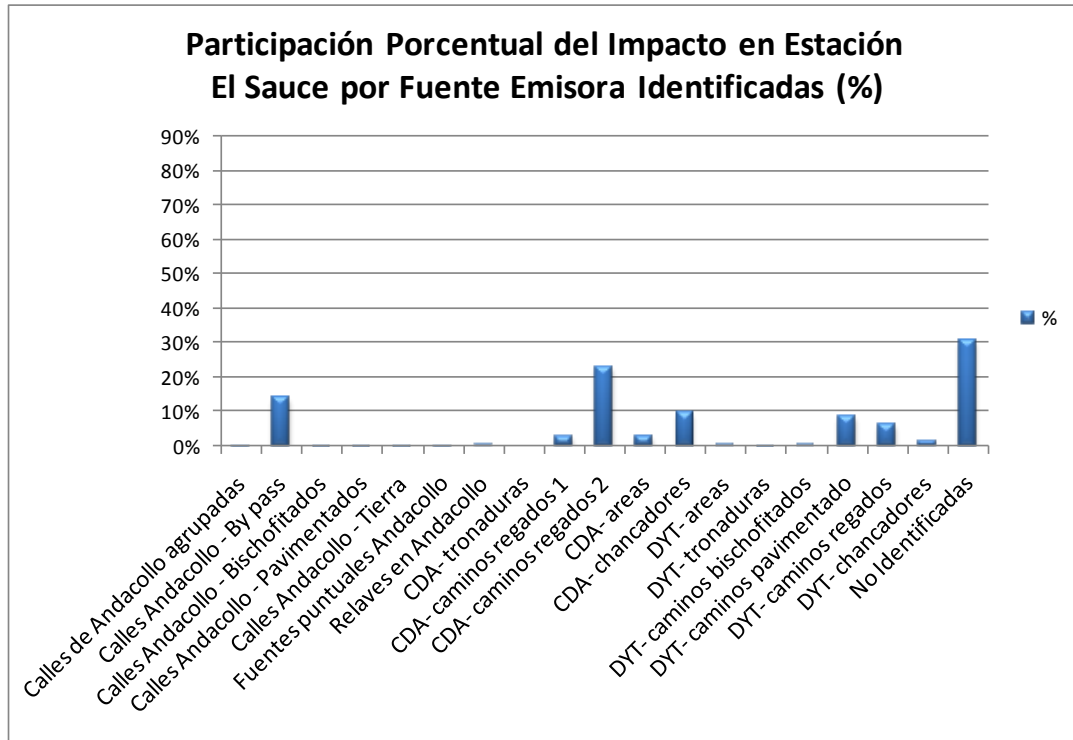


Figura 4-30. Participación porcentual por fuentes en concentración anual en Estación El Sauce, en escenario base

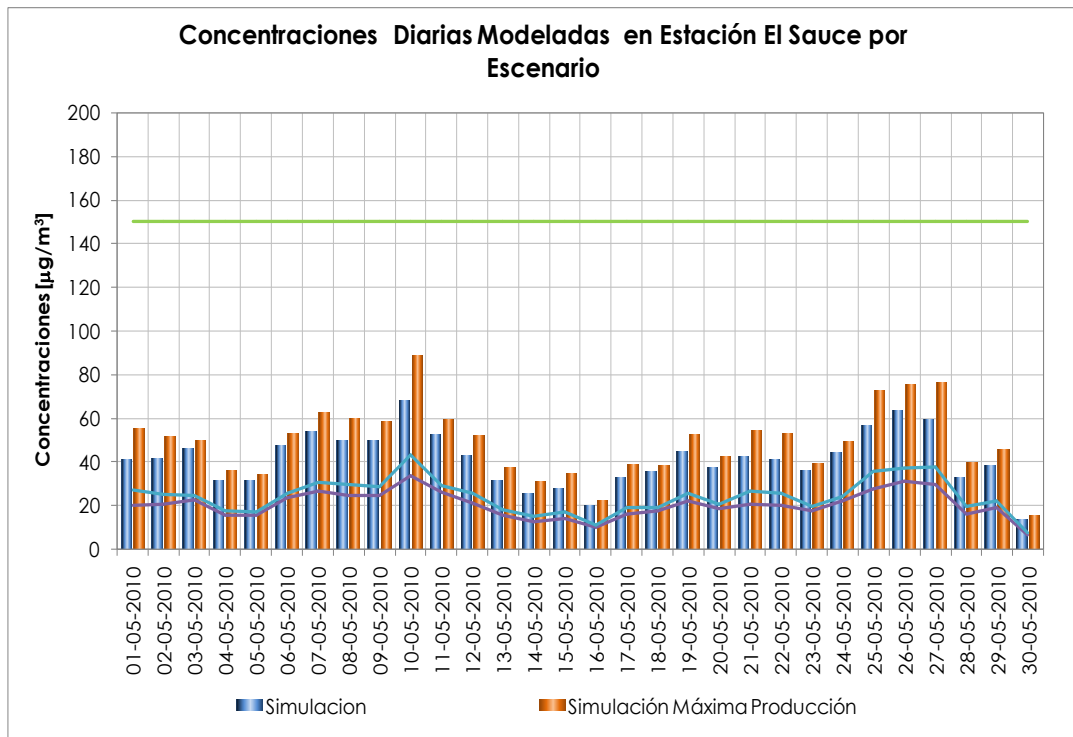


Figura 4-31. Concentración diaria modelada en Estación El Sauce por escenario

Tabla 4-12. Concentración Anual modelada en Estación Urmeneta por Escenario (ug/m3)

Escenario	No Identificada	Andacollo - Ciudad	CDA	Dayton
Esc. Base	34.98	3.90	16.98	3.08
Esc. Máxprod. solo CDA	38.42	3.90	19.34	3.08
Esc. Máxprod. solo Dayton	36.74	3.90	16.98	4.29
Esc. Máxprod. Ambos	40.18	3.90	19.34	4.29
Esc. Base Mitigado	14.06	2.65	5.28	1.70
Esc. Máxprod. solo CDA mitig	14.94	2.65	5.89	1.70
Esc. Máxprod. solo Dayton mitg	15.17	2.65	5.28	2.46
Esc. Máxprod. Ambos mitigado	16.05	2.65	5.89	2.46

Fuente: Elaboración propia

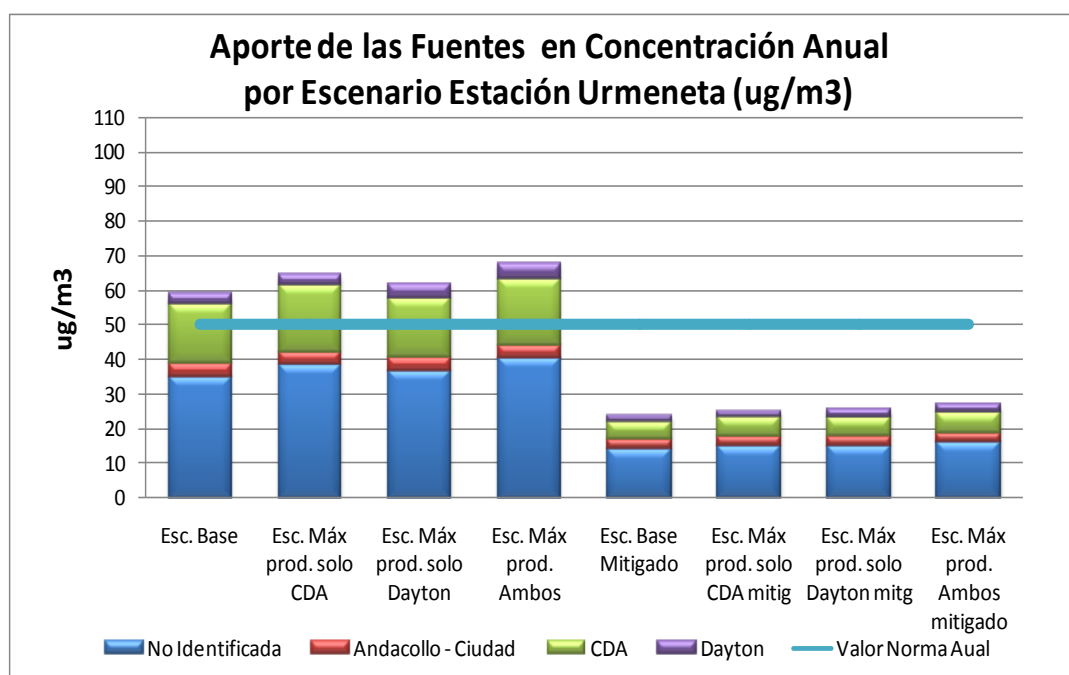


Figura 4-32. Aporte de fuentes en concentración anual en Estación Urmeneta

Tabla 4-13. Impacto Anual Modelada por Fuente en Estación Urmeneta, Escenario Base

Fuente	Impacto(ug/m3)	%
Calles de Andacollo agrupadas	0.05	0%
Calles Andacollo - Bypass	2.27	4%
Calles Andacollo - Bischofitados	0.00	0%
Calles Andacollo - Pavimentados	0.28	0%
Calles Andacollo - Tierra	0.00	0%
Fuentes puntuales Andacollo	0.08	0%
Relaves en Andacollo	1.26	2%

Fuente	Impacto(ug/ m3)	%
CDA- tronaduras	0.00	0%
CDA- caminos regados 1	2.89	5%
CDA- caminos regados 2	2.97	5%
CDA- areas	0.74	1%
CDA- chancadores	10.31	18%
DYT- areas	0.06	0%
DYT- tronaduras	0.01	0%
DYT- caminos bischofitados	0.05	0%
DYT- caminos pavimentado	0.75	1%
DYT- caminos regados	1.27	2%
DYT- chancadores	0.47	1%
No identificadas	34.98	60%

Fuente: Elaboración Propia

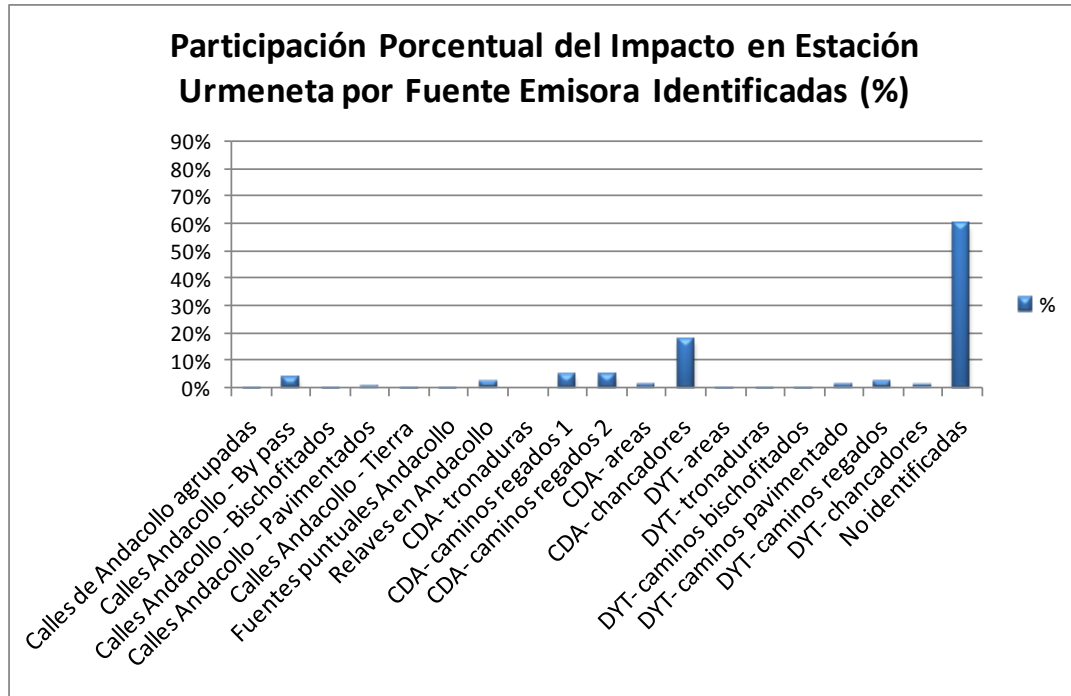


Figura 4-33. Participación porcentual por fuentes en concentración anual en Estación Urmeneta, en escenario Base

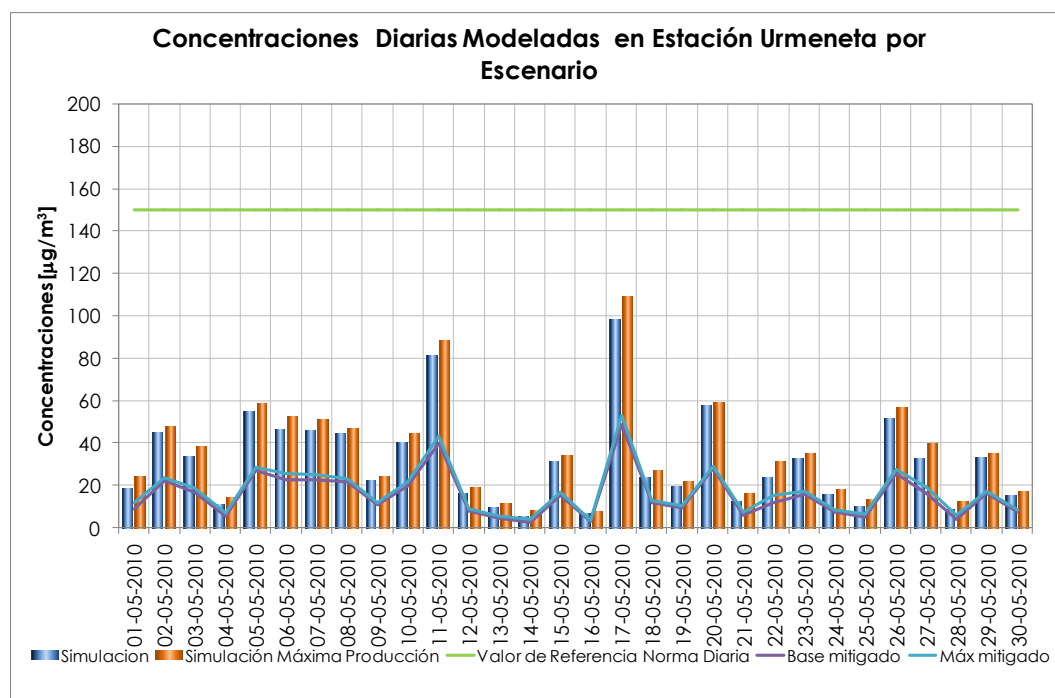


Figura 4-34. Concentración diaria modelada en Estación Urmeneta

Tabla 4-14. Concentración Anual Modelada en Estación Chepiquilla por Escenario (ug/m3)

Escenario	No Identificada	Andacollo - Ciudad	CDA	Dayton
Esc. Base	0.00	1.06	85.93	2.25
Esc. Máxprod. solo CDA	0.00	1.06	99.38	2.25
Esc. Máxprod. solo Dayton	0.00	1.06	85.93	3.13
Esc. Máxprod. Ambos	0.00	1.06	99.38	3.13
Esc. Base Mitigado	0.00	0.78	21.30	1.21
Esc. Máxprod. solo CDA mitg	0.00	0.78	24.02	1.21
Esc. Máxprod. solo Dayton mitg	0.00	0.78	21.30	1.75
Esc. Máxprod. Ambos mitigado	0.00	0.78	24.02	1.75

Fuente: Elaboración propia

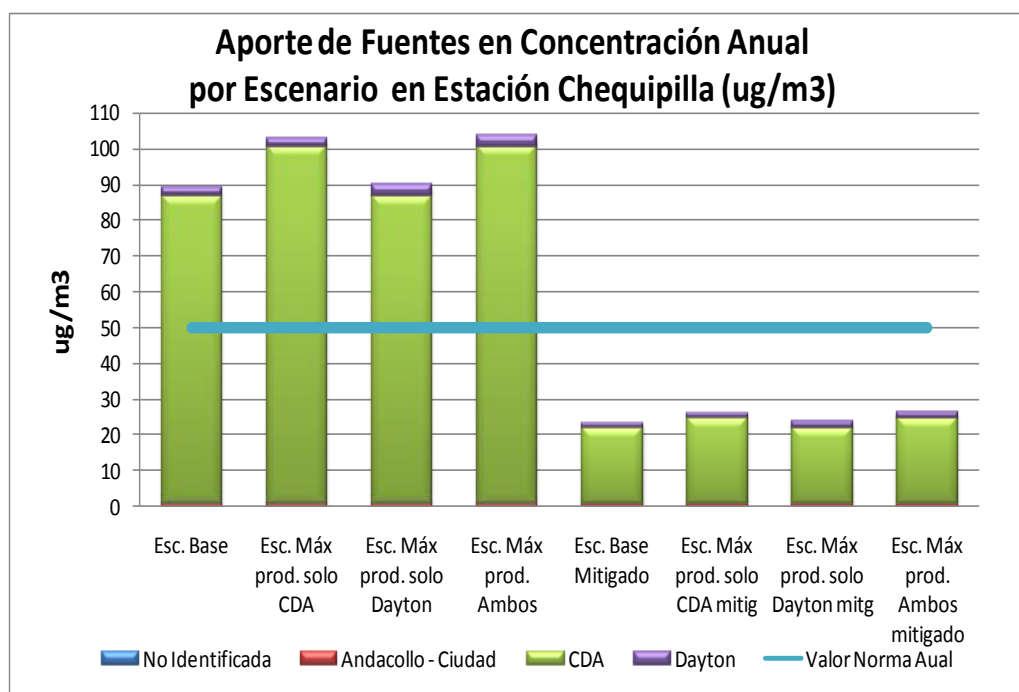


Figura 4-35. Aporte de fuentes en concentración anual en Estación Chequipilla

Tabla 4-15. Impacto Anual Modelada por Fuente en Estación Chequipilla, Escenario Base

Fuente	Impacto(ug/m3)	% del Total
Calles de Andacollo agrupadas	0.03	0%
Calles Andacollo - Bypass	0.72	1%
Calles Andacollo - Bischofitados	0.00	0%
Calles Andacollo - Pavimentados	0.03	0%
Calles Andacollo - Tierra	0.00	0%
Fuentes puntuales Andacollo	0.02	0%
Relaves en Andacollo	0.28	0%
CDA- tronaduras	0.00	0%
CDA- caminos regados 1	9.19	10%
CDA- caminos regados 2	3.78	4%
CDA- areas	2.20	2%
CDA- chancadores	71.75	80%
DAYTON- areas	0.04	0%
DAYTON- tronaduras	0.00	0%
DAYTON- caminos bischofitados	0.06	0%
DAYTON- caminos pavimentado	0.50	1%
DAYTON- caminos regados	0.93	1%
DAYTON- chancadores	0.36	0%
No Identificadas	0.00	0%

Fuente: Elaboración propia

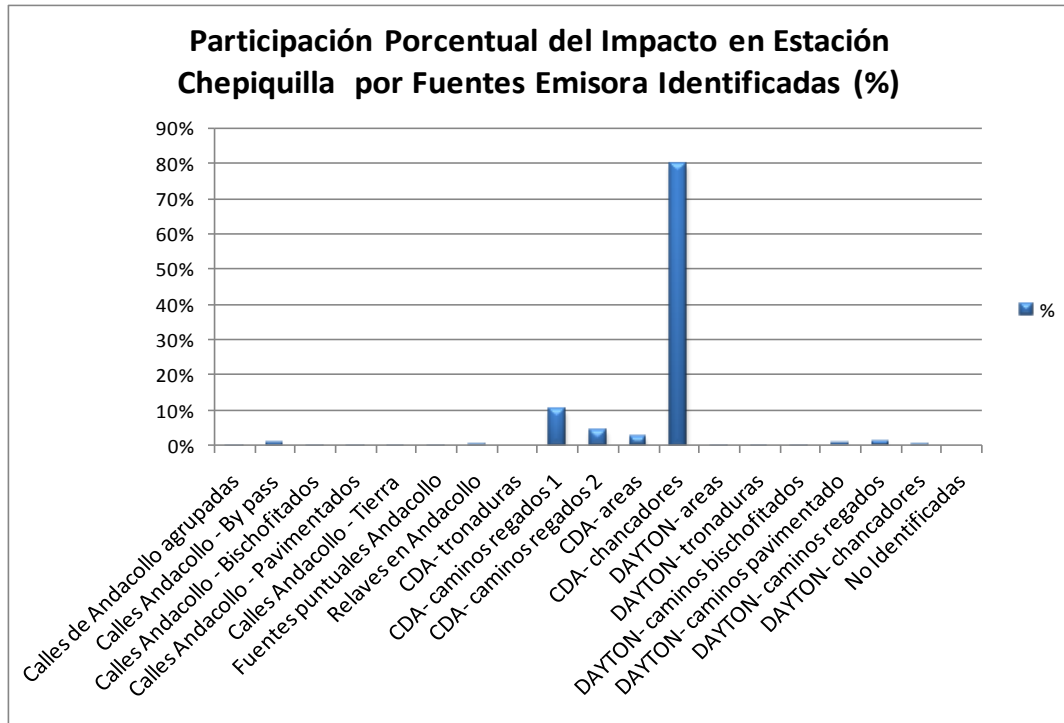


Figura 4-36. Participación porcentual por fuentes en concentración anual en Estación Chepiquilla, en escenario base

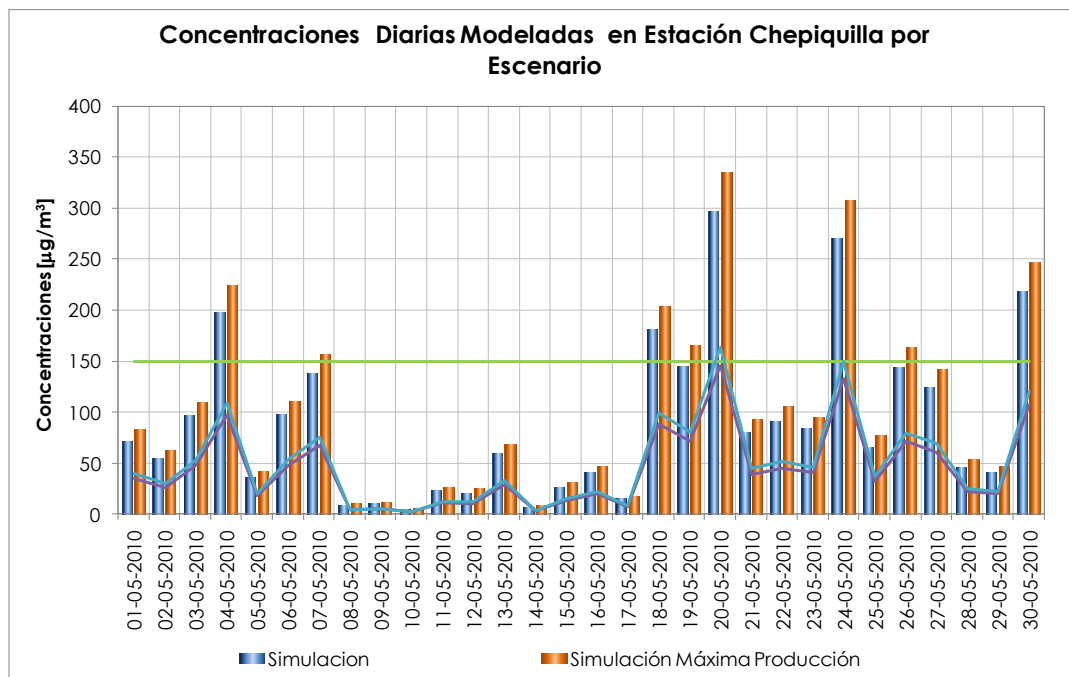


Figura 4-37. Concentración diaria modelada en Estación Chepiquilla

5 EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS POR LAS EMPRESAS MINERAS DE ANDACOLLO

5.1 Metodología de Evaluación de Eficiencia de Medidas Implementadas por Empresas Mineras de Andacollo.

Para la evaluación de la eficiencia de las medidas implementadas por las empresas mineras se recurrió a campañas en terreno donde se realizaron mediciones directas de las emisiones de procesos y las concentraciones provenientes de caminos. Adicionalmente, se pudo constatar en terreno si las medidas de abatimiento de emisiones consideradas en los equipos productivos eran realmente utilizadas y correctamente aplicadas.

5.1.1 Medición de Emisiones de Procesos

Como se puede observar en la Figura 5-1 la medición de los procesos emisores se realizo por medio de una camioneta instrumentada con:

- Anemómetro de precisión
- Medidor de material particulado continuo (Nefelómetro marca Turnkey modelo Dust Mate), con capacidad de medir MP10 y MP2.5 con promedios de 1 minuto.
- Data Logger de almacenamiento de información

El objetivo de la operación fue levantar información en terreno que permitiera evaluar tanto las emisiones de los procesos, propiamente tal, como la eficiencia en reducción de emisiones de las medidas de mitigación implementadas.

El procedimiento consistió en ubicar el vehículo instrumentado a una distancia de entre 10 y 30 metros viento abajo de la fuente emisora, de tal forma de recibir las emisiones generadas. Se registro tanto la velocidad del viento como su dirección en el data logger, mientras se medía en forma continua las concentraciones de MP10 y MP2.5 por medio del nefelómetro (DustMate). Las mediciones tuvieron una duración variable de entre 20 min a 3 horas, dependiendo de la variabilidad del proceso y oportunidad de medir una actividad específica.

En los procesos que contaban con algún tipo de sistema de abatimiento de emisiones que pudiera ser desconectado (filtros de manga, atomizadores, etc.) se midió el proceso, con y sin utilización de dicho abatimiento, con el fin de evaluar su efectividad.

La información obtenida se proceso en una planilla Excel utilizando la ecuación de pluma gaussiana para inferir la emisión del proceso a partir de; las concentraciones medidas, velocidad del viento, distancia y altura a la fuente emisora.



Figura 5-1. Medición de procesos emisores con Dust Mate

5.1.2 Medición de Concentraciones de Caminos

Para la cuantificación de la efectividad de las distintas medidas aplicadas por las compañías mineras en la mitigación de las emisiones desde caminos se procedió a medir concentraciones de material particulado MP10 y MP2.5 generadas desde los caminos a partir de una camioneta instrumentada con un nefelómetro DustMate, al cual se le alargó la toma de muestra ubicándola detrás de la rueda delantera, como se observa en la Figura 5-2. Esta ubicación permite monitorear la concentración de partículas generadas, evitando medir las emisiones del tubo de escape del vehículo, que pudieran distorsionar la medición, sobre todo de la fracción más fina (MP2.5). Las mediciones se realizaron a una velocidad constante de 20 km/h.

Es importante notar que en este tipo de mediciones no permite cuantificar las emisiones generadas por el camino, dado que no es posible monitorear la dirección y velocidad del viento, como en caso de mediciones de procesos. Sin embargo, es posible comparar las concentraciones registradas en vías con distinto tipo de carpeta o metodología de mitigación de emisiones (Regado, bischofita, etc.) comparando su efectividad relativa respecto a una condición sin mitigación. Por tal, motivo en ambas empresas se midieron caminos de tierra sin trata, para considerarlos como línea base desde la cual cuantificar la efectividad de la aplicación de las medidas de mitigación.



Figura 5-2. Medición de Caminos con Dust Mate

5.2 Evaluación de Medidas Implementadas por Compañía Minera Dayton

La campaña de mediciones en la Compañía Minera Dayton se realizó entre el 24 y el 28 de Enero del 2011, en dicha ocasión se midieron las siguientes fuentes emisoras, las que pueden verse en las Figura 5-3 a Figura 5-9:

- Tronadura
- Descarga de material en botadero
- Carga de material en camión
- Chancado primario (con y sin abatimiento)
- Chancado secundario (con y sin abatimiento)
- Descarga de chancado terciario (con y sin abatimiento)
- Descarga de material en pila

Respecto a caminos se midieron:

- Camino con bischofita
- Camino sin pavimentar sin humectación (condición base)
- Camino sin pavimentar con humectación

Es importante notar que en algunas circunstancias las mediciones se vieron dificultadas por las medidas de seguridad necesarias de seguir en faenas mineras. En particular, las emisiones de tronadura tuvieron que ser medidas en un punto a 500 m de la fuente, y lateral a una quebrada por donde las emisiones se dispersaron después de la tronadura, lo que impidió medir correctamente las emisiones de tronadura. No obstante se pudo verificar en forma visual que las emisiones generadas, en virtud de los vientos predominantes en el momento, se dispersaron en dirección contraria a Andacollo.



Figura 5-3Tronadura en Dayton



Figura 5-4. Descarga de material en botadero de Dayton



Figura 5-5. Chancador 1° de Dayton



Figura 5-6. Chancador 2° de Dayton



Figura 5-7. Descarga de Chancador 3° de Dayton



Figura 5-8. Carga de material desde Stock en Dayton



Figura 5-9. Descarga de material en pila y operación Bulldozer en Dayton

5.2.1 Resultados de las mediciones

En las Figura 5-10 a Figura 5-15 se muestran los resultados de las mediciones de procesos, donde es posible observar el aumento de las emisiones cada vez que se produce una descarga de material.

Respecto a la variación en las emisiones por uso de sistemas de control, las actividades que contaban con dichos controles correspondieron a los chancadores, consistentes en sistema de aspersión de agua, sistemas de aspiración con filtros de mangas y aplicación de espuma en correas transportadoras.

Como se observa en la Tabla 5-1 las mediciones arrojaron poca reducción en las emisiones por el uso de dichos sistemas, esto puede atribuirse a que existía un buen encapsulamiento de los chancadores, siendo éste el principal sistema de reducción de emisiones, el cual por ser de índole estructural no permitió una real medición de emisiones sin sistemas de control.

Esto es especialmente cierto en el Chancador ¹, donde no se pudo observarse reducción en las emisiones, lo que pudo deberse a que una parte importante de las emisiones son evitadas gracias a que la boca de chancador cuenta con un sistema de cortinas que reduce las emisiones fugitivas, como se observa en la Figura 5-5. Por otra parte, la misma circulación de los camiones durante el momento de la medición, aportaron emisiones que distorsionaron las mediciones.

Si se observo algún grado de reducción adicional en el Chancador ² y en la descarga del Chancador ³, como puede verse en la Figura 5-17.

En la Figura 5-16 se observa la participación porcentual de los procesos medidos, siendo los principales procesos emisores el Chancador ³ (74%) y Chancador ² (15%).

Respecto a las mediciones realizadas en caminos en la Tabla 5-2 es posible observar que una importante parte de las emisiones provenientes de caminos de tierra seca corresponden a MP10 (80%) y en menor medida a MP2.5 (8%). En la Figura 5-18 se observa que descontando la Tierra Mojada, la menor concentración medida correspondería a caminos con aplicación de Bischofita, seguida por el Cemento y finalmente la Tierra Humectada. Cabe decir que la aplicación de Bischofita en Dayton es muy limitada, y se limita a un camino de acceso. La solución más aplicada correspondió a Tierra Humectada, que si bien muestra una efectividad de reducción parecida a la aplicación de bischofita, necesita de un monitoreo mayor, lo que debiera ser establecido en función del registro de los parámetros de agua consumida en riego y combustible o kilómetros recorridos por camiones aljibe. Se debe evaluar también la aplicación más extensiva de bischofita.

Resultados de Procesos Medidos

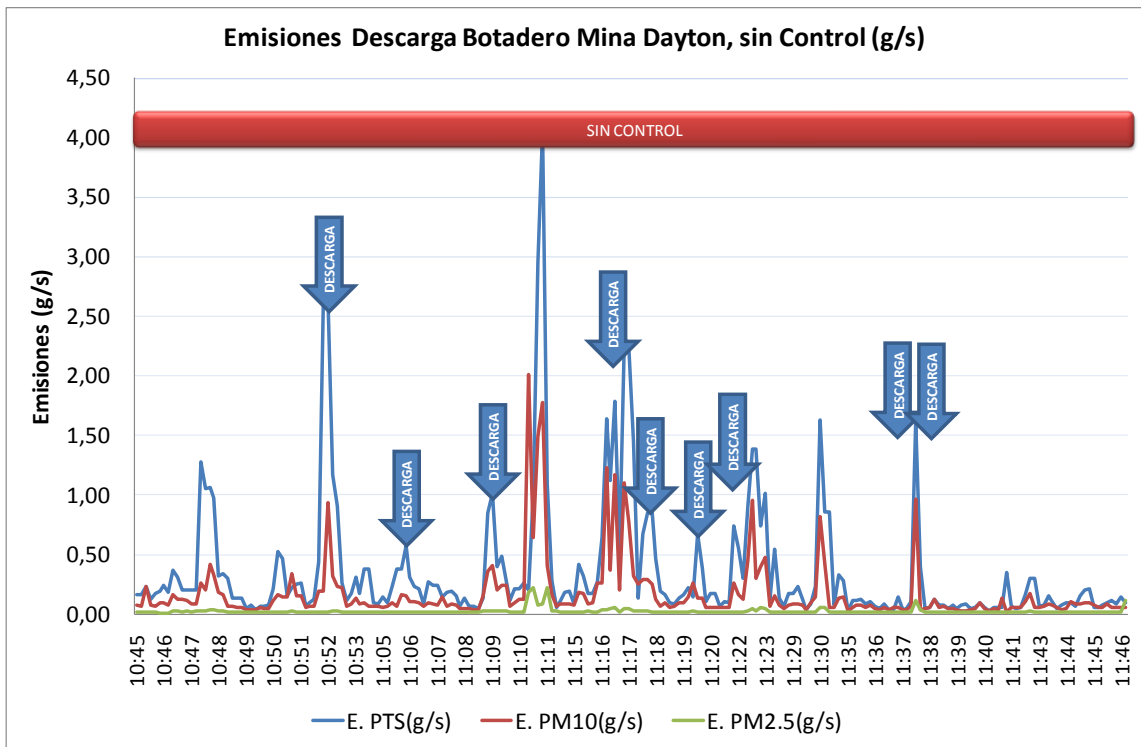


Figura 5-10. Emisiones operación botadero Dayton

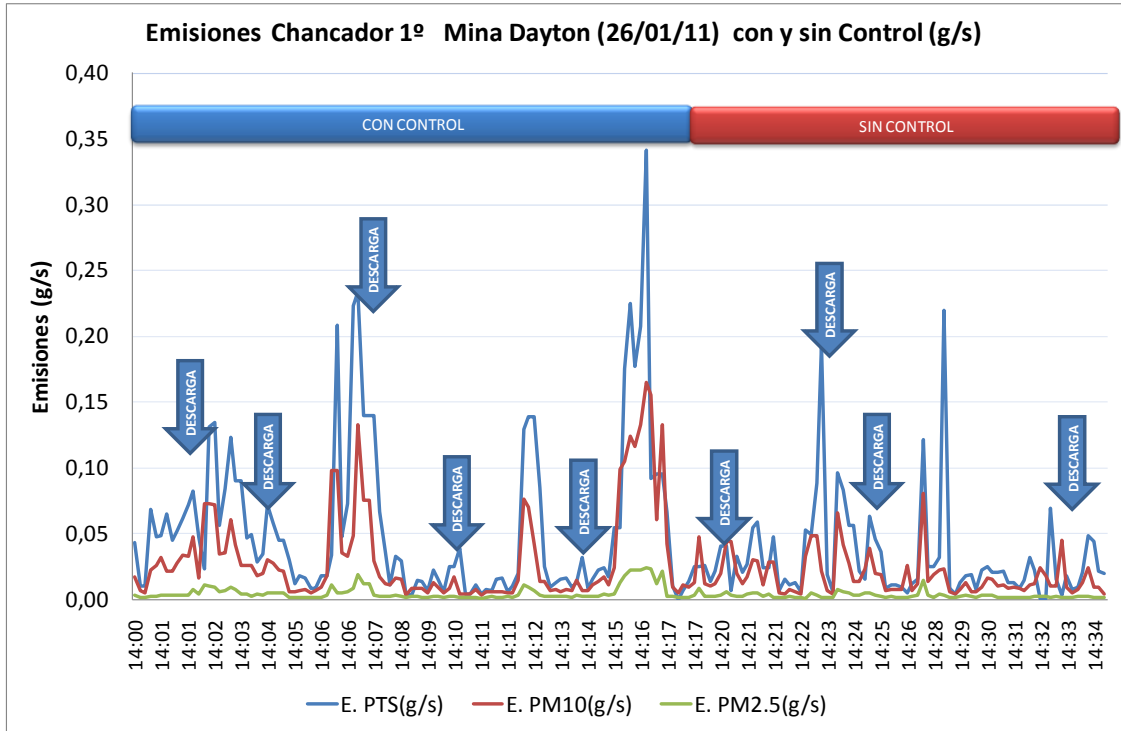


Figura 5-11. Emisiones Chancador 1º Dayton

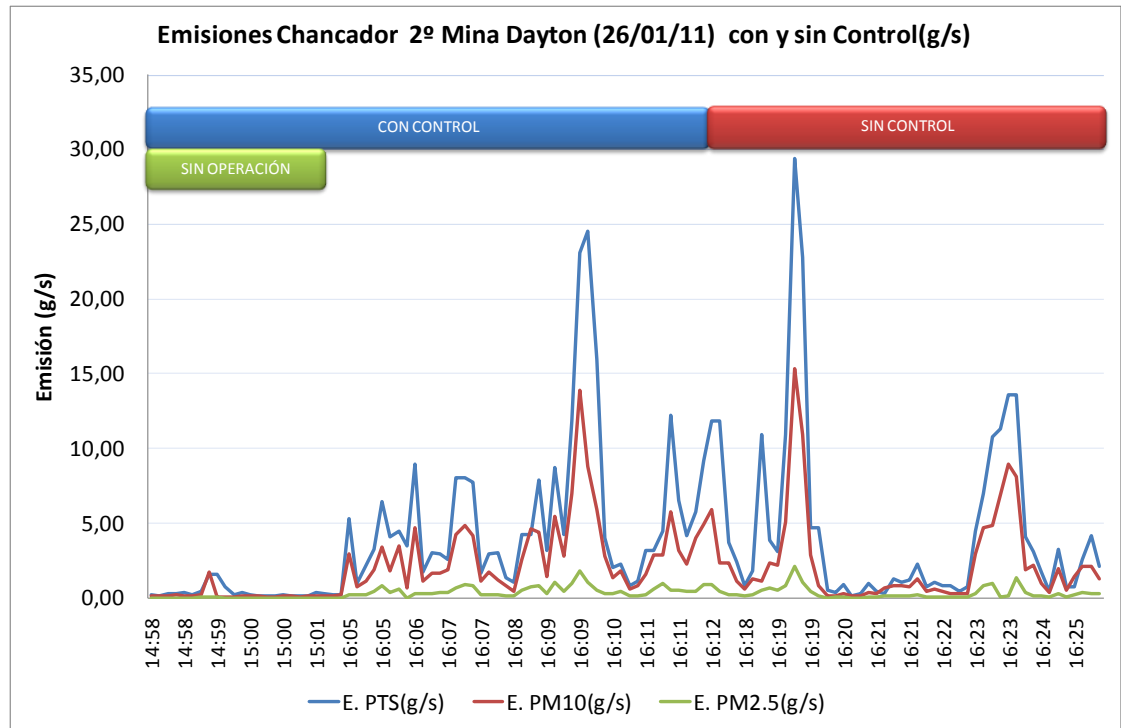


Figura 5-12. Emisiones Chancador 2º Dayton

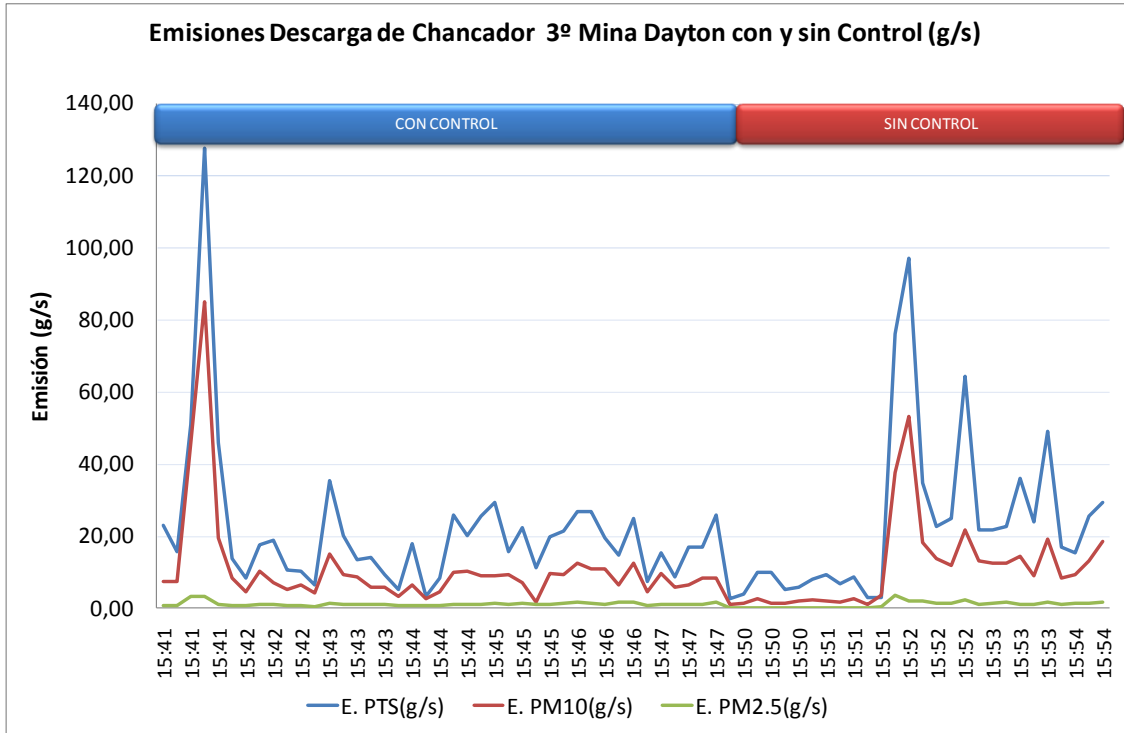


Figura 5-13. Emisiones Chancador 3º Dayton

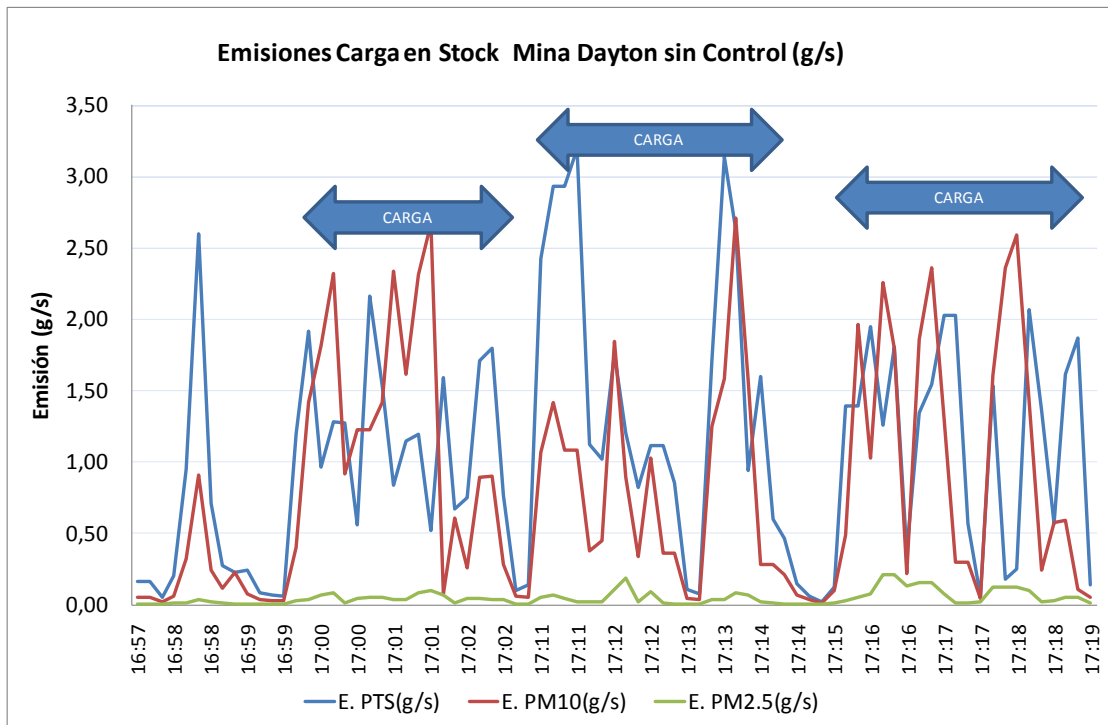


Figura 5-14. Emisiones de carga en Stock en Dayton

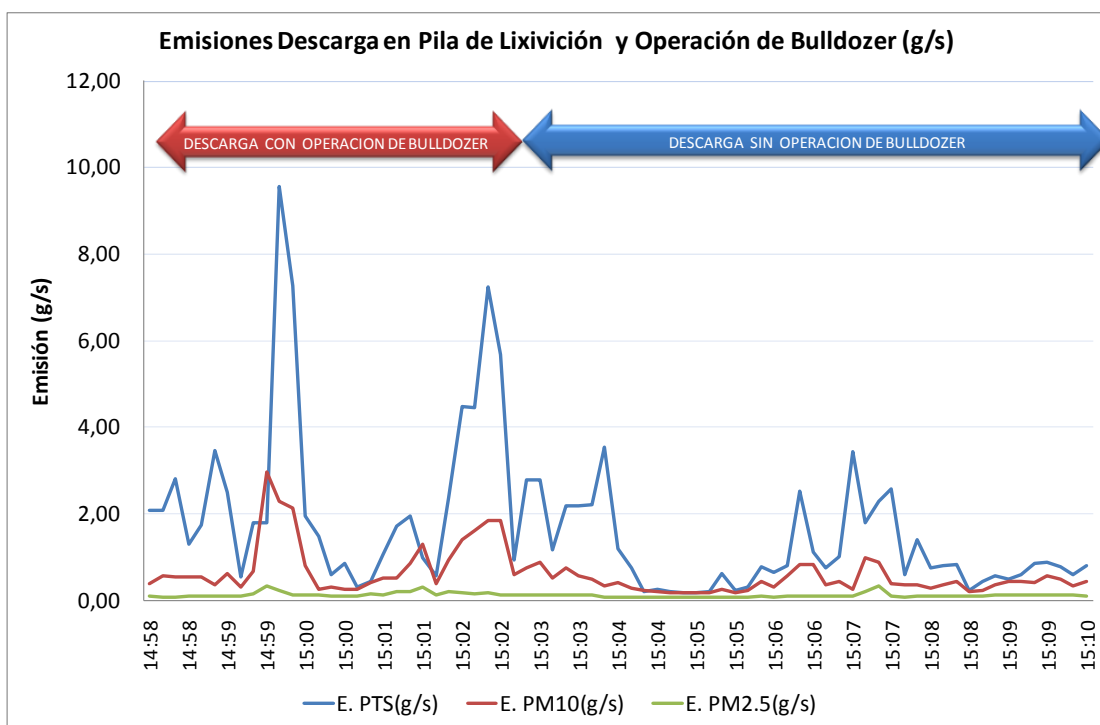


Figura 5-15. Emisiones de descarga en pila de lixiviación y operación de Bulldozer en Dayton

Tabla 5-1. Emisiones Promedio de Procesos de Dayton (g/s)

Nº	Operación	PTS (g/s)	PM10 (g/s)	PM2.5 (g/s)
1	Operación Botadero Sin Control	0.36	0.17	0.02
2	Chancador 1º Sin Control ⁽¹⁾	0.03	0.02	0.00
3	Chancador 1º Con Control ⁽¹⁾	0.06	0.03	0.01
4	Chancador 1º Sin Control ⁽²⁾	0.03	0.02	0.00
5	Chancador 2º Sin Control	4.28	2.28	0.33
6	Chancador 2º Con Control	4.02	2.14	0.34
7	Descarga Chancador 3º Sin Control	23.35	11.09	0.94
8	Descarga Chancador 3º Con Control	21.12	10.85	1.14
9	Carga desde Stock Sin Control	1.08	0.85	0.05
10	Descarga Pila Lix. Sin Control	1.69	0.61	0.11

(1) Medición realizada el 26/01/11

(2) Medición realizada el 27/01/11

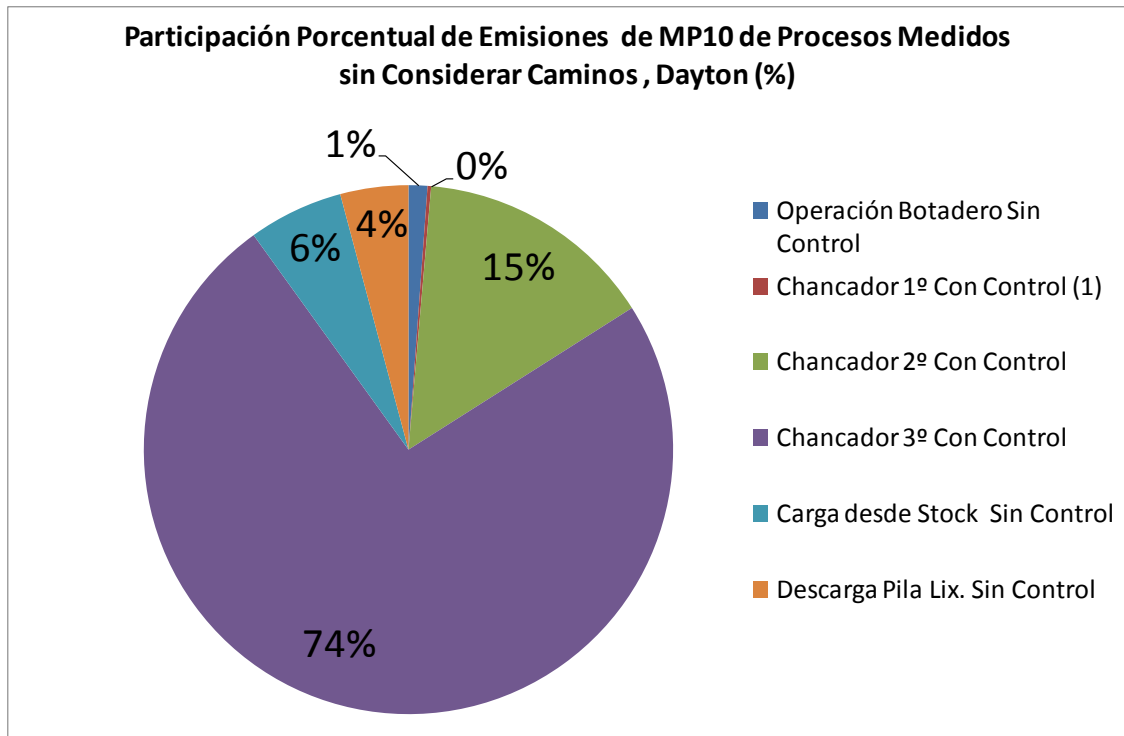


Figura 5-16. Participación porcentual de procesos medidos en Dayton

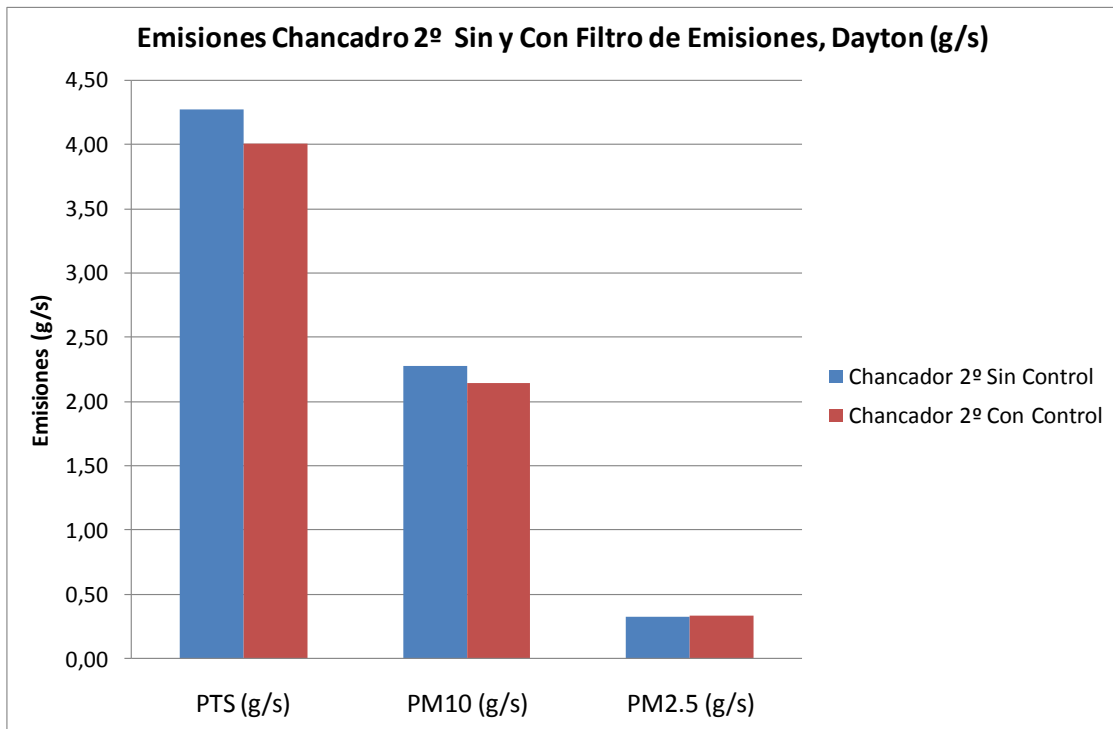


Figura 5-17. Emisiones de Chancador 2º sin y con filtro de emisiones en Dayton

Resultados de Caminos Medidos

Tabla 5-2. Concentraciones Medidas en Caminos, Dayton (ug/m3)

Tipo de Carpeta	PTS	PM10	PM2,5
Bischofita	242.32	121.54	7.43
Cemento	361.17	163.13	9.09
Tierra Humectada	417.13	194.47	14.82
Tierra Mojada	152.47	83.73	6.27
Tierra Seca	1605.38	1269.74	128.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-3. Porcentaje de Reducción de Emisiones Respecto a Camino de Tierra Seca

Tipo carpeta	Promedio de PTS	Promedio de PM10	Promedio de PM2,5
Bischofita	85%	90%	94%
Cemento	78%	87%	93%
Tierra Humectada	74%	85%	89%
Tierra Mojada	91%	93%	95%
Tierra Seca	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia

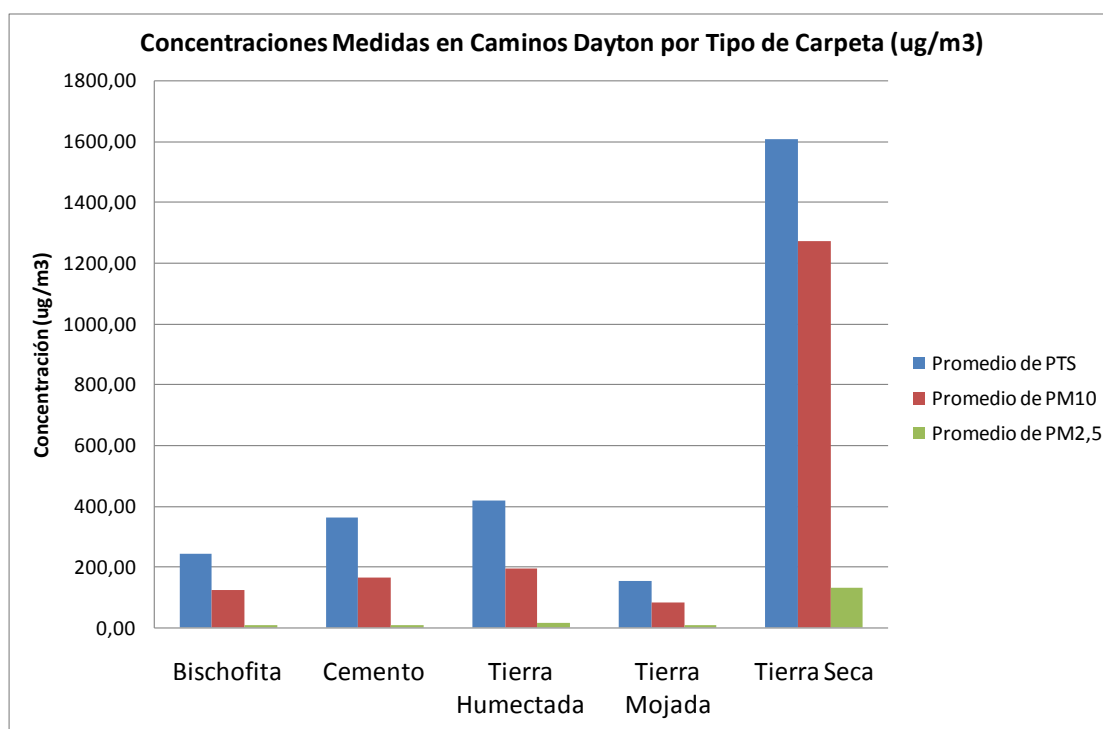


Figura 5-18. Concentraciones medidas en caminos Dayton según tipo de carpeta

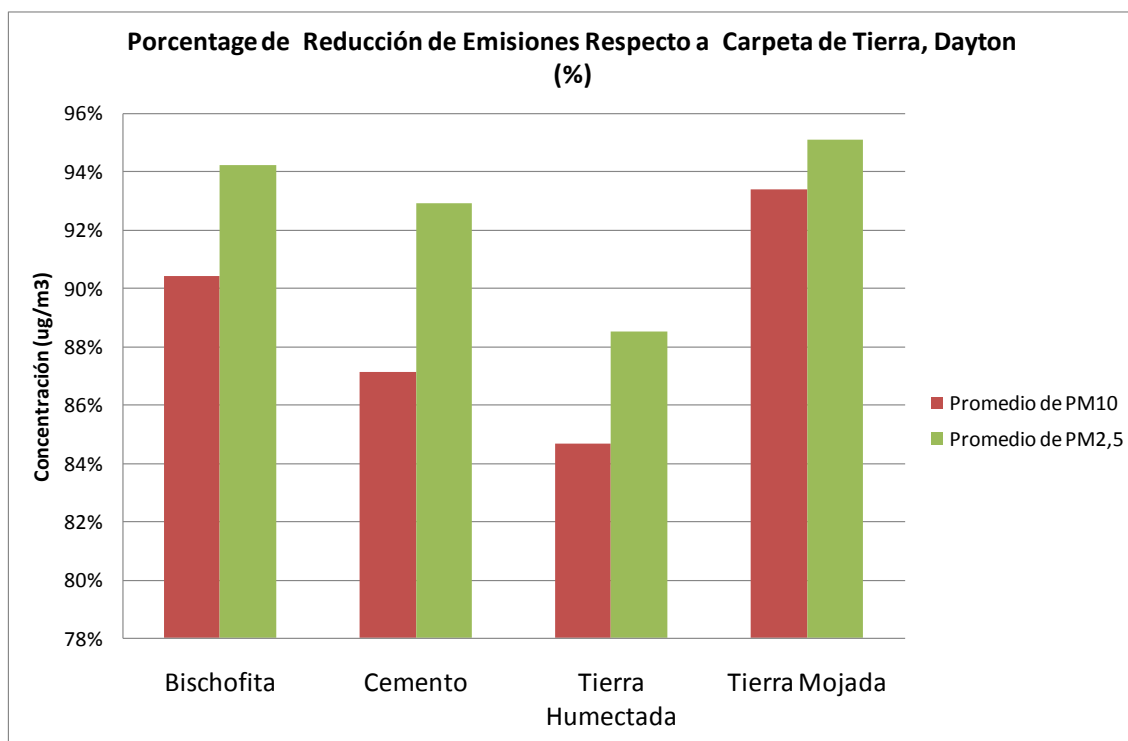


Figura 5-19. Porcentaje de reducción de emisiones considerando como base camino de tierra seca en Dayton

5.3 Evaluación de Medidas Implementadas por Compañía Minera TECK-CDA

La campaña de mediciones de procesos y caminos en la Compañía Minera Dayton se realizó entre el 31 de Febrero y el 04 de Enero del 2011, en dicha ocasión se midieron las fuentes emisoras que se nombran a continuación y pueden verse en las Figura 5-3 a Figura 5-9:

- Tronadura
- Carga de material en camión con Pala Mecánica (Fase 2)
- Descarga de Camión en Chancador 1º
- Descarga Chancador 1º a correa transportadora
- Descarga en Acopio (Apolo)
- Tránsito de Camiones

Respecto a caminos se midieron:

- Camino con bischofita
- Camino de tierra
- Camino con DustBlock

Es importante señalar algunos procesos no pudieron ser medidos, debido a las siguientes causas:

- Imposibilidad de aislar la emisión respecto a otras fuentes emisoras cercanas
- Imposibilidad de ubicar el vehículo instrumentado en un lugar viento abajo de la fuente
- No existir un lugar que reuniera las condiciones de seguridad necesarias para ubicar el vehículo instrumentado

En general, por razones de seguridad, las operaciones de carga de material en camión se midieron a una distancia de 400m, mientras que la operación de tronadura se midió a una distancia de 1800 m.



Figura 5-20. Tronadura en TECK- CDA



Figura 5-21. Carga de Material en Camión con Pala Mecánica



Figura 5-22. Carga en Chancador 1º



Figura 5-23. Descarga Chancador 1º a correa transportadora



Figura 5-24. Descarga Chancador 1º a Correa (Aspersores)



Figura 5-25. Descarga en Acopio Apolo



Figura 5-26. Manga Obstruida en Acopio Apolo

5.3.1 Resultados de las mediciones

En las Figura 5-27 a Figura 5-31 se muestran los resultados de las mediciones de procesos.

Respecto a tronaduras en la Figura 5-27 se muestra la medición de la tronadura realizada el día 04 de febrero del 2011, la cual se midió a una distancia aproximada de 1 800 m, tardando la pluma en llegar al punto de medición aproximadamente 6 minutos, se observa también que el efecto de las emisiones de tronadura es de muy corta duración, aproximadamente 2 minutos. El lugar de medición se ubicó en un punto al sur de la mina, constatándose que la medida de realizar la operación con viento del norte, fue efectiva para lograr que la pluma de emisión se movilizara en dirección contraria a la ciudad de Andacollo.

En la Figura 5-28 se muestran los resultados de la medición de operación de carga de camión con pala mecánica, que se muestra en la Figura 5-21, siendo posible medir la operación con y sin humectación con camión aljibe, según se observa la operación de humectación tuvo una efectividad relativamente baja y de corta duración, por lo que se considera poca efectiva su aplicación, considerando además que es una operación riesgosa. Las emisiones se modularon en función de la carga de los camiones las que se han señalado en la figura con flechas rojas

En la Figura 5-29 se muestran los resultados de la operación de descarga de camión en Chancador 1^º señalándose con flechas azules las descargas realizadas en condición de funcionamiento del sistema de reducción de emisiones (atomizadores de agua), y en rojas las descargas sin atomizadores de agua. Es importante señalar que debido a que no pudo ubicarse la camioneta instrumentada con anemómetro, se debió proceder sólo a medir concentraciones. En la Tabla 5-4 se observa una reducción de las concentraciones por efecto del uso de aspersores de agua al momento de la descarga, los que tendrían una eficiencia en la reducción de emisiones de MP10 y MP2.5 de un 42% y 45% de respectivamente. Esto a pesar de sólo parte de los aspersores de la boca de descarga estaban en plena operación, encontrándose los otros obstruidos por depósito de material. Se sugiere realizar mantenciones periódicas a los aspersores para mejorar su rendimiento.

Se observó también que los aspersores se accionaban sólo al momento de la descarga, dado que en la Figura 5-29, y en terreno se constató que sucede un peak de concentraciones cuando el chancador empieza a triturar la roca, este peak duraría unos 2 minutos, por lo que se sugiere prolongar la aspersion durante ese tiempo una vez ha descargado el camión en la boca del chancador.

En la Figura 5-30 se observan las emisiones medidas en la descarga del Chancador 1^º en la correa transportadora. Se constató como se muestra en la Figura 5-24 que los sistemas de aspersion de agua no estaban en operación, estos sistemas son de accionamiento manual, lo que dificulta su control y accionamiento por parte del operador del chancador, se sugiere se instale un sistema de control remoto que pueda ser accionado desde la cabina del operador.

En la Figura 5-31 se muestran las emisiones medidas en la descarga del acopio que se muestra en la Figura 5-25 (Apolo), la medición fue de corta duración debido a la falta de estabilidad en la dirección del viento al momento de la medición. En terreno se constato falta de eficiencia de las cintas como barrera contra el viento, se sugiere ver la factibilidad técnica de implementar una pantalla perimetral, al menos en la dirección preferente del viento. Por otra parte, como se ve en la Figura 5-26 se observó que la manga rígida que sirve para

reducir la altura de caída del material se encontraba obstruida, por lo cual no cumpliría su función.

En la Figura 5-32 se muestra la participación de los procesos para los cuales fue posible establecer sus emisiones, es importante señalar que dado que no fue posible medir todos los procesos, los resultados mostrados son de tipo referencial. Es posible ver la importancia de las emisiones asociadas al Chancador 1º, las cuales serían mayores a las de las operaciones de carga en camión y de descarga en pila.

Respecto a emisiones en asociadas a caminos en la Figura 5-33, Tabla 5-6 y Tabla 5-7 se observa una buena capacidad de reducción de las emisiones asociadas a caminos tratados con bischofita (50%) y una baja efectividad del Dast Block, la cual presentó concentraciones parecidas a las de camino de tierra sin tratar.

Resultados de Procesos Medidos

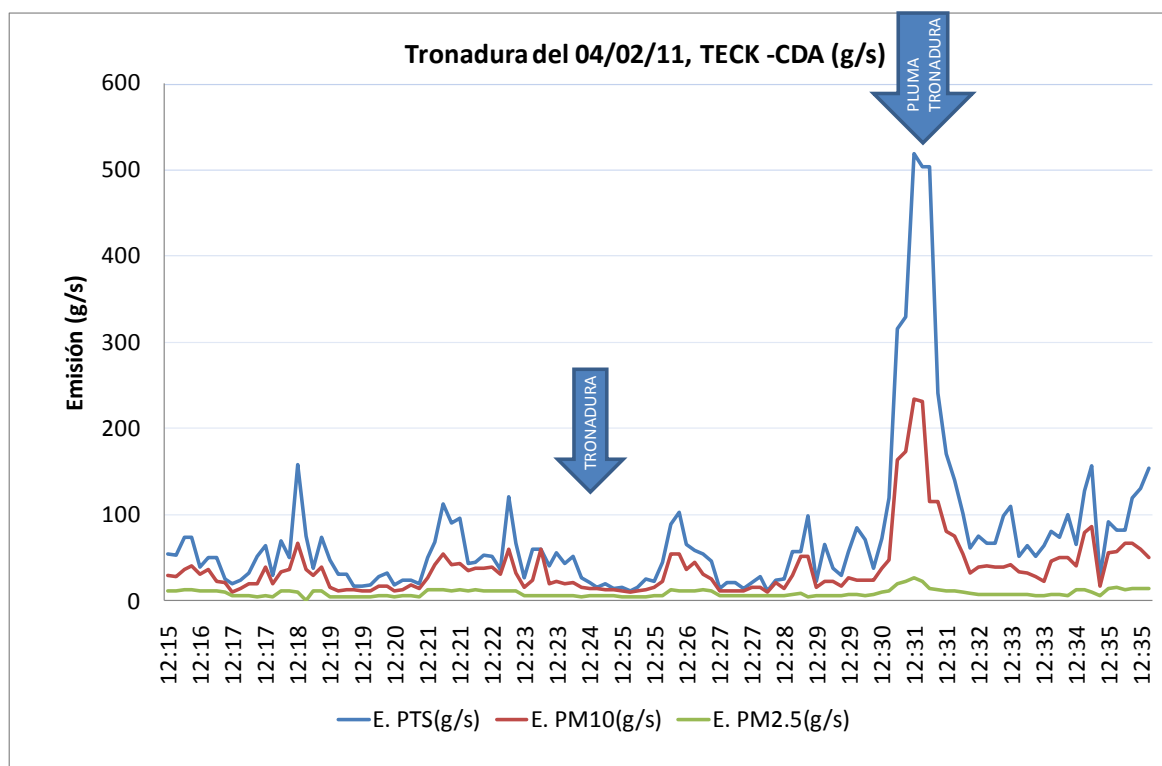


Figura 5-27. Tronadura

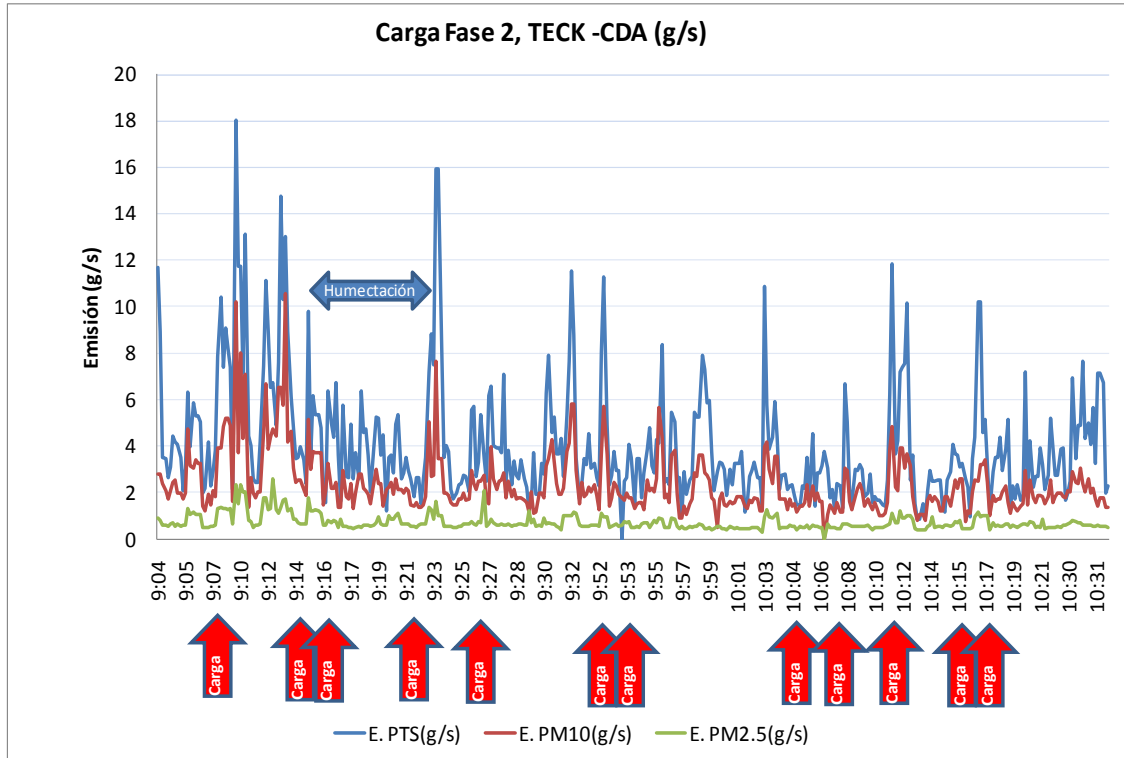


Figura 5-28. Carga de Camión con Pala Mecánica

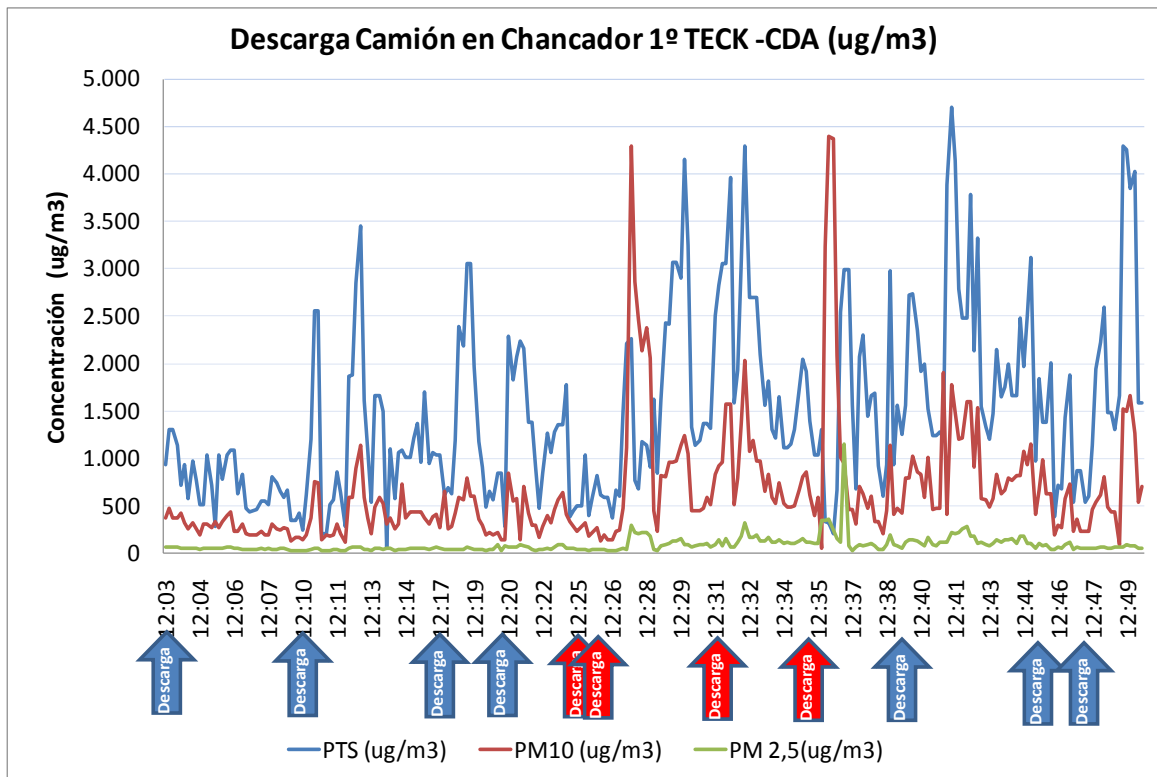


Figura 5-29. Concentraciones en Descarga de Camión en Chancador 1º

Tabla 5-4. Concentración Promedio de Operación de Descarga en Chancador 1° (ug/m³)

Operación	PTS (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)	PM2.5 (ug/m ³)
Descarga en Chancador 1° Sin Control	1619.02	917.80	122.14
Descarga en Chancador 1° Con Control	1425.41	530.39	67.40
Reducción de Emisión	193.61	387.40	54.74
Eficiencia	12%	42%	45%

Fuente: Elaboración propia

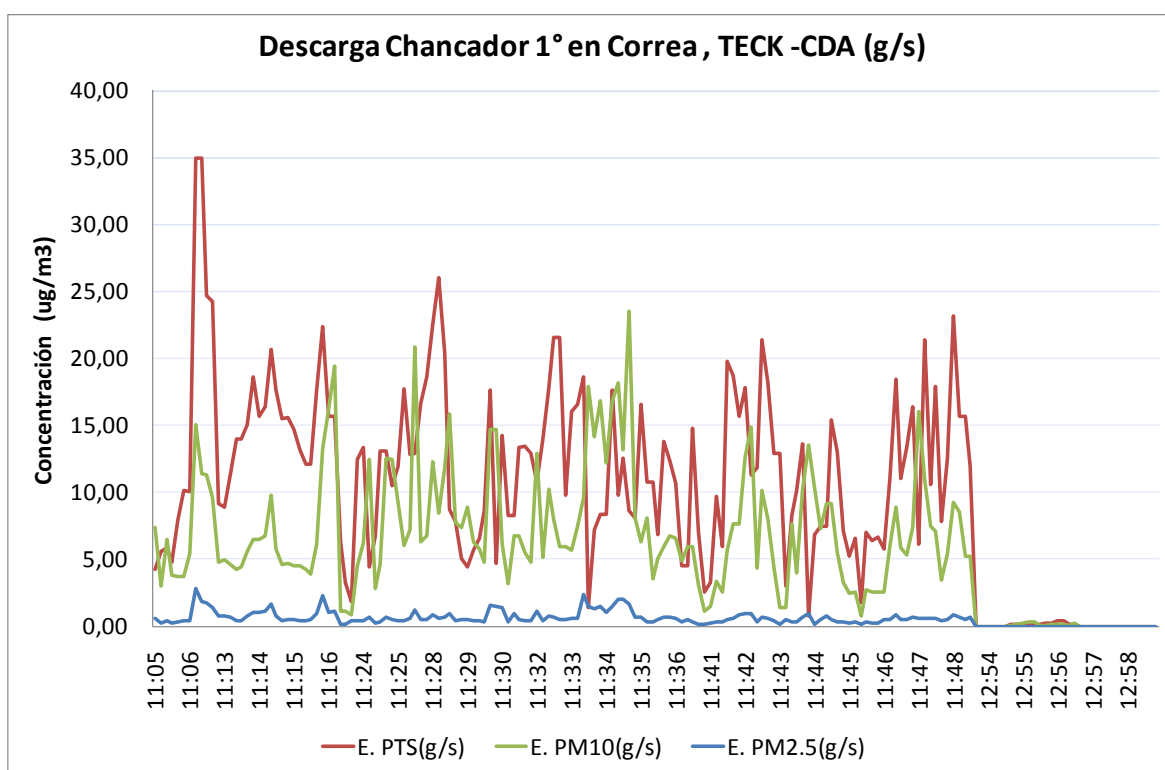


Figura 5-30. Emisiones en Descarga de Chancador 1° en Correa Transportadora

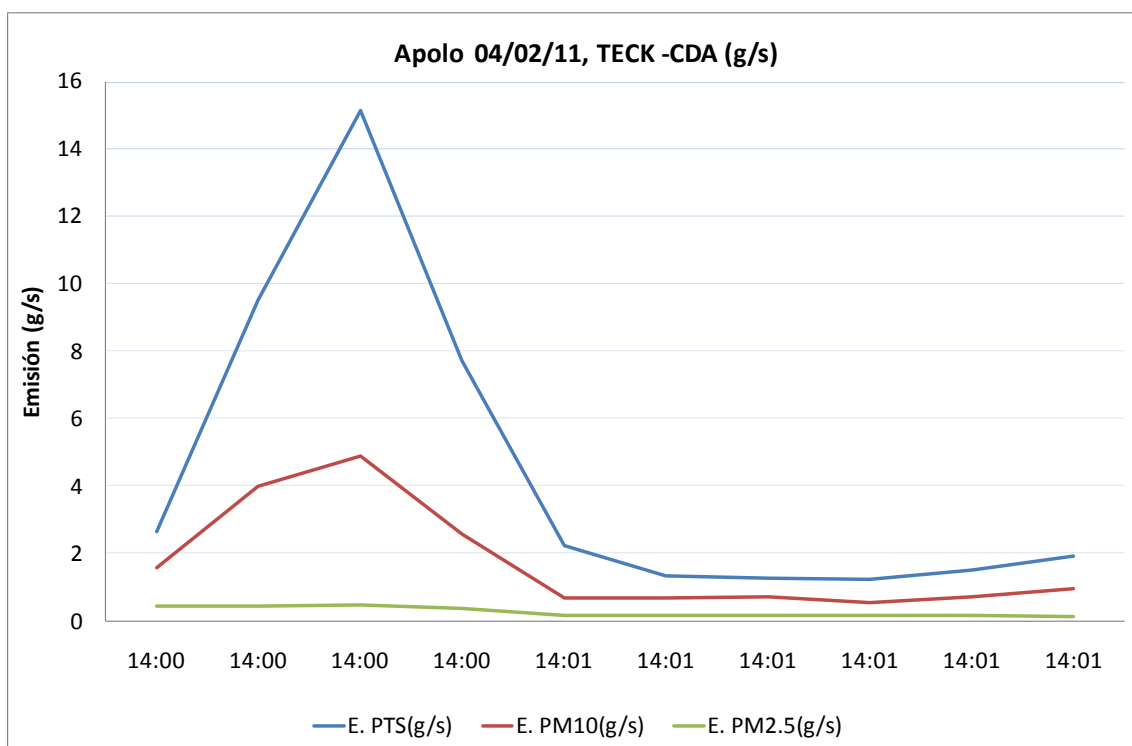


Figura 5-31. Descarga en Acopio (Apolo)

Tabla 5-5. Emisiones Promedio de Procesos de TECK-CDA (g/s)

Nº	Operación	PTS (g/s)	PM10 (g/s)	PM2.5 (g/s)
1	Chancador 1º(Correa y Chancador) Sin Control	10.01	6.15	0.58
2	Carga de mineral Sin Control	4.14	2.38	0.73
3	Carga de mineral Con Control	3.87	2.28	0.76
4	Apolo Sin Control	4.46	1.74	0.27

Fuente: Elaboración propia

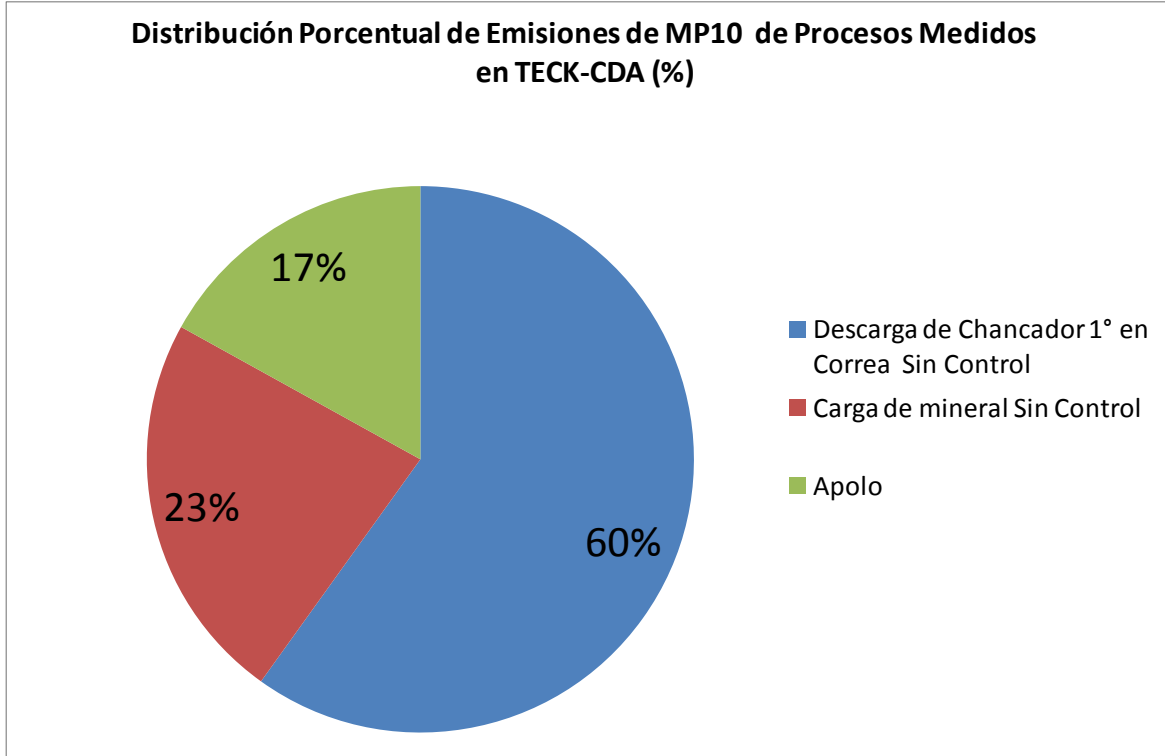


Figura 5-32. Participación Porcentual Relativa de Procesos Medidos en TEC-CDA (%)

Resultados de Caminos Medidos

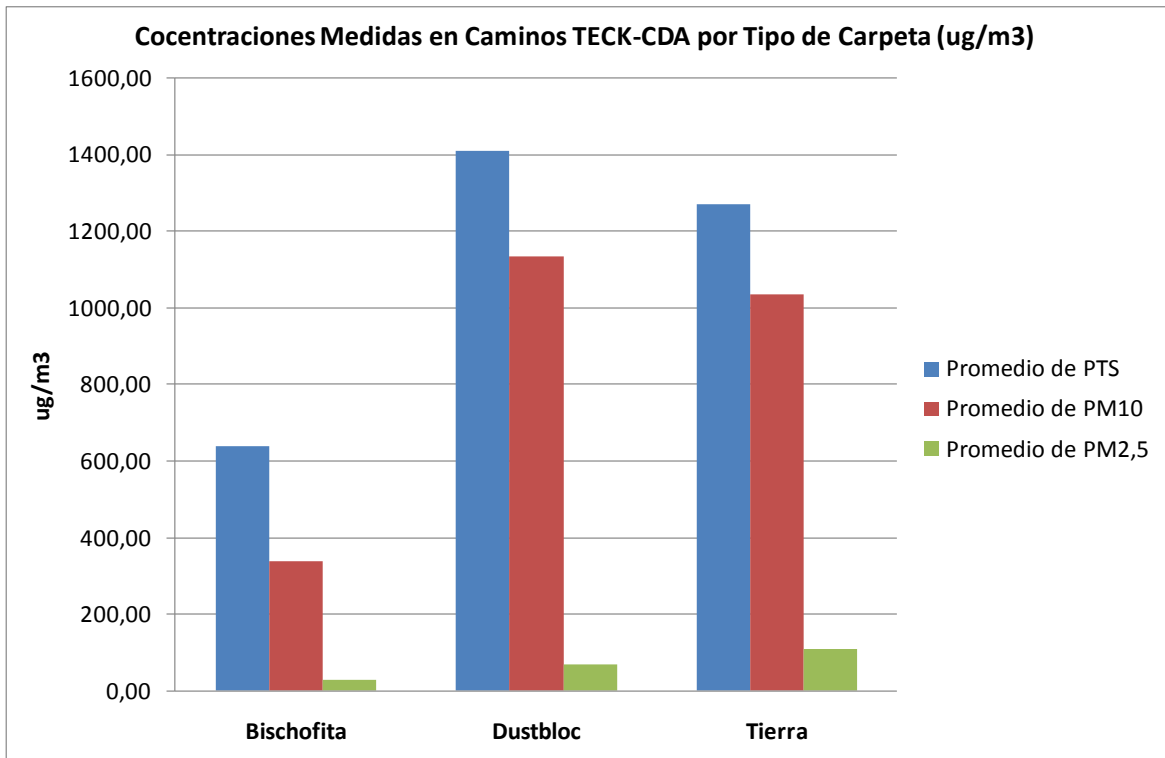


Figura 5-33. Concentración de Emisiones en Caminos de TECK-CDA

Tabla 5-6. Concentraciones Medidas en Caminos, TECK-CDA (ug/m3)

Tipo de Carpeta	PTS	PM10	PM2,5
Bischofita	638.05	336.62	29.32
Dustbloc	1410.54	1134.48	68.47
Tierra	1271.16	1034.47	109.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-7. Porcentaje de Reducción de Emisiones Respecto a Camino de Tierra Seca

Tipo de Carpeta	PTS	PM10	PM2,5
Bischofita	50%	67%	73%
Dustbloc	-11%	-10%	37%
Tierra	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia

6 DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MP10 Y MP2.5 Y SU TOXICOLOGÍA AMBIENTAL.

6.1 Actividad 4: Instalación de equipos para determinar la composición química de MP10 MP2.5.

Esta actividad tiene por objetivo instalar equipos que permitan determinar la composición química de MP10 MP2.5. El tiempo de monitoreo y la cantidad de monitores ha sido definida, considerando asegurar la obtención de muestras suficientes para realizar posterior análisis químico de los filtros. Así mismo, la definición de la campaña de monitoreo a considerado asegurar que las muestras tomadas sean representativas de la totalidad de fuentes de emisión. Los monitores propuestos a utilizar son los indicados en norma D.S. N° 59/98 del MINSEGPRES.

Adicionalmente a lo solicitado en las bases técnicas, se incluyen mediciones continuas de MP10 y MP2.5, por al menos 2 meses, con el fin de verificar los datos monitoreados por las estaciones de Andacollo, recopilar información sobre concentraciones de MP2.5, así como mejorar la caracterización temporal de las concentraciones en Andacollo y en un lugar de fondo.

6.1.1 Mediciones continuas de MP10, MP2.5 y meteorología.

Para caracterizar el ciclo diario del material particulado respirable en Andacollo se realizaron mediciones de MP2.5 en zona urbana y MP10-MP2.5 en un lugar de fondo, en ambos lugares se instaló una estación meteorológica para identificar desde donde proviene el material particulado.

El lugar urbano elegido corresponde a la estación Hospital de la red SIVICA, lugar que cuenta con mediciones continuas de MP10 y una estación meteorológica. El 6 de diciembre se instaló un monitor continuo Beta MP2.5 marca Termo (ver Figura 6-1) que permite obtener concentraciones horarias y una estación meteorológica para verificar la correcta medición de la instalada en el lugar. El sensor de viento se instaló a nivel de los cabezales de MP para estudiar si hay diferencias respecto a la lectura a 10m.

La medición de MP2.5 y meteorología se extendió hasta el 12 de abril de 2010, es decir por un período de 4 meses. Adicionalmente, se gestionaron los datos de MP10 y meteorología de la estación SIVICA Hospital de Andacollo con la SEREMI de Salud para el período de medición.

El lugar de fondo elegido corresponde a un sector recomendado por la SEREMI de Medio Ambiente ubicado unos 8 km al Sur de la Minera Carmen de Andacollo sector denominado Rosario. En este lugar se instaló un equipo tipo nefelómetro, aprobado por la Comunidad Económica Europea para medición de MP10, el cual además permite medir en forma simultánea, cada 5 minutos, PTS, PM10, PM2.5 y PM1. Se decidió instalar un equipo TOPAS ya que éste puede funcionar con batería cargada con panel solar (el lugar no cuenta con energía eléctrica). La Figura 6-2 ilustra los equipos instalados desde el 26 de enero hasta el 12 de abril de 2011 (2 meses y medio).



Figura 6-1. Monitor de MP2.5 Thermo



Figura 6-2. Equipo TOPAS y estación meteorológica en sector de fondo (Rosario)

6.1.2 Campañas de caracterización química

Inicialmente estaba considerado 2 campañas intensivas de caracterización química de 10 días de duración para determinación de al menos mercurio, cianuro, plomo, cobre, hierro, sílice y arsénico en 4 lugares (2 lugares urbanos y 2 lugares considerados de fondo).

Los lugares urbanos corresponden a las estaciones Hospital y Urmeneta donde se cuenta además con mediciones de MP10 y los lugares de fondo corresponden a Rosario y observatorio Collowara. El objetivo de estas campañas es complementar el estudio realizado el año 2009 por Centro Mario Molina.

La figura siguiente ilustra los lugares, cuyas coordenadas geográficas se incluyen en la Tabla 6-1.



Figura 6-3. Lugares de medición de MP10 y MP2.5

Tabla 6-1. Coordenadas UTM Ubicación Lugares de Muestreo

Lugar	Coordenada E m	Coordenada N m	Altitud msnm
Est Hospital	299236	6654137	1020
EstUrmeneta	299286	6652819	1026
ObsCollowara	301447	6651665	1277
Rosario (fondo)	298922	6644494	1050

Fuente: GPS y GoogleEarth, huso 19

La obtención de muestras en filtros para análisis químicos se realizó con 2 equipos dicótomos para medición de las fracciones fina (MP2.5) y gruesa de MP10 en lugares urbanos donde se cuenta con energía eléctrica y con 2 equipos Minivol en lugares de Fondo sin energía eléctrica, ya que éstos pueden funcionar con batería recargada mediante panel solar. Los equipos se ilustran en la figura siguiente



Figura 6-4. Equipo para muestreos: Minivol y dicótomos

Se utilizaron filtros de teflón de 37mm de diámetro para los equipos dicótomos y filtros de teflón de 47mm. Cada muestreo tuvo una duración de 24h con cambios alrededor de las 18h, los cambios de filtro fueron realizados por un operador local con residencia en Andacollo.

La primera campaña de medición se realizó entre los días 26 de enero a 7 de febrero de 2011 y la segunda desde el 22 de febrero al 3 de marzo de 2011. Sin embargo, por problemas de coordinación con la minera Teck no fue posible incluir la estación Urmeneta en la segunda campaña, por este motivo se realizó una tercera campaña con mediciones de MP10 y MP2.5 solamente en las estaciones urbanas (Hospital y Urmeneta) entre el 22 de marzo y el 4 de abril de 2011. Es necesario destacar que los muestreos correspondientes a 28 de marzo, 30 de marzo, 01 de abril y 02 de abril tuvieron una duración de 48h para obtener una mayor cantidad de masa para los posteriores análisis químicos.

La gravimetría de filtros (inicial y final) y los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio Químico de CENMA el cual cuenta con acreditación ISO17025.

Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio Químico Agriquem, el cual cuenta con acreditación ISO17025.

Luego de analizar los antecedentes recopilados se descartó la medición de cianuro, en consideración a que no es posible su determinación en los laboratorios nacionales, el costo de análisis en laboratorios extranjeros escapaba al presupuesto comprometido, el tipo de proceso en las mineras que tiende a capturar el 100% del cianuro incorporado en forma de solución alcalina (NaCn) y a las concentraciones menores al límite de detección obtenidas por el estudio de Centro Mario Molina. Los equipos instalados y los lugares de medición se ilustran en las figuras siguientes:



Figura 6-5. Equipo dicótomo en estación Hospital



Figura 6-6. Dicótomo instalado en estación Urmeneta

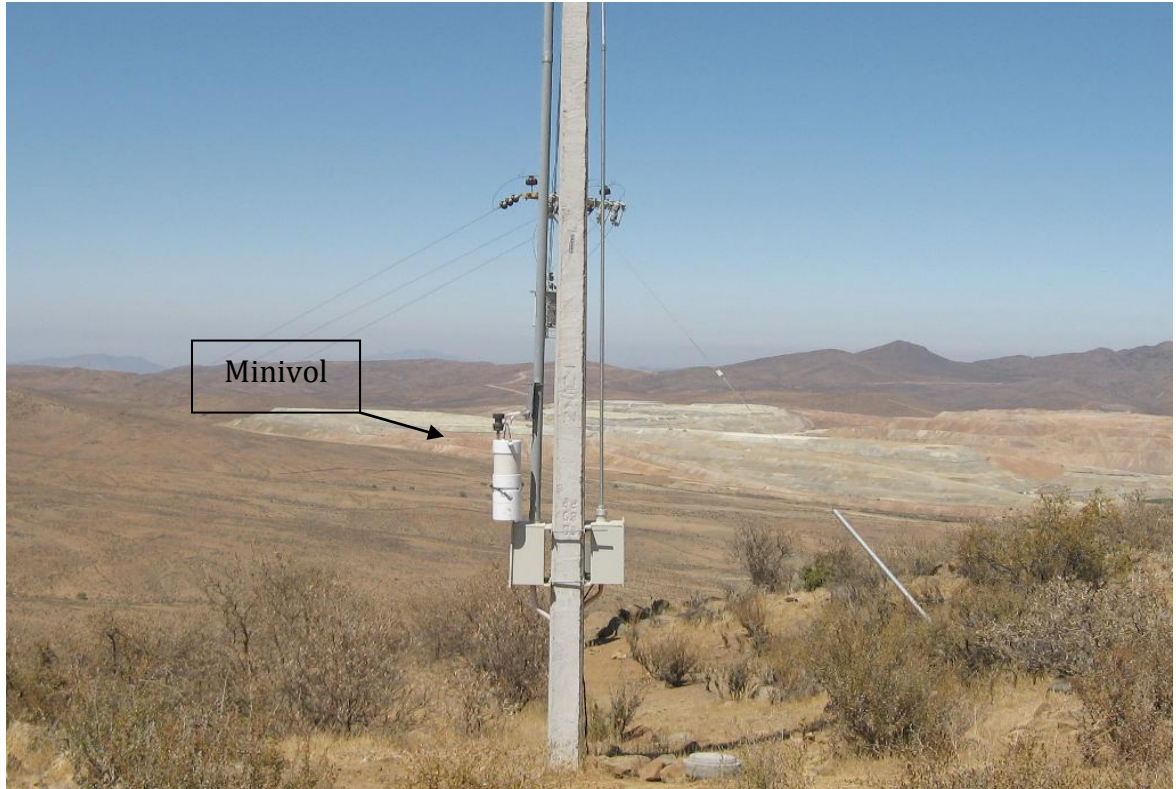


Figura 6-7. Observatorio Collowara, lugar de fondo, medición con Minivol



Figura 6-8. Medición con Minivol en lugar de fondo (Rosario)

6.2 Resultados

6.2.1 Medición continua de MP10 y MP2.5

Los Gráficos siguientes ilustran las concentraciones y ciclos diarios obtenidos, tablas con los valores se incluye como Anexo. El promedio diario se calculó de 1 a 24, donde el promedio de la hora 1 corresponde al promedio desde las 00:01 a 01:00.

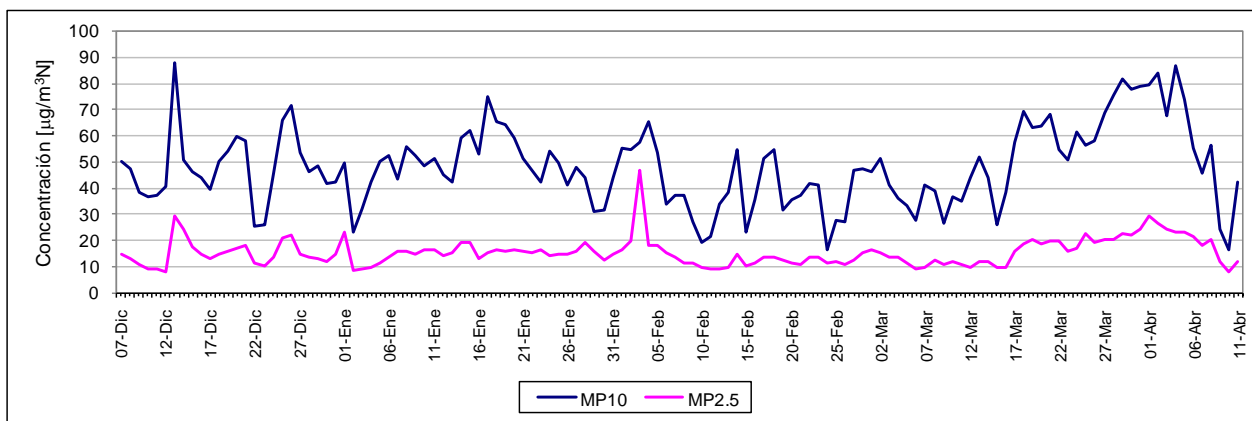


Figura 6-9. Concentraciones diarias de MP10 y MP2.5 con equipos Beta en estación Hospital, 7 de diciembre de 2010 al 12 de abril de 2011

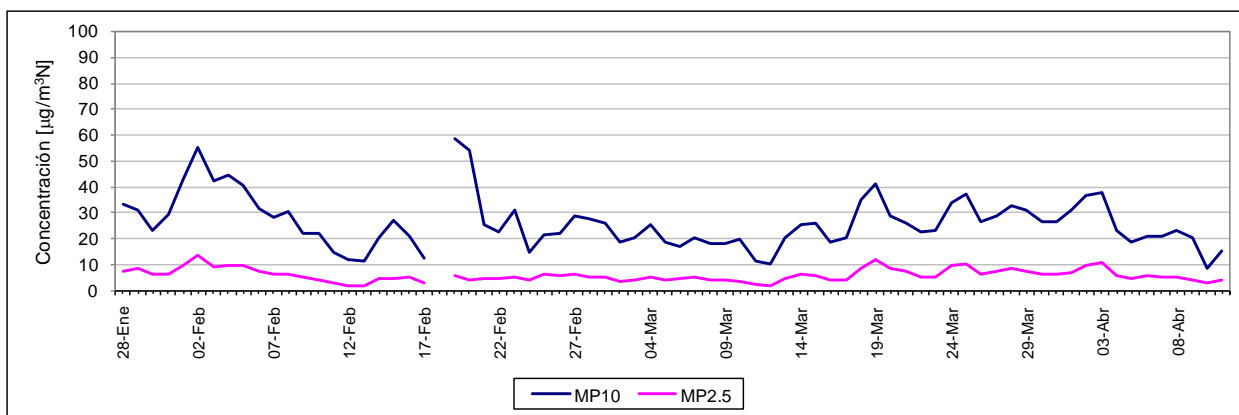


Figura 6-10. Concentraciones diarias de MP10 y MP2.5 con equipo TOPAS en lugar de Fondo (sector Rosario), 28 de enero al 12 de abril de 2011

De acuerdo a la Figura 6-9, las concentraciones de MP2.5 en la estación hospital durante gran parte del período son menores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valor promedio de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiendo a un 30% de las concentraciones de MP10, las cuales tienen un promedio de $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las máximas concentraciones diarias de MP10 y MP2.5 son $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

En el lugar de fondo (Figura 6-10) las concentraciones de MP10 son aproximadamente un 50% de las registradas en Hospital con un promedio de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración máxima de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La comparación de ciclos diarios de MP10 y MP2.5 durante las campañas (Tabla 3-35 y Figura 6-12) muestra un fuerte aumento de MP10 en Hospital durante las mañanas, asociado a las tronaduras, valor que es más alto en la última campaña, y disminución durante la tarde a las horas de mayor ventilación. En cambio el ciclo diario de MP2.5 no presenta una variación significativa durante las mañanas, con aumentos durante la tarde.

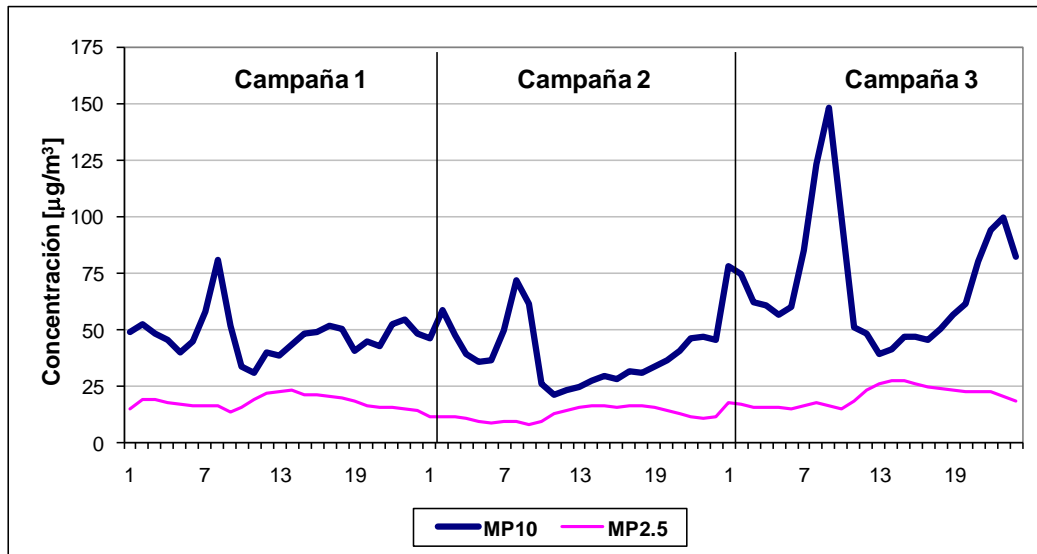


Figura 6-11. Comparación de Ciclos diarios de MP10 y MP2.5 en estación Hospital para las 3 campañas, mediciones con monitor de atenuación beta, Enero a Abril de 2011.

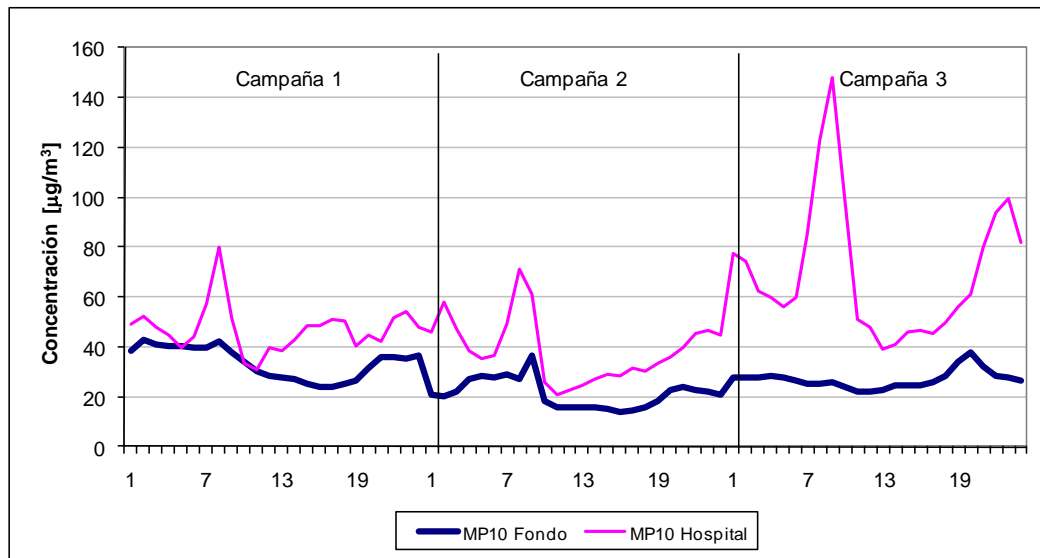


Figura 6-12. Comparación de Ciclos diarios de MP10 en Hospital y lugar de fondo para las 3 campañas, mediciones con Topas y monitor de atenuación beta, Enero a Abril de 2011.

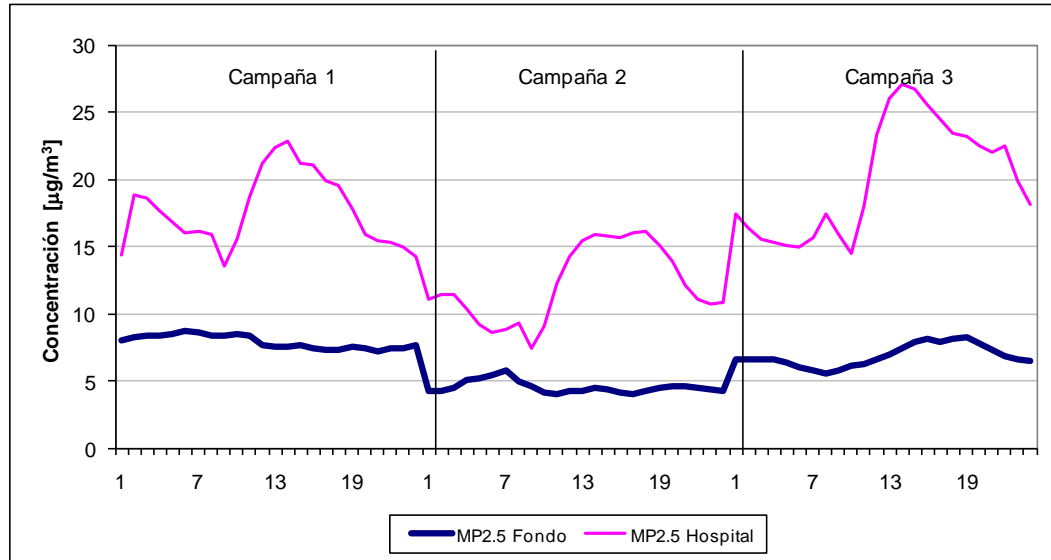


Figura 6-13. Comparación de Ciclos diarios de MP2.5 en Hospital y lugar de fondo para las 3 campañas, mediciones con Topas y monitor de atenuación beta, Enero a Abril de 2011.

De acuerdo a la Figura 6-14, la comparación de ciclos diarios de velocidad de viento muestra valores cercanos a un 80% más altos en la medición a 10m respecto a 4m a las horas de mayor intensidad, es decir durante las tardes. Los valores de velocidad de viento a 10m son similares a los registrados en la estación de fondo, excepto durante las primeras horas del día, donde son mayores en la estación de fondo.

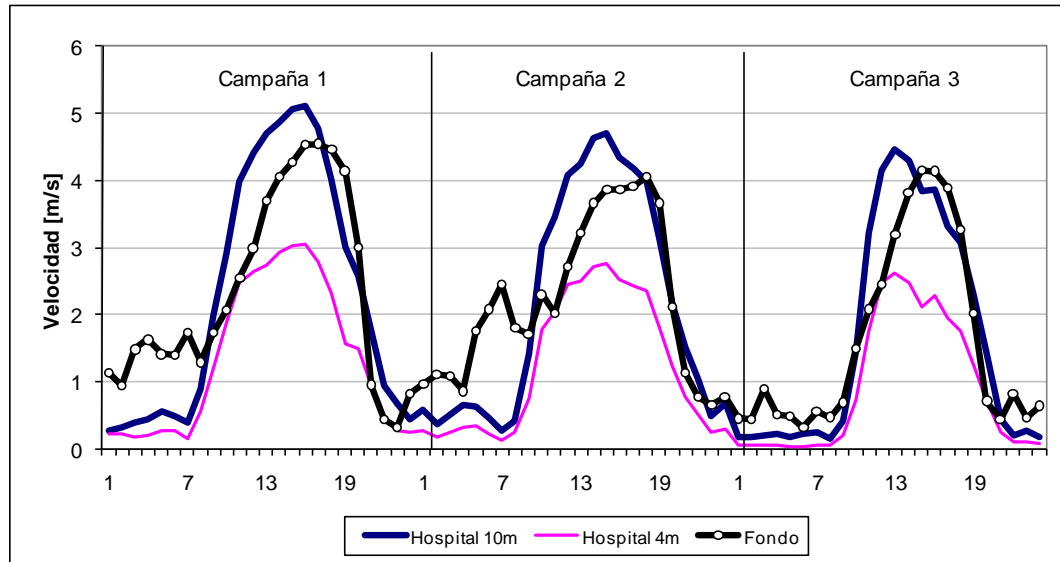


Figura 6-14. Comparación de ciclos diarios de velocidad de viento durante campañas en Hospital y lugar de fondo (sector Rosario), Enero a Abril de 2011.

Durante la noche, la dirección del viento una altura de 4m tiene una marcada componente desde el NW, en cambio a 10m la componente es desde SSW.

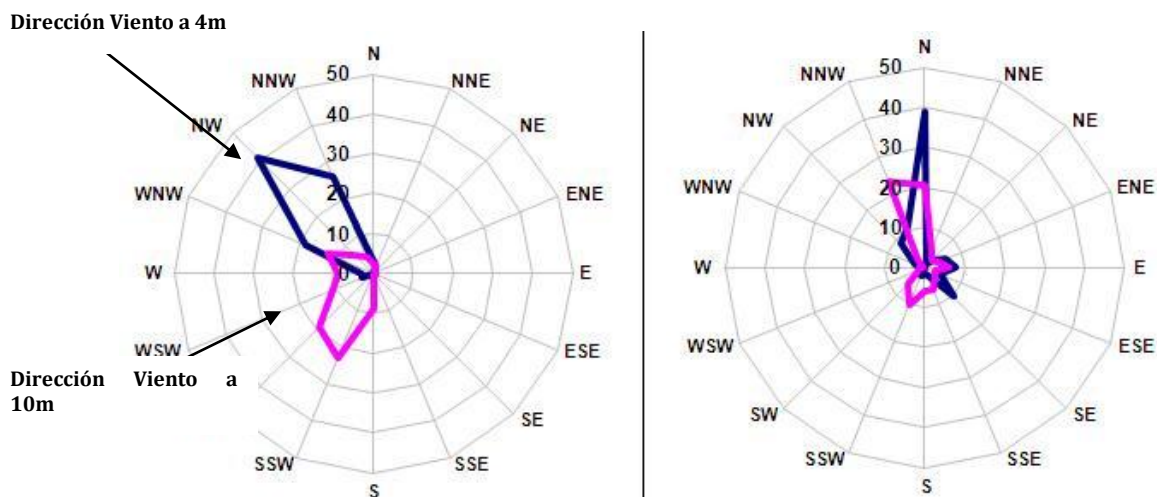


Figura 6-15 Direcciones predominantes durante la madrugada (1 a 6) y mañana (7 a 12) en estación Hospital, Marzo 2011

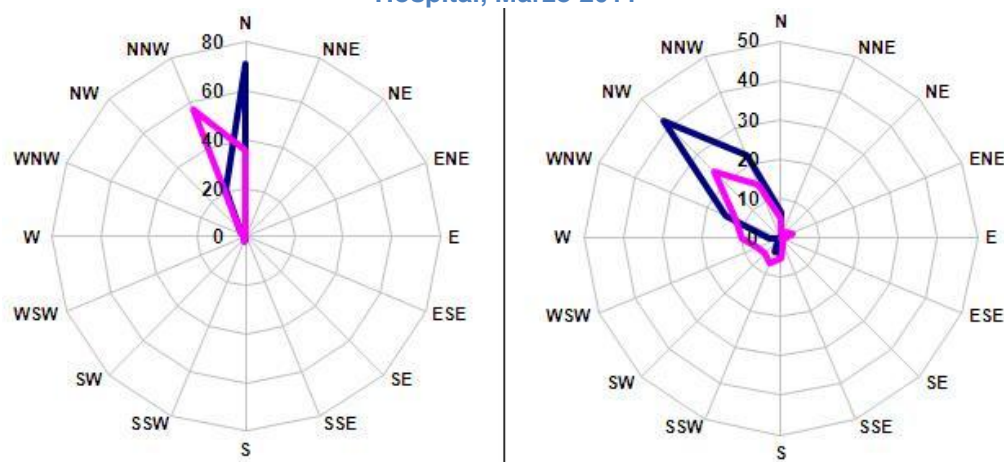


Figura 6-16. Direcciones predominantes durante la tarde (13 a 18) y noche (19 a 24) en estación Hospital, Marzo 2011

A las horas de mayores concentraciones de MP10 (entre 07 y 10h) el viento registrado a 10m proviene desde SW principalmente, rotando por el sector noroeste hasta N, es decir las partículas provienen desde las emisiones de los procesos mineros.

Al comparar los ciclos diarios de temperatura se aprecia similitud de valores durante las mañanas y tardes, en cambio durante la madrugada las mínimas registradas en estación Hospital son menores a las del lugar de fondo.

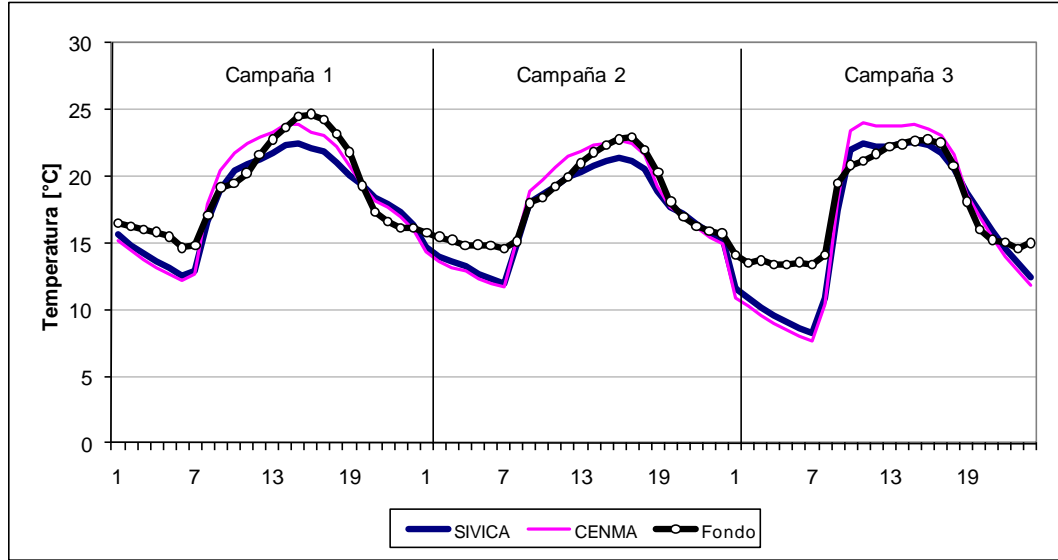


Figura 6-17. Comparación de ciclos diarios de Temperatura durante campañas en Hospital y lugar de fondo (sector Rosario), Enero a Abril de 2011

De acuerdo a la figura siguiente, hay una relación proporcional entre el promedio diario de humedad relativa y la concentración diaria de MP10. Aquellos días más húmedos tienen menores concentraciones de MP10, esta relación no ocurre con MP2.5, lo cual refuerza que el aumento de MP10 corresponde en mayor medida a fracción gruesa asociado a polvo en suspensión, ya sea de emisiones mineras o resuspensión desde calles y caminos. No se aprecia relación directa entre MP10 y las otras variables meteorológicas registradas en la estación Hospital, al considerar promedios diarios.

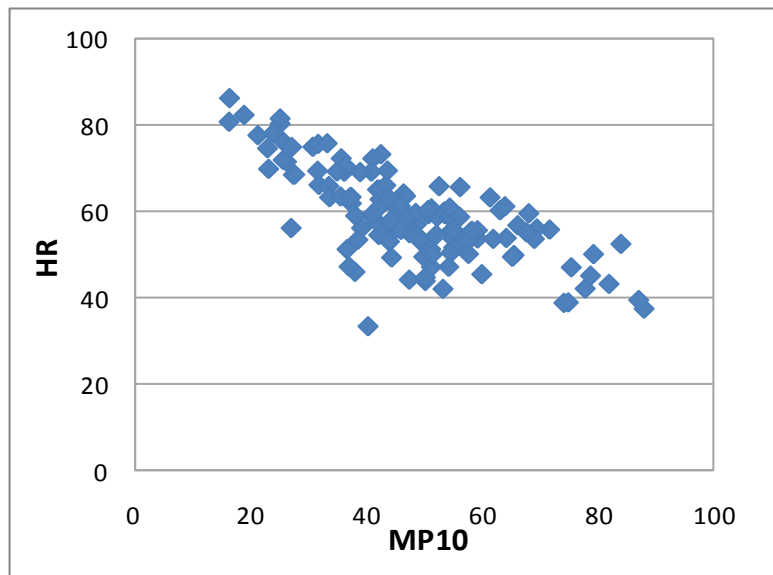


Figura 6-18. Relación entre promedios diarios de MP10 y humedad relativa, estación Hospital, diciembre de 2010 a abril 2011.

6.2.2 Campaña de caracterización química

Durante las campañas de monitoreo se obtuvieron 138 muestras válidas, correspondientes a: 31 muestras de fracciones fina y gruesa de MP10 en Hospital, 21 muestras de fracciones fina y gruesa de MP10 en Urmeneta, 14 muestras de MP10 en Observatorio Collawara y 20 muestras de MP10 en lugar de fondo. Los gráficos siguientes ilustran las concentraciones de MP10 registradas durante las 3 campañas de medición:

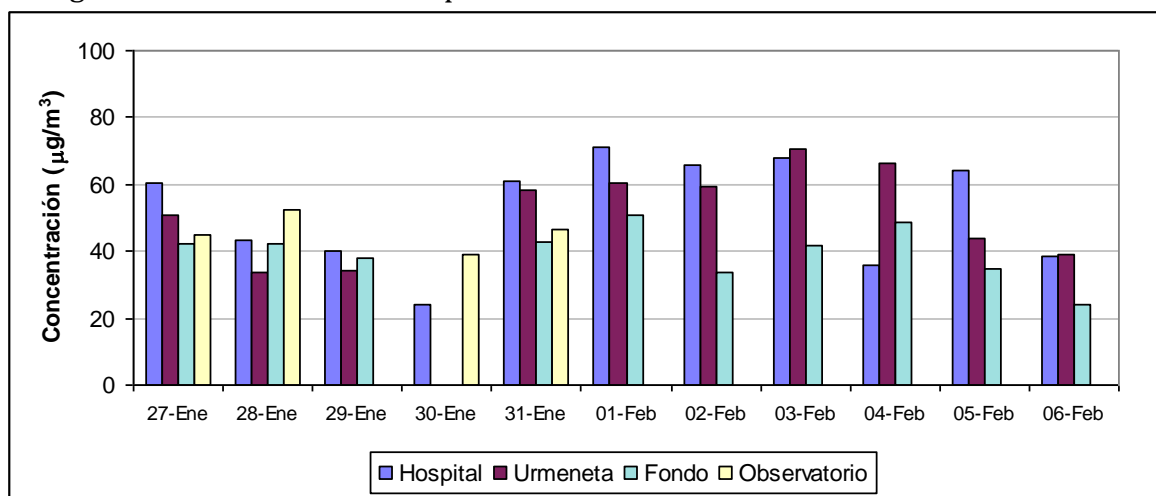


Figura 6-19. Concentraciones diarias de MP10, 1ra campaña, 27 de enero al 6 de febrero

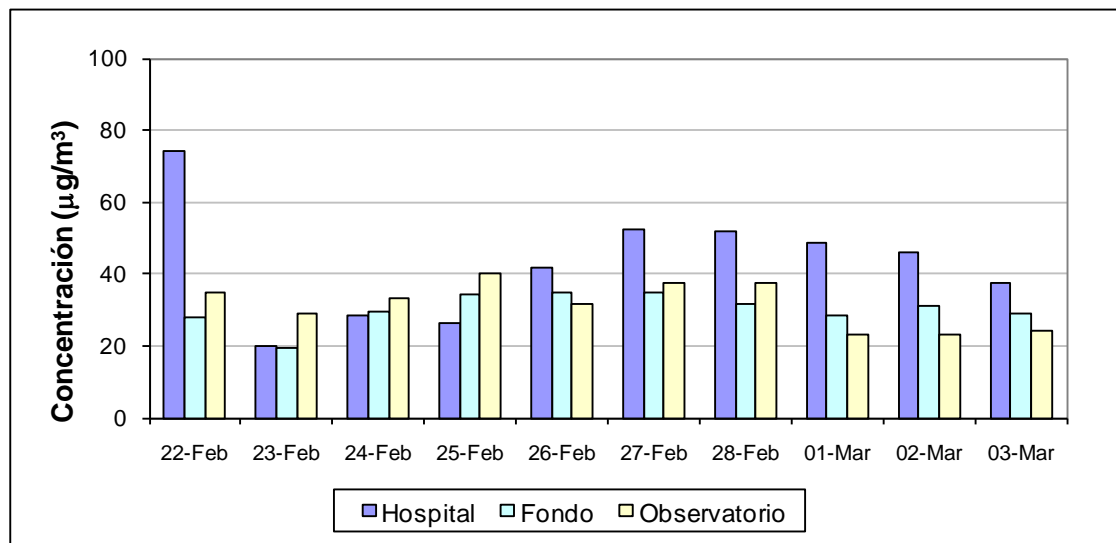


Figura 6-20. Concentraciones diarias de MP10, 2da campaña, 22 de febrero al 3 de marzo de 2011

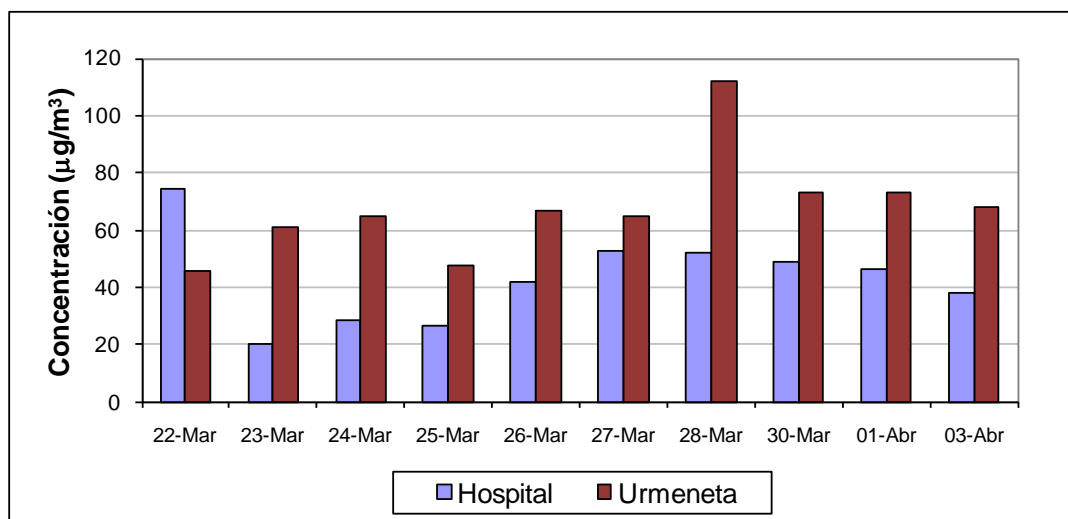


Figura 6-21. Concentraciones diarias de MP10, 3ra campaña, 22 de marzo al 3 de abril de 2011(concentraciones de 28, 30, 01 y 03 corresponden a 48h)

Los gráficos siguientes muestran la evolución de las fracciones fina (<2.5 µg) y gruesa (entre 2.5 y 10µg) del MP10 durante los días de muestreo en Urmeneta y Hospital. En general se aprecia que la fracción fina en Urmeneta es del orden de un 25% del MP10, en cambio en la estación Hospital es un cercana a 30%, lo cual indica que un una mayor participación de fuentes emisoras de fracción gruesa de material particulado (erosión, levantamiento de polvo por circulación de vehículos, tronaduras, etc) y una menor de los procesos de combustión asociados a partículas finas.

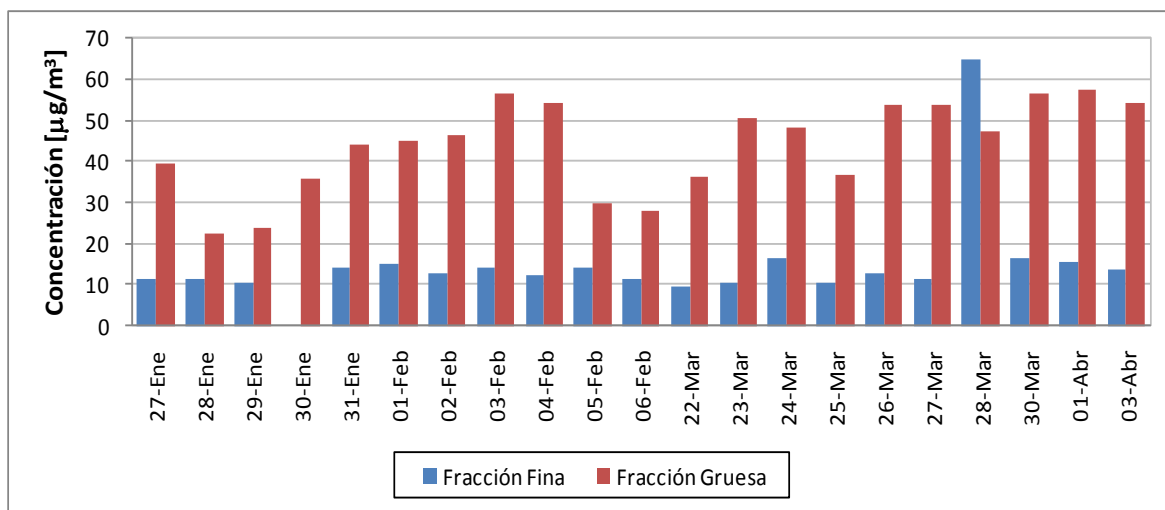


Figura 6-22. Fracciones fina y gruesa de MP10, campañas 1 y 3, estación Urmeneta

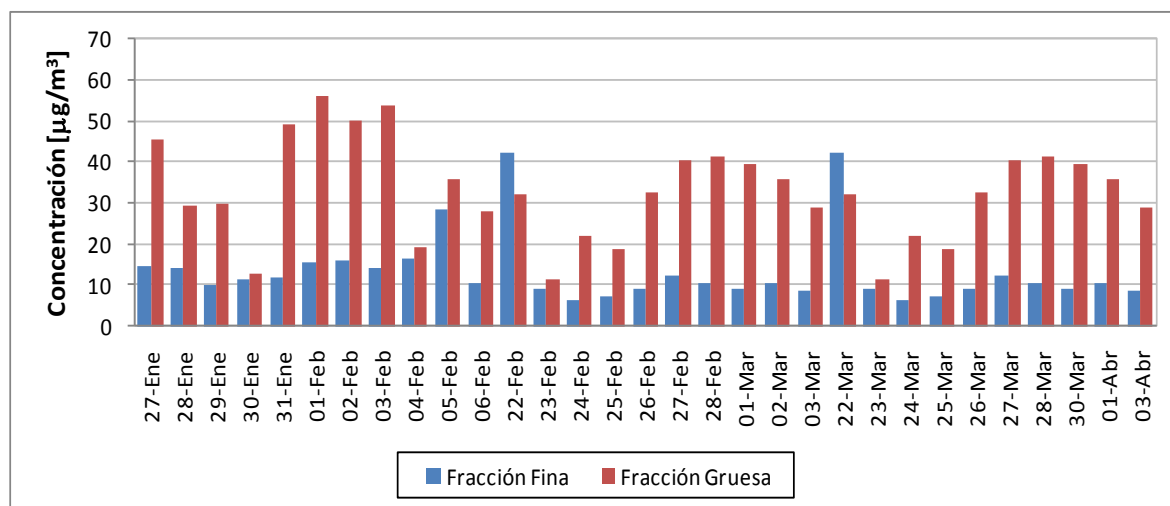


Figura 6-23. Fracciones fina y gruesa de MP10, campaña 1, 2 y 3, estación Hospital

En Hospital, la fracción fina es más alta e incluso mayor a la gruesa los días 22 de febrero y 22 de marzo. Sin embargo, la medición continua de MP2.5 en la misma estación durante esos días tiene concentraciones similares al resto de los días.

Los resultados de análisis químicos de Arsénico, Cobre, Mercurio, Plomo, Hierro y Sílice muestran concentraciones bajo el límite de detección para todas las muestras de Plomo. Para el resto de las muestras las tablas siguientes presentan las concentraciones expresadas en [ng/m³]:

Tabla 6-2. Concentraciones Arsénico (As) en MP10 Durante Campañas

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
27-01-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
28-01-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
01-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
04-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
05-02-2011	<LD	16.1	<LD	<LD
22-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
27-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
28-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
01-03-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
22-03-2011	<LD	<LD		
28-03-2011	<LD	<LD		
30-03-2011	<LD	<LD		
01-04-2011	<LD	<LD		
03-04-2011	<LD	<LD		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-3. Concentraciones Cobre (Cu) en MP10 Durante Campañas

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
27-01-2011	67.4	82.1	<LD	135.1
28-01-2011	63.5	66.8	<LD	<LD
01-02-2011	104.6	261.1	<LD	138.1
04-02-2011	171.8	47.2	<LD	<LD
05-02-2011	57.6	84.5	22.8	<LD
22-02-2011		129.4	<LD	<LD
27-02-2011		70.4	<LD	<LD
28-02-2011		96.9	<LD	<LD
01-03-2011		89.9	<LD	304.1
22-03-2011	335.1	133.5		
28-03-2011	272.6	192.3		
30-03-2011	214.7	275.3		
01-04-2011	171.6	214.1		
03-04-2011	38.3	292.9		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-4. Concentraciones Mercurio (Hg) en MP10 Durante Campañas

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
27-01-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
28-01-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
01-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
04-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
05-02-2011	<LD	<LD	<LD	<LD
22-02-2011		<LD	<LD	<LD
27-02-2011		<LD	<LD	<LD
28-02-2011		<LD	<LD	<LD
01-03-2011		<LD	<LD	<LD
22-03-2011	4.1	<LD		
28-03-2011	1.4	1.8		
30-03-2011	<LD	12.1		
01-04-2011	<LD	17.8		
03-04-2011	<LD	<LD		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-5. Concentraciones Hierro (Fe) en MP10 Durante Campañas

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
27-01-2011	1583.7	1318.2	1052.6	1216.1
28-01-2011	1355.9	1250.5	1220.0	799.9
01-02-2011	2135.7	2627.0	1001.3	2046.1
04-02-2011	2653.4	878.2	1555.8	<LD
05-02-2011	1548.2	1862.0	651.9	784.8
22-02-2011		1770.1	434.0	1197.4
27-02-2011		1429.5	496.0	2706.1

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
28-02-2011		2466.6	2306.3	<LD
01-03-2011		1209.9	<LD	2070.5
22-03-2011	5012.5	2193.8		
28-03-2011	3044.7	3480.8		
30-03-2011	2464.0	3925.0		
01-04-2011	2527.2	3002.3		
03-04-2011	239.0	3460.3		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-6. Concentraciones Sílice (Si) en MP10 Durante Campañas

Día muestreo	Urmeneta [ng/m ³]	Hospital [ng/m ³]	Collowara [ng/m ³]	Fondo [ng/m ³]
27-01-2011	3293.7	1921.8	<LD	<LD
28-01-2011	2018.0	456.7	<LD	<LD
01-02-2011	3270.4	1833.1	<LD	643.8
04-02-2011	2049.6	259.0	6321.6	<LD
05-02-2011	1839.7	2215.2	7789.0	<LD
22-02-2011		<LD	1065.9	<LD
27-02-2011		<LD	1770.5	<LD
28-02-2011		<LD	<LD	<LD
01-03-2011		769.4	<LD	651.9
22-03-2011	3917.7	796.6		
28-03-2011	2961.5	<LD		
30-03-2011	3834.5	929.7		
01-04-2011	1152.7	<LD		
03-04-2011	<LD	<LD		

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-7 presenta los límites de detección (LD) expresados en mg/filtro (según informes de laboratorio Agriquem). Posteriormente, las concentraciones y límites de detección se transforman a (ng/m³) en función de la masa en cada filtro y el volumen de muestreo.

Tabla 6-7. Límites de Detección Analíticos

	As	Hg	Cu	Fe	Pb	Si
LD (mg/filtro)	0.00025	0.00005	0.00085	0.0025	0.0025	0.0025

Fuente: Elaboración propia

Las tablas siguientes presentan valores promedios y máximos para cada uno de los lugares de medición (considerando solamente los casos con concentraciones >LD).

Tabla 6-8. Valores Promedios de Concentración de Material Particulado y Elementos Analizados

Estación	Fracción	Concent [µg/m ³]	As [ng/m ³]	Hg [ng/m ³]	Cu [ng/m ³]	Fe [ng/m ³]	Pb [ng/m ³]	Si [ng/m ³]
Urmeneta	MP2.5	18	<LD	<LD	41	396	<LD	987
Hospital	MP2.5	17	16	3	44	298	<LD	<LD
Urmeneta	MP2.5 a MP10	44	<LD	3	143	1860	<LD	2595
Hospital	MP2.5 a MP10	46	<LD	11	133	1950	<LD	1148

Fondo	MP10	38	<LD	<LD	192	1546	<LD	648
Collowara	MP10	39	<LD	<LD	23	1090	<LD	4237

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-9. Valores Máximos de Concentración de Material Particulado y Elementos Analizados

Estación	Fracción	Concent [µg/m ³]	As [ng/m ³]	Hg [ng/m ³]	Cu [ng/m ³]	Fe [ng/m ³]	Pb [ng/m ³]	Si [ng/m ³]
Urmeneta	MP2.5	65	<LD	<LD	48	1104	<LD	987
Hospital	MP2.5	42	16	5	85	503	<LD	<LD
Urmeneta	MP2.5 a MP10	58	<LD	4	335	4792	<LD	3918
Hospital	MP2.5 a MP10	72	<LD	14	261	3745	<LD	2215
Fondo	MP10	51	<LD	<LD	304	2706	<LD	652
Collowara	MP10	52	<LD	<LD	23	2306	<LD	7789

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones promedios de Plomo (Pb) y Mercurio (Hg), en su mayoría menores al límite de detección, están muy por debajo de los valores recomendados para la protección de la salud por USEPA, Organización Mundial de la Salud (OMS), Comunidad Económica Europea (CEE) y en Chile (ver Tabla 6-10). Para Arsénico, la norma es más restrictiva por lo peligroso del contaminante y menor al límite de detección del método analítico, aunque el valor de 16 ng/m³ para un caso de Hospital podría considerarse para asumir que los promedios para un año superen el valor de la norma (casi 3 veces menor 6 ng/m³). Para Hierro, Sílice y Cobre no se encontraron valores guías.

Tabla 6-10. Valores Permisibles para Plomo, Mercurio y Arsénico

Elemento	Valor guía (ng/m ³)	Tiempo promedio	Organismo regulador
Plomo (Pb)	1500	Diario	USEPA
	500	Anual	WHO, CEE, DS136/2001
Mercurio (Hg)	1000	Anual	WHO, CEE (2000)
Arsénico (As)	6	Anual	WHO, CEE (2004)

Fuente: Elaboración propia

6.3 Comentarios

La comparación entre las concentraciones de MP10 determinadas con equipos beta y muestreadores gravimétricas son consistentes con valores similares.

Para el periodo de medición, desde el 7 de diciembre en adelante, las concentraciones diarias de MP10 en la estación Hospital de la red SIVICA han registrado un valor promedio de 48 µg/m³, un máximo de 88 µg/m³ y un mínimo de 16µg/m³. Durante igual período, el monitor Beta MP2.5 ha registrado un valor promedio de 15 µg/m³, un máximo de 47 µg/m³ y un mínimo de 7µg/m³. Es decir, ningún día ha superado el valor de la norma primaria de calidad de aire para concentraciones de 24h de MP10 y MP2.5 fijados en 150 µg/m³ y 50 µg/m³, respectivamente. Además, el valor promedio de MP10 y MP2.5 del período es menor al establecido en la norma anual 50 µg/m³ y 20 µg/m³ respectivamente.

El ciclo diario de MP10 en Hospital muestra un máximo alrededor de las 08-09h, período durante el cual las concentraciones de MP2.5 son menores. Durante la tarde, coincidiendo con las mayores velocidades de viento las concentraciones de MP10 y MP2.5 aumentan.

Para el período 28 de enero a 12 de abril de 2011 en el lugar considerado de fondo (sector denominado Rosario), ubicado unos 8 km al Sur de la Minera Carmen de Andacollo, las concentraciones diarias de MP10 obtenidas con el equipo TOPAS han registrado un valor promedio de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un máximo de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el mismo período, las concentraciones de MP2.5 han registrado un valor promedio de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un máximo de $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El ciclo diario de MP10 en el lugar de fondo presenta mayores concentraciones cercanas a durante la madrugada (entre 03 y 07h) y menores durante las horas de mayor velocidad de viento, en cambio el ciclo diario de MP2.5 no presenta variaciones significativas con valores cercanos a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En general se aprecia que la fracción fina en Urmeneta es del orden de un 25% del MP10, en cambio en la estación Hospital es un cercana a 30%, lo cual indica que una mayor participación de fuentes emisoras de fracción gruesa de material particulado (erosión, levantamiento de polvo por circulación de vehículos, tronadoras, etc) y una menor de los procesos de combustión asociados a partículas finas.

Las concentraciones promedios de Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) están muy por debajo de los valores recomendados para la protección de la salud por USEPA, Organización Mundial de la Salud (OMS), Comunidad Económica Europea (CEE) y en Chile.

No se aprecia con consistencia un aumento de concentraciones de algún elemento en particular cuando aumentan las concentraciones de material particulado. En la mayoría de los casos, se aprecia que aumentan los elementos asociados a polvo de suelo (Fe o Si). La información de elementos químicos obtenida es insuficiente para determinar o caracterizar el aporte de las fuentes emisoras de MP10 o MP2.5, además que las fuentes son de composición química similar lo cual requiere un estudio más complejo que escapa el presupuesto del estudio. Por este motivo, el aporte de las fuentes se estimará mediante la aplicación de un modelo de dispersión.

7 CONCLUSIONES

En el capítulo 2 se ha realizado la revisión de los inventarios de emisiones más recientes correspondientes a los estudios realizados por GEOAIRE para TECK- Carmen de Andacollo, siendo estos los siguientes:

- **“Inventario de Emisiones de MP10 - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo**
- **“Inventario de Emisiones de MP10 de Andacollo - Apoyo para la Gestión de la Calidad del Aire en Compañía Minera Carmen de Andacollo”**
- La metodología utilizada en ambos inventarios, es aceptada internacionalmente y coherente con la utilizada en los inventarios realizados en el país. Sin embargo, el contenido de Silt utilizado en la estimación de polvo resuspendido, correspondiente a los valores propuestos por EPA, que están entre 0.06 y 0.6 gr/m², son menores a los medidos en las calles de Andacollo por CENMA en el presente estudio, que se encuentran entre 0.3 y 4.2 gr/m², por lo que las emisiones de polvo resuspendido estimadas por GEOAIRE estarían sub estimadas.
- Respecto a las emisiones de MP10 estimadas para TECK-CDA por GEOAIRE, estas son similares a las estimadas en el presente estudio, si bien corresponden distintos años de operación. GEOAIRE realizó, una estimación año base 2008 de 1 089,9 Ton/año (ver Tabla 2-3) para un movimiento de material de 26 496 016 Ton/año, con una relación emisión material movido de 0,0411 Kg MP10/Ton Material, en el presente estudio se estimo para el año base 2010 una emisión de 857 Ton/año (ver Tabla 3-31), para un movimiento total de material de 31 638 095 Ton/año, con una relación emisión material movido de 0,0266 Kg MP10/Ton Material. Por lo que la presente estimación representa una disminución de 23% respecto a la emisión estimada para el año 2008. Es importante señalar, que la estimación realizada por CENMA presente un alto nivel de detalle, dado que se basó en estadísticas mineras año 2010 proporcionada por las empresas, mientras que la realizada por GEOAIRE se basó en datos más bien gruesos.

En el Capítulo 3, se ha realizado la estimación de emisiones para las principales fuentes emisoras de la zona de estudio, es decir; La ciudad de Andacollo, la Compañía Minera TECK-CDA y la Compañía Minera Dayton. La estimación realizada tiene un alto nivel de detalle respecto a la distribución espacial y temporal.

- Se realizó una estimación de las emisiones considerando tres escenarios de evaluación:
 - Escenario Actual
 - Escenario Sin Medidas de Mitigación
 - Escenarios Con Medidas de Mitigación

- El escenario Sin Medidas de Mitigación correspondió a un escenario hipotético, con el fin de evaluar los esfuerzos de reducción ya realizados por las empresas mineras.
- Para la Compañía Minera TECK-CDA los escenarios correspondieron a:
 - *Escenario Actual:* Se considera riego en todos los caminos no pavimentados de la mina por donde circular camiones. Los chancadores que se encuentran con sistemas de mitigación, estimándose con factores de emisión con control.
 - *El escenario sin medidas de mitigación considera:* Todos los caminos de tierra sin mitigación. Chancadores sin sistemas de mitigación, estimándose con factores de emisión con control.
 - *El escenario Con medidas de mitigación considera:* Caminos no pavimentados con tratamiento de reducción de emisiones (riego, bischofita, u otro) que asegure un contenido de silt de 3.09 (%) o menor. Chancadores con sistemas de mitigación de emisiones, estimándose con factores de emisión con control.
- Para la Compañía Minera Dayton los escenarios correspondieron a:
 - *Escenario Actual:* En el tránsito de camiones por camino pavimentado desde portería hasta la bifurcación al camino de las Loas y como medida de mitigación a camino no pavimentado, bischofitado desde la entrada hasta las cercanías del chancadores y regado para el resto de caminos de tierra. En los chancadores que se encuentra cubiertos se utilizarán como factor de emisión el controlado.
 - *El escenario sin medidas de mitigación:* Todos los caminos de tierra sin mitigación y manteniéndose el camino externo pavimentado. Chancadores sin sistemas de mitigación, estimándose con factores de emisión con control.
 - *El escenario Con medidas de mitigación considera:* Caminos no pavimentados con tratamiento de reducción de emisiones (riego, bischofita, u otro) que asegure un contenido de silt de 3.09 (%) o menor. Chancadores con sistemas de mitigación de emisiones, estimándose con factores de emisión con control.
- Para la ciudad de Andacollo los escenarios correspondieron a:
 - *Escenario Actual:* Funcionamiento de la ciudad de Andacollo las medidas de mitigación actuales y observadas durante la visita a terreno.
 - *Escenario Con Medidas:* Consideró la aplicación de bischofita en todas las calles no pavimentadas de la ciudad de Andacollo y aplicación de un estabilizador de los relaves para impedir la erosión eólica
 - *Escenario Sin Medidas de Mitigación:* se consideró igual al escenario actual.

- Es posible observar que en todos los escenarios evaluados existe una emisión menor de MP10 de Andacollo respecto a las empresas mineras, teniendo una participación de un 22,4% en la situación actual.
- La participación de Dayton es de 35,9% y la de TECK- CDA de un 41,5%.
- Tanto en Andacollo como en las empresas Mineras las emisiones estarían asociadas principalmente a polvo resuspendido por tránsito vehicular, por lo tanto una de las medidas propuestas y evaluada es aplicar un tratamiento en los caminos no pavimentados de Andacollo y empresas mineras (riego, bischofita, u otro) que asegure un contenido de silt en los caminos no pavimentados de 3,09 (%) o menor.
- Así mismo, respecto a los relaves se aconseja su encapsulamiento vía aplicación de bischofita.
- Es necesario aplicar en las empresas mineras un plan de seguimiento de las medidas que puede considerar el monitoreo periódico de concentración de los caminos, a través del monitoreo diario de concentraciones con una camioneta instrumentada con un sistema Dustmate, y mensual obteniendo muestras de polvo y análisis de las mismas en puntos de control.
- Es importante reforzar las medidas de seguimiento, del buen funcionamiento de los equipos de abatimiento de emisiones, principalmente en chancadores.

En el capítulo 4, se realizó la modelación de las emisiones con el fin de determinar el su impacto en la calidad del aire.

- A solicitud de la contraparte se evaluaron los siguientes 4 escenarios de emisión:
 - Escenario base 2010
 - Escenario base 2010 con mitigación
 - Escenario máxima producción mineras
 - Escenario máxima producción mineras mitigado
 - Las medidas de mitigación consideraron:
 - Andacollo todos los caminos de tierra con bischofita y control de fuentes “clandestinas”.
 - Mineras con chancadores mitigados y todos los caminos de tierra con un tratamiento (riego, bischofita, u otro) que asegure un nivel de 3.09 (%) en el contenido de silt.
 - La máxima producción consideró lo siguiente:
 - Máximo movimiento de material (mineral + estéril) asociado a máxima producción.
 - Dayton con movimiento de material **47837 Ton/día** (RES. N° 360/08, “Modificación Plan Minero 2007-2010”)

- TECK- CDA con movimiento de material de 82 500 Ton/día en Hipógeno (RES. Nº:104/07, “Proyecto Hipógeno”) y Supérgeno 11 650 Ton/día, según proporción de operación mensual 2010. **En total 94150 Ton/día**
- De los resultados de la modelación se concluyó lo siguiente:
 - Dado que las empresas están trabajando con un movimiento de material diario similar al máximo permitido, el escenario base no difiere mucho en emisiones del escenario máximo.
 - En la evaluación de las emisiones de los escenarios evaluados se obtuvo una emisión similar para TECK y Dayton, a pesar de que el movimiento de material de la primera casi duplica el de la segunda. Esto se explica por un mayor movimiento de camiones por parte de Dayton al utilizar camiones de bajo tonelaje debido a que tiene que transitar cierto tramo de su ruta por camino público. De esta forma mientras TECK mueve del orden de 5 toneladas por viaje, Dayton mueve solo 1 tonelada.
 - Dayton y TECK presentaron un impacto similar en la estación Hospital, mientras que en las otras estaciones evaluadas, Las Perlas, Urmeneta y en especial en Chepiquilla el impacto de TECK fue mayor al de Dayton.
 - La modelación arrojó que la operación de tronadura tendría un impacto poco significativo en las concentraciones de Andacollo. Así mismo el modelo mostró que las medidas de programación de las tronaduras en período de viento contrario a la ciudad de Andacollo, favorecerían a un transporte de las emisiones lejos de la ciudad.
 - Es importante vigilar más estrechamente las concentraciones en la estación Chepiquilla dado que el modelo predice que sería la más impactada en la zona, es conveniente realizar monitoreo continuo de material particulado en dicha estación.
 - Se observó un importante impacto de TECK-CDA en la estación Chepiquilla, el cual estaría asociado principalmente a la operación de sus chancadores. Esto refuerza que se realice una estrecha vigilancia de la buena operación de sus sistemas de abatimiento, como medida de reducir el impacto en Chepiquilla y las demás estaciones.
 - En la estación El Sauce se registra la mayor impacto de Dayton, si bien este sería menor al aportado por TECK-CDA.
 - Se deben identificar y vigilar las fuentes emisoras “informales” cercanas a las estaciones Hospital y Urmeneta, pues se detectó un impacto relevante de ellas en dichas estaciones.

- Respecto a las fuentes de mineras, las de mayor participación en el impacto fueron los caminos de ambas minas y los chancadores de CDA, por lo que se debe tener una estrecha vigilancia de sus sistemas de mitigación.
- La evaluación del efecto en las medidas de mitigación propuestas indica que es posible alcanzar concentraciones bajo el nivel de la norma anual y diaria, aun en el escenario de máximo movimiento de material, en especial en la estación Chepiquilla donde se detectó un efecto mayoritario de las fuentes mineras.

En el capítulo 5 se evalúa la eficiencia de las medidas implementadas por las empresas a partir de medición en terreno de emisiones de procesos y caminos.

- La campaña de mediciones de procesos y caminos en la Compañía Minera Dayton se realizó entre el 24 y el 28 de Enero del 2011, en dicha ocasión se midieron las siguientes fuentes emisoras:
 - Tronadura
 - Descarga de material en botadero
 - Carga de material en camión
 - Chancado primario (con y sin abatimiento)
 - Chancado secundario (con y sin abatimiento)
 - Descarga de chancado terciario (con y sin abatimiento)
 - Descarga de material en pila
 - Camino con bischofita
 - Camino sin pavimentar sin humectación (condición base)
 - Camino sin pavimentar con humectación
- De los procesos medidos se observó que las principales fuentes fijas emisoras de Dayton corresponderían a los Chancadores.
- Respecto a la variación en las emisiones por uso de sistemas de control, las actividades que contaban con dichos controles correspondieron a los chancadores, consistentes en sistema de aspersión de agua, sistemas de aspiración con filtros de mangas y aplicación de espuma en correas transportadoras. La reducción de las emisiones por uso del sistema resultó ser poco significativa como para poder detectarla en las mediciones a excepción del Chancador N° 2. En todo caso se concluyó que el principal sistema de control corresponde al mismo encapsulamiento de los chancadores y que los otros sistemas serían más bien adicionales.
- Respecto a emisiones de caminos, se observó que descontando la Tierra Mojada, la menor concentración medida correspondería a caminos con aplicación de Bischofita, seguida por el Cemento y finalmente la Tierra Humectada. Cabe decir que la

aplicación de Bischofita en Dayton es muy limitada, y se limita a un camino de acceso. La solución más aplicada correspondió a Tierra Humectada, que si bien muestra una efectividad de reducción parecida a la aplicación de bischofita, necesita de un monitoreo mayor, lo que debiera ser establecido en función del registro de los parámetros de agua consumida en riego y combustible o kilómetros recorridos por camiones aljibe, se debe evaluar también la aplicación más extensiva de bischofita.

- La campaña de mediciones de procesos y caminos en la Compañía Minera Dayton se realizó entre el 31 de Febrero y el 04 de Enero del 2011, en dicha ocasión se midieron
 - Tronadura
 - Carga de material en camión con Pala Mecánica (Fase 2)
 - Descarga de Camión en Chancador 1º
 - Descarga Chancador 1º a correa transportadora
 - Descarga en Acopio (Apolo)
 - Tránsito de Camiones
 - Camino con bischofita
 - Camino de tierra
 - Camino con Dust Block
- La campaña de mediciones de procesos y caminos en la Compañía Minera Dayton se realizó entre el 31 de Febrero y el 04 de Enero del 2011, en dicha ocasión se midieron.
- Respecto a tronaduras se midió de la tronadura realizada el día 04 de febrero del 2011. El lugar de medición se ubicó en un punto al sur de la mina, constatándose que la medida de realizar la operación con viento del norte, fue efectiva para lograr que la pluma de emisión se movilizara en dirección contraria a la ciudad de Andacollo.
- Se midió operación de carga de camión con pala mecánica con y sin humectación con camión aljibe, la operación de humectación tuvo una efectividad relativamente baja y de corta duración, por lo que se considera poca efectiva su aplicación, considerando además que es una operación riesgosa.
- En la medición de la operación de descarga de camión en Chancador N° 1 con y sin sistema de reducción de emisiones (atomizadores de agua), se observó una reducción de las concentraciones por efecto del uso de aspersores de agua al momento de la descarga, los que tendrían una eficiencia en la reducción de emisiones de MP10 y MP2.5 de un 42% y 45% de respectivamente. Esto a pesar de sólo parte de los aspersores de la boca de descarga estaban en plena operación, encontrándose los otros obstruidos por depósito de material. Se sugiere realizar mantenciones periódicas a los aspersores para mejorar su rendimiento.
- Se observó también que los aspersores se accionaban sólo al momento de la descarga, en terreno se constató que sucede un peak de concentraciones cuando el chancador empieza a triturar la roca, este peak duraría unos 2 minutos, por lo que se sugiere

prolongar la aspersión durante ese tiempo una vez ha descargado el camión en la boca del chancador.

- Las emisiones medidas en la descarga del Chancador 1º en la correa transportadora se constató que los sistemas de aspersión de agua no estaban en operación, por otra parte estos sistemas son de accionamiento manual lo que dificulta su control y accionamiento por parte del operador del chancador, se sugiere se instale un sistema de control remoto que pueda ser accionado desde la cabina del operador.
- Respecto a la descarga del acopio (Apolo), en terreno se constató falta de eficiencia de las cintas como barrera contra el viento, se sugiere ver la factibilidad técnica de implementar una pantalla perimetral, al menos en la dirección preferente del viento. Por otra parte, se observó que la manga rígida que sirve para reducir la altura de caída del material se encontraba obstruida, por lo cual no cumpliría su función.
- Al comparar las emisiones relativas de los procesos medidos, se observó una mayor importancia de los chancadores respecto a las operaciones de carga en camión y de descarga en pila.
- Respecto a las concentraciones monitoreadas en caminos, se observó una buena capacidad de reducción de las emisiones asociadas a caminos tratados con bischofita (50%) y una baja efectividad del Dast Block, la cual presentó concentraciones parecidas a las de camino de tierra sin tratar. Si bien, se deben realizar un mayor número de mediciones en caso del Dast Block para tener datos concluyentes acerca de si el material es poco efectivo, o por el contrario su aplicación no ha sido implementada adecuadamente.
- En vista de los resultados obtenidos en el monitoreo de emisiones por medio de la camioneta instrumentada con equipo de medición continua Dust Mate, se sugiere como medida de seguimiento de la efectividad de los sistemas supresores de polvo en camino, es un control semanal de los caminos por este sistema, complementado con muestreo mensual y posterior análisis de contenido de silt en laboratorio.

En el Capítulo 6 se presentaron los resultados de campañas de mediciones en MP10 y MP2.5 y la determinación de la composición del material particulado respirable MP10 y MP2.5.

- La comparación entre las concentraciones de MP10 determinadas con equipos beta y muestreadores gravimétricas son consistentes con valores similares durante el período de medición.
- Para el periodo de medición, ningún día en los lugares de medición superó el valor de la norma primaria de calidad de aire para concentraciones de 24h de MP10 y MP2.5 fijados en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.
- En general se aprecia que la fracción fina (menor a MP2.5) en Urmeneta es del orden de un 25% del MP10, en cambio en la estación Hospital es un cercana a 30%, lo cual indica que un una mayor participación de fuentes emisoras de fracción gruesa de material particulado (erosión, levantamiento de polvo por circulación de vehículos,

tronaduras, etc) y una menor de los procesos de combustión asociados a partículas finas.

- Las concentraciones promedios de Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) están muy por debajo de los valores recomendados para la protección de la salud por USEPA, Organización Mundial de la Salud (OMS), Comunidad Económica Europea (CEE) y en Chile.
- No se aprecia con consistencia un aumento de concentraciones de algún elemento en particular cuando aumentan las concentraciones de material particulado. En la mayoría de los casos, se aprecia que aumentan los elementos asociados a polvo de suelo (Fe o Si). La información de elementos químicos obtenida es insuficiente para determinar o caracterizar el aporte de las fuentes emisoras de MP10 o MP2.5, además que las fuentes son de composición química similar lo cual requiere un estudio más complejo que escapa el presupuesto del estudio.