

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

Propuesta para la reducción de la contaminación de la Minera Teck Carmen
de Andacollo

Trabajo de Titulación
para optar al título de TÉCNICO EN MINERÍA Y METALURGIA

Alumnos:

Némesis Magdalena Álvarez Guerrero

Paz Belén Canales Díaz

Profesor Guía: Ing. Marcelo Rojas Vidal

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestras hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento:

Agradecemos a la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Eduardo y Vilma, Maritza y Jonny, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Técnica Federico Santa María, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, a Marcelo Rojas Vidal tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

RESUMEN

Se realizó esta investigación cuyo propósito fue poder elaborar medidas de prevención para poder disminuir la contaminación en la comuna de Andacollo, así investigando qué factores son los que aun la Minera Teck Carmen de Andacollo no ha logrado incrementar para poder disminuir la contaminación en la comuna, nos enfocaremos en el material particulado fino (MP10) y material particulado ultrafino (MP2,5), que estos han sido el mayor problema de contaminación en la comuna de Andacollo desde hace años, afectando no solamente al medio ambiente sino que también a la salud de la ciudadanía de Andacollo.

El trabajo consta de tres capítulos el cual se dividen en los objetivos planteados para la realización de nuestra problemática.

El capítulo 1 consta de reconocer el impacto ambiental que genera la minera Teck Carmen de Andacollo mediante la normativa presente, para mejorar la calidad de vida en la comuna de Andacollo.

El capítulo 2 trata de Identificar medidas de mitigación que se hayan aplicado mediante el estudio en otras mineras y que hayan sido exitosas, para así controlar la contaminación y tener una mejor calidad de vida para los trabajadores.

El capítulo 3 trata en Determinar qué medidas se propondrán a la minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir el impacto ambiental de la comuna mediante un análisis de plan de monitoreo y análisis de contaminación atmosférica de material particulado (Np10).

Realizaremos e investigaremos sobre las diferentes medidas de mitigación aplicadas en otras mineras para así identificar la medida más eficaz aplicada en estas. A través de sus planes de monitoreo, gráficos, tablas, entre otros, para así llevar a cabo la medida más eficiente para la reducción de la contaminación en la comuna.

ÍNDICE

Introducción	10
CAPÍTULO 1	15
Reconocer el impacto ambiental que genera la minera Teck Carmen de Andacollo mediante la normativa presente, para mejorar la calidad de vida de la comuna de Andacollo.	15
1.1 NORMATIVA PRESENTE	17
1.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE ANDACOLLO Y MINERA TECK CARMEN DE ANDACOLLO	18
1.2.1 INVENTARIO CIUDAD DE ANDACOLLO	18
1.2.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES Y POLVO RESUSPENDIDO	18
1.2.3 Digitalización de red vial	20
1.2.4 Campaña de determinación de flujo vehicular	22
1.3. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA CIUDAD DE ANDACOLLO	29
1.3.1 INVENTARIO DE COMPAÑÍA MINERA TECK	29
1.3.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE COMPAÑÍA MINERA TECK DE ANDACOLLO	29
1.3.3 Definición de los escenarios	29
1.3.4 Resultados de inventario	29
CAPÍTULO 2	33
Identificar medidas de mitigación que se hayan aplicado mediante el estudio en otras mineras y que hayan sido exitosas, para así controlar la contaminación y tener una mejor calidad de vida para los trabajadores.	33
2.1 Minera Los Pelambres	34
2.2 División Chuquicamata	37
2.3 Minera Doña Inés de Collahuasi	39
2.4 Minera Dayton	41
2.4.1 Resultados de las mediciones	43
CAPÍTULO 3	50
Determinar qué medidas se propondrán a la minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir el impacto ambiental de la comuna mediante un análisis de plan de monitoreo y análisis de contaminación atmosférica de material particulado (MP10).	50
3.2 Plan de monitoreo	52
3.2 análisis de contaminación atmosférica	55

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Comparación del tamaño de un pelo y de la arena fina de playa con partículas MP10 Y MP2,5.	11
Ilustración 2 Minera TECK Carmen de Andacollo	12
Ilustración 3 Polígono Propuesto para Zona a Declarar como Saturada según Estudio “Informe Técnico para la Declaración de Zona Saturada por Contaminante MP10 en Andacollo	12
Ilustración 4 Nube de polvo de tronadura	13
Ilustración 5 Figura 1. Polígono propuesto para zona a declarar como saturada según estudio.” Informe técnico para la declaración de zona saturada por contaminante MP10 en Andacollo.	16
Ilustración 6 1-2 calles y tipo de carpeta ciudad de Andacollo	21
Ilustración 7 1-3 puntos de conteo de flujo vehicular en Andacollo	24
Ilustración 8 Campaña de conteo de flujos viales CENMA	25
Ilustración 9 Camión de Dust a Side en Minera Los Pelambres.	36
Ilustración 10 . Bofedal de Chilla	41
Ilustración 11. Tronadura Minera Dayton.	42
Ilustración 12. Descarga del material en botadero Dayton	42
Ilustración 13 Descarga de material en pila y operación buildozer de Dayton	43

Indice de tablas

Tabla 1 1 descripción de puntos de control de campaña de conteo de flujos viales.	23
Tabla 2 Perfil horario del flujo vehicular, Av. Beltrán amenabarpc1 y pc2, Dial-V.	26
Tabla 3 resultados de campaña de conteo de flujos vehiculares en Andacollo (veh. /día)	27
Tabla 4 flujos vehiculares medidos en Andacollo por día de la semana.	28
Tabla 5 1-3 contenido de silit considerado en escenarios de inventario.	30
Tabla 6 1-4 emisiones estimadas de MP10 año 2010	30
Tabla 7 1-5 distribución porcentual de emisiones de TECK-CDA por tipo de fuente, año 2010-escenario actual	31
Tabla 8 1-6. Emisión mensual de emisiones de TECK-CDA, año 2010- Escenario Actual.	32
Tabla 9 1-7. cumplimiento futura norma MP2,5, años 2009-2010	38
Tabla 10 1-8 emisiones chancador 1° mina Dayton	44
Tabla 11 1-9.emisiones chancador 2° mina Dayton..	45
Tabla 12 1-10 emisiones descarga de chancador 3° mina Dayton.	45
Tabla 13 1-11 emisiones carga en stock mona Dayton.	46
Tabla 14 1-12 emisiones descarga en pila de lixiviación y operación de bulldoser.	46
Tabla 15 1-5. Emisiones promedio de procesos de Dayton.	47
Tabla 16 1-6. Concentraciones en caminos.	48
Tabla 17 1-7 porcentaje de reducción de emisiones respecto a camino de tierra seca.	48
Tabla 18 1-13. Concentración medidas en caminos Dayton.	49
Tabla 19 calles en mal estado comuna Andacollo	53
Tabla 20 control de cubierta de transporte con carga.	53
Tabla 21 Verificación de tronadura.	54
Tabla 22 Suspensión de polvo.	54
Tabla 23 Emisiones de contaminación atmosférica (ton/año).	55

Índice de ecuaciones

Ecuación 1	19
Ecuación 2	20
Ecuación 3	20
Ecuación 4	21
Ecuación 5	21

SIGLAS

MP10: Material Particulado Respirable.

SILT: Seguro de Incapacidad Laboral Temporal.

EPA: Environmental protection agency.

GIS: Sistema de Información Geográfica.

CENMA: Centro Nacional del Medio Ambiente.

TECK-CDA: Compañía Minera Teck Carmen De Andacollo.

EIA: Estudios de Impacto Ambiental.

DIA: Declaraciones de Impacto Ambiental.

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente.

CGR: Ciclo de Gestión de Riesgos.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

SIMBOLOGÍA

L: Longitud de la calle.

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

Ed: Emisiones diarias de la calle pavimentada.

Fe: Factor de emisión del contaminante considerado para el periodo *i* entre perturbaciones.

Fv: Flujo vehicular diario.

K: coeficiente de tamaño de partícula emitida

S: Velocidad del flujo vehicular.

K: factor del tamaño de la partícula.

M: Contenido de humedad en el material superficial.

$EE_{horajik}$ Emisiones del contaminante considerado *i* en un arco *j* para la categoría vehicular *k* en una hora determinada.

L_j : Largo del largo evaluado.

C_{jk} : Composición o fracción del flujo total (flujo *jk*) correspondiente a la hora evaluada y sector asociado al arco.

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

N: Número de días del periodo de estudio.

Introducción

Andacollo es una comuna cuya principal actividad económica ha sido la minería, la comuna tiene un pasado minero que ha marcado a lo largo de los años, en sus alrededores aún se pueden observar antiguas herramientas mineras tales como el trapiche, así como también existen pasivos ambientales, como piques mineros y tranques de relaves distribuidos en toda la ciudad.

Actualmente en la comuna están funcionando dos faenas mineras una pertenece a Cía. Minera Teck Carmen de Andacollo y la otra Cía. Minera 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.

En este trabajo nos enfocaremos en la Cía. Minera Teck Carmen de Andacollo. 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 (MP10-MP2,5) producto al desarrollo de actividades propias de la minería (Minera Teck Carmen de Andacollo) 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 2010.

Nos enfocaremos en La compañía minería TECK Carmen de Andacollo dicha minera, esta ubicada en la región de coquimbo en la zona central de Chile, a una altitud de 1.000 metros, aproximadamente a 350 kilómetros al norte de Santiago, cerca del límite del sur del Desierto de Atacama. Teck posee una participación del 90% en la mina, la empresa nacional de minería posee el 10% restante.

Carmen de Andacollo es una mina a rajo abierto que produce cobre concentrado a partir de la porción hipogénica del cuerpo mineral. La producción de cátodos de cobre a partir de la porción supergena del cuerpo mineral se encuentra llegando a su fin actualmente.

Como se ha hablado anteriormente el gran problema de contaminación en la comuna de Andacollo es debido al material particulado MP10 y MP2,5, para saber un poco más de ellos daremos una breve definición.

El material particulado MP es un contaminante atmosférico que corresponde a aquellas partículas líquidas o sólidas que se encuentran en suspensión siendo posible clasificarlos según su diámetro en MP 10 (grueso) y MP2,5 (fino), el primero es aquel en que las partículas tienen un diámetro menor a 10 micrones (o micrómetros), y el segundo, en que las partículas tienen un diámetro menor a 2,5

micrones. Por lo mismo el MP2,5 se encuentra contenido en el MP 10 también existe el denominado MP ultrafino de alrededor de 0,1 μm de diámetro.

Los efectos que las partículas causan en la salud de las personas han estado históricamente asociadas a la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio tales como la bronquitis y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular. En el caso de las partículas MP 2,5 tamaño hace que sean 100% respirables ya que viajan profundamente en los pulmones penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los pulmones. Todo ello así que la evidencia científica este revelando que estas partículas de MP 2,5 tienen efectos más severos sobre la salud que la más grande MP10, Asimismo su tamaño hace que sean más ligeras y por eso generalmente permanecen por más tiempo en el aire en cambio las partículas de MP2,5 se pueden acumular en el sistema respiratorio y están asociadas cada vez con mayor consistencia científica con numerosos efectos negativos sobre la salud como el aumento de las enfermedades respiratorias y la disminución del funcionamiento pulmonar.

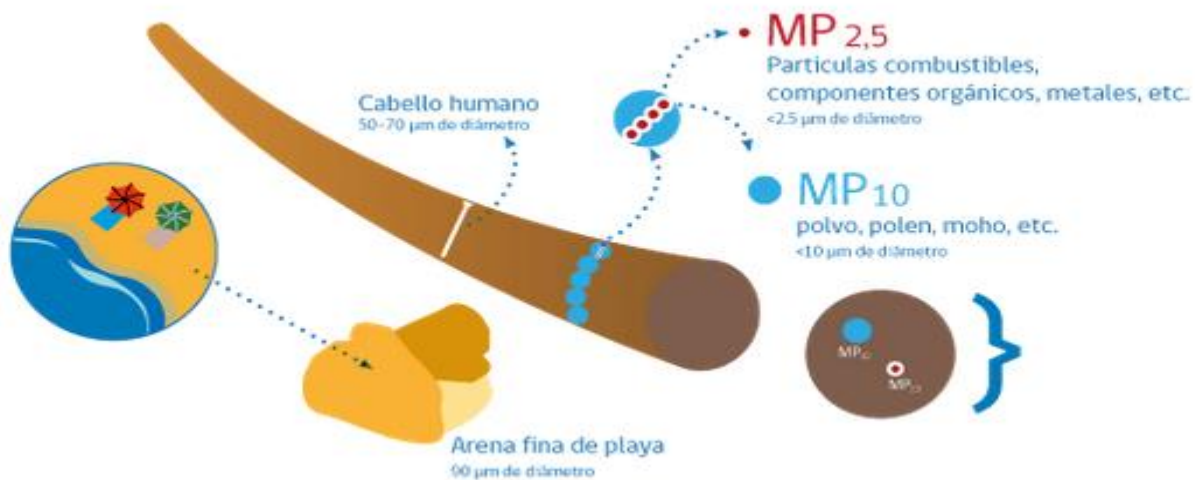


Ilustración 1 Comparación del tamaño de un pelo y de la arena fina de playa con partículas MP10 Y MP2,5.

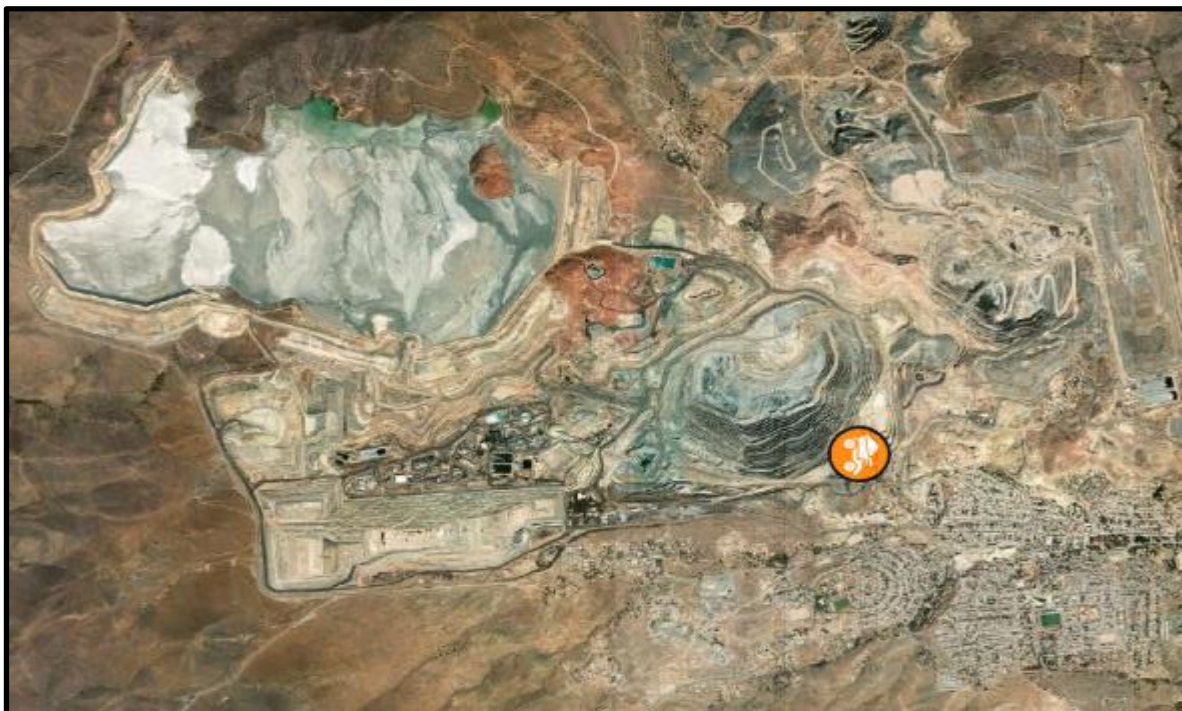


Ilustración n 2 Minera TECK Carmen de Andacollo



Ilustración 3 Polígono Propuesto para Zona a Declarar como Saturada según Estudio "Informe Técnico para la Declaración de Zona Saturada por Contaminante MP 10 en Andaco

Problemática

Andacollo es una zona que se ha declarado por el estado chileno como “Saturada”, a través de la contaminación por material particulado respirable MP10 (Pulverización).

La polución en la comuna de Andacollo debido al funcionamiento y explotación extractivista de la industria minera (Compañía Minera Teck C.D.A) la cual ha afectado y actualmente sigue afectando, no tan sólo al medio ambiente, sino que también a la salud física de la población debido a esto, se plantea como objetivo general, el siguiente.



Ilustración 4 Nube de polvo de tronadura

Objetivo General

Proponer medidas de reducción para la contaminación ambiental, que es ocasionada por la faena Minera Teck, en la comuna de Andacollo, mediante medidas de mitigación tales como el lavado de neumáticos de camiones, cintas transportadoras de mineral con mangueras de agua en forma de lluvia, tener un horario fijo para las tronaduras, etc., para mejorar la calidad de vida de los trabajadores de la minería, así como también para el pueblo de Andacollo.

Objetivo Específicos

- 1.1. Reconocer el impacto ambiental que genera la minera Teck Carmen de Andacollo mediante la normativa presente, para mejorar la calidad de vida de la comuna de Andacollo.
- 1.2. Identificar medidas de mitigación que se hayan aplicado mediante el estudio en otras mineras y que hayan sido exitosas, para así controlar la contaminación y tener una mejor calidad de vida para los trabajadores.
- 1.3. Determinar qué medidas se propondrán a la minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir el impacto ambiental de la comuna mediante un análisis de plan de monitoreo y análisis de contaminación atmosférica de material particulado (MP10).

CAPITULO 1

Reconocer el impacto ambiental que genera la minera Teck Carmen de Andacollo mediante la normativa presente, para mejorar la calidad de vida de la comuna de Andacollo.

Históricamente, la comunidad de Andacollo ha manifestado a la autoridad ambiental, a través de su consejo municipal, dentro de los antecedentes que se dispone se cuenta el estudio realizado por CMM el año 1997 denominado “análisis de contaminación 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, análisis químicos del material particulado (contenido de cobre, sílice, cianuro, arsénico, plomo y hierro) y análisis de aerosoles ácidos(H₂S₀₄).

En diciembre del año 2010, 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 2012, la COREMA acordó “iniciar la tramitación de declaración de zona saturada por MP10 la localidad de Andacollo”. Considerando que, de acuerdo con lo informado por seremi de salud a COREMA, se preveía que en marzo se cumpliría el periodo 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 licito una consultora para ejecutar el estudio “informe técnico para la declaración de zona saturada”, dicha consultoría fue adjuntada a la empresa enviromodeling Ltda. Finalizando en julio del año 2012. Este estudio permitió definir el polígono de territorio a ser declarado zona saturada (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 Altamira por el norte. Además, el estudio da cuenta sobre los antecedentes para fundamentar la declaración de zona saturada.



Ilustración 5 Figura 1. Polígono propuesto para zona a declarar como saturada según estudio.” Informe técnico para la declaración de zona saturada por contaminante MP10 en Andacollo.

La comunidad local ha solicitado insistentemente que se declare a Andacollo Zona Saturada por contaminación de aire, ya que las faenas están prácticamente al interior de la ciudad. En 1997 se inician las primeras acciones de la comunidad contra la minera, denunciando problemas respiratorios y a la piel producto de la contaminación del aire, malos olores y tronaduras. Este mismo año ocurre también la contaminación de la quebrada de Chepiquilla por escurrimiento de soluciones ácidas, lugar donde se ubicaban pozos de agua para consumo humano y para riego. Si bien el Departamento de Sanidad local concluyó que el agua no era apta para el consumo, en ese momento no existió ninguna medida por parte de las autoridades contra la minera

1.1 NORMATIVA PRESENTE

En el año 2002 se realizó el estudio de la normativa presente; "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"

Asimismo, el 2006 se inician nuevas denuncias por las constantes tronaduras y el polvo en suspensión que cubría toda la zona urbana y que estaba afectando estructuralmente a los hogares y sus habitantes.

Luis Guerrero presidente de Control Medioambiental y Desarrollo Comunal de Andacollo (agrupación que se conforma en 2007 en el marco de los impactos de la minería) declaró: "no es posible que cada vez que se haga una tronadura se estén quebrando los vidrios de las casas, hay daños estructurales en las viviendas de adobe y que a través del tiempo estas casas van a sucumbir." En 2012, la protestas y reclamos de esta Agrupación para el Control del Medio Ambiente, entre otras, lograron que se pusiera en marcha el proyecto de Retiro de Relaves de la zona Urbana de Andacollo, impulsado por Minera Teck Carmen de Andacollo. El también concejal electo Luis Guerrero, destacó la importancia del proyecto de retiro de relaves que Teck comenzó a ejecutar, pues es el resultado más importante de la sensibilización de la comunidad sobre este tema. Uno de los principales objetivos de la gestión de Guerrero como parte del Concejo es el de desarrollar y proteger la pequeña minería. Luis Guerrero declara: "la responsabilidad social de las empresas

no se agota con financiar juegos o plazas para niños, pues el daño que hacen es incomparable. Los aportes que hacen las mineras son las migajas que se le caen de la mesa a cada gerente, y con migajas no se sostiene una comuna, y porque tengo razón para decir esto, porque Andacollo es la segunda comuna más pobre de la región, entonces de que desarrollo nos hablan, tenemos la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias más alta del país

Al 2015 los planes de descontaminación de la minera se percibían como insuficientes. En efecto, entre el periodo de 2010 a 2016, la organización mundial de la salud ubico a Andacollo entre las 20 ciudades con mayores problemas de Latinoamérica en materia de contaminación y hasta el 2018 se seguían registrando casos de contaminación por polución a causa de las tronaduras. En 2017, los pobladores andacollinos expresaron dudas respecto a los planes de ampliación de la minera y desconfían de la información otorgada por las autoridades medioambientales y la minera, donde esta aseguraba una mejora de los indicadores de contaminación. Actualmente han realizado 7 procesos de fiscalizaciones de las RCA (Resolución de calificación ambiental), sin embargo, solo una de estas termino con un proceso sancionatorio.

1.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE ANDACOLLO Y MINERA TECK CARMEN DE ANDACOLLO

1.2.1 INVENTARIO CIUDAD DE ANDACOLLO

1.2.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MOVILES Y POLVO RESUSPENDIDO

Se realizo una investigación de las emisiones asociadas al parque vehicular de la comuna de Andacollo, las que consistieron en lo siguiente.

- **Emisiones vehiculares, debido al 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, que esta corresponde a un método que calcula las emisiones provenientes del tubo de escape en cada trama de la red de caminos considerada, y considerada por la siguiente ecuación.

$$E_{horajik} = F_{jk} \cdot L_j \cdot FE(v)_{ik} \cdot PF_{jk} \cdot C_{jk}$$

Ecuación 1

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.

- **Polvo Re suspendido**

Las emisiones de polvo Re suspendido, están relacionadas con el 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.

La estimaciones de emisiones de polvo Re suspendido, de calles pavimentadas y no pavimentadas, se basaron en la metodología AP42 (EPA,2006). Esta metodología utiliza el contenido de silt, como parámetro de entrada asociado a la carga de polvo en el camino, este polvo corresponde al polvo cuya granulometría en inferior a 75 um. En el caso de calles no pavimentadas, este parámetro se expresa en unidades de masa por área (g/m²), 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:

$$E = Ed^* \left[1 - \frac{P}{4N} \right]$$

Ecuación 2

$$Ed = Fe * Fv * L$$

Ecuación 3

Luego el factor de emisión se calcula como se muestra a continuación:

$$Fe = k^{\wedge} * \left[\frac{Sp}{2} \right] * \left[\frac{W}{3} \right]$$

Ecuación 4

Metodología para calles no pavimentadas

La ecuación es la siguiente:

$$E = Fe * Fv * L$$

$$Fe = 281.9 \times \frac{k * \left(\frac{2}{12} \right) * \left(\frac{S}{30} \right)}{\left(\frac{M}{0.5} \right)} * \left[\frac{365 - P}{N} \right]$$

Ecuación 5

1.2.3 Digitalización de red vial

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

- Contenido de silit
- Flujo vial
- Largo de la vía
- Tipo de carpeta

La característica; largo de vía y flujo vial sirvieron para establecer el nivel de actividad vehicular en la comuna, establecido a los kilómetros recorridos por día, esta información fue utilizada tano en la estimación de emisiones de fuentes móviles como de polvo Re suspendido. En la figura 1-2 se muestra la carpeta identificada en la comuna de Andacollo.

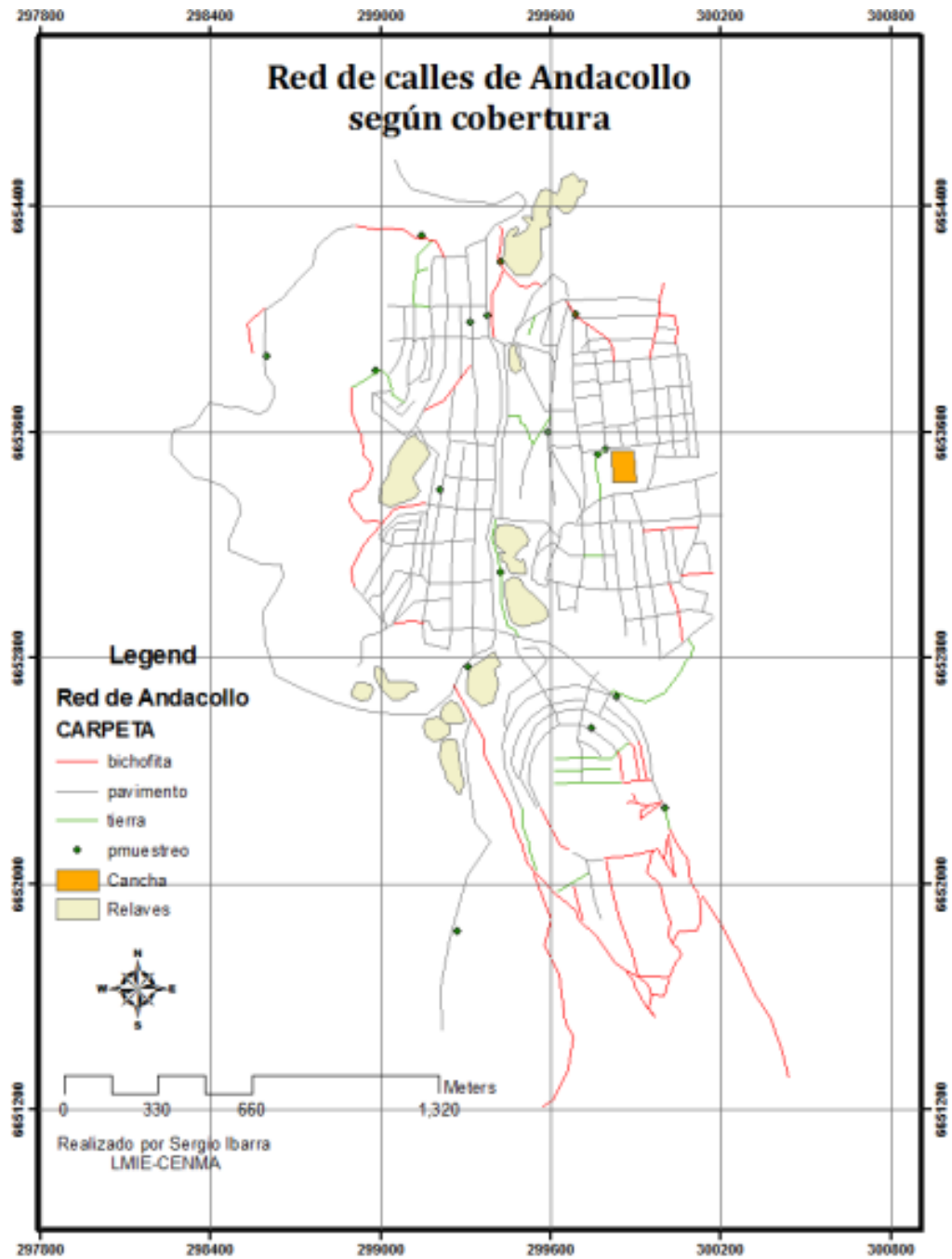


Ilustración 6 1-2 calles y tipo de carpeta ciudad de Andacollo

1.2.4 Campaña de determinación de flujo vehicular

Metodología

La cantidad de flujos vehiculares en la zona de Andacollo se realizó a través de una campaña en terreno realizada en jueves 9 y domingo 18 de diciembre del 2015.

Las mediciones de todo un día tuvieron por fin la determinación del perfil característico de flujo vehicular a través del día, lo que permitió extrapolar las mediciones de una hora, para poder obtener una aproximación del flujo total de la acuidad de Andacollo.

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 1-1 y figura 1-3. 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 levanto la siguiente información:

- Flujo vehicular
- Tipos de vehículos: camionetas, automóviles, taxis colectivos, taxis básicos, buses, camiones acoplados, buses interurbanos, vans, camiones rígidos.

Así como también, se realizaron 2 tipos de mediciones:

- Medición de una hora en las vías de menor flujo (puntos PC4 A PC15)
- Medición de todo un día, en las vías de mayor flujo (Puntos PC1, PC2 Y PC3).

Puntos de Conteo	Calle	Arco	Sentido	Día	Horario
Pc1 y Pc2	Av.beltran amenabar	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	09:00-15:00
					15:00-21:00
PC3	J.T Urmeneta	El salitre- camilo Enriques	N-S	Jueves	07:00-14:00
					14:00-21:00
				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	Jueves	07:00-09:00
				Viernes	07:00-09:00
				Sábado	07:00-09:00
				Domingo	07:00-09:00
PC 6 y PC7	Av. sexto valdivia	Av. sexto 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	Caupolican	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- Colon	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

Tabla 11 descripción de puntos de control de campaña de conteo de flujos viales.

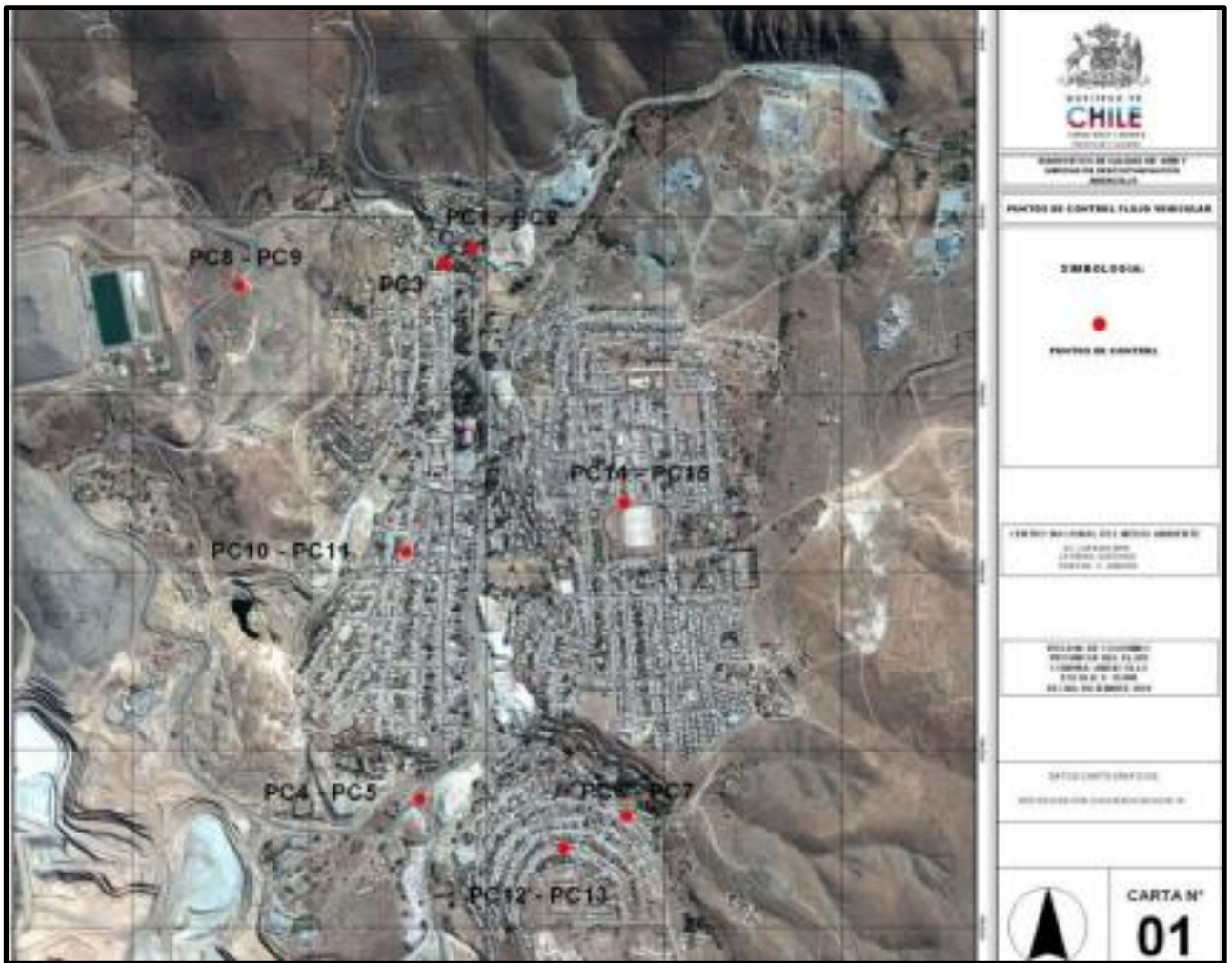


Ilustración 7 1-3 puntos de conteo de flujo vehicular en Andacollo

Resultados

En la tabla 1-2 y figura 1-4 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 a los puntos de control PC4 y PC5 (Av. Chepiquilla), siendo esta la vía que conduce hacia TECK- CDA, con un flujo de 4.484 veh. /día, y corresponde a: automóviles, camiones y vans.

El 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 colowara, y actividades industriales ubicadas en la zona ser de Andacollo (planta del alga), el tipo de vehículo corresponde 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 corresponde a un 75% del valor del flujo verificado en el PC4 y PC5. el cual decrece el sábado y el domingo. Dichos flujos corresponden principalmente a vehículos livianos, automóviles, Camionetas y Vans.

En la figura 1-5 se muestra graficado el perfil de flujo horario en su 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 hrs.



Ilustración 8 Campaña de conteo de flujos viales CENMA

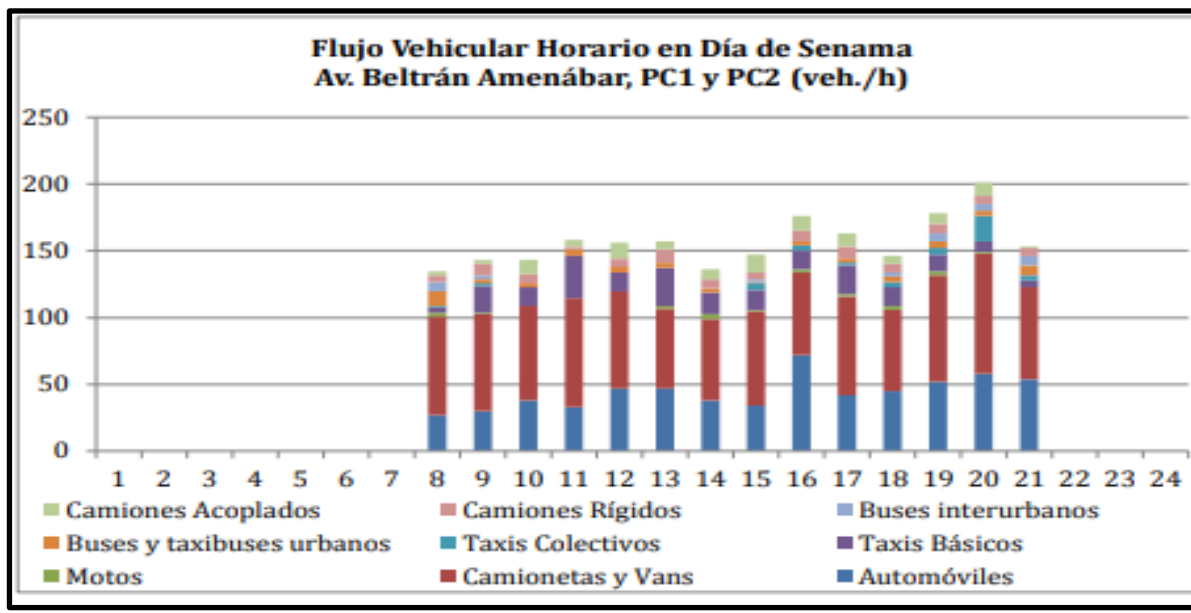


Tabla 2 Perfil horario del flujo vehicular, Av. Beltrán amenabarpc1 y pc2, Dial-V.

PC	Dia	Automóviles	Camionetas y vans	Motos	Taxis básicos	Taxis colectivos	Buses y taxibuses interurbanos	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	593

Tabla 3 resultados de campaña de conteo de flujos vehiculares en Andacollo (veh. /día)

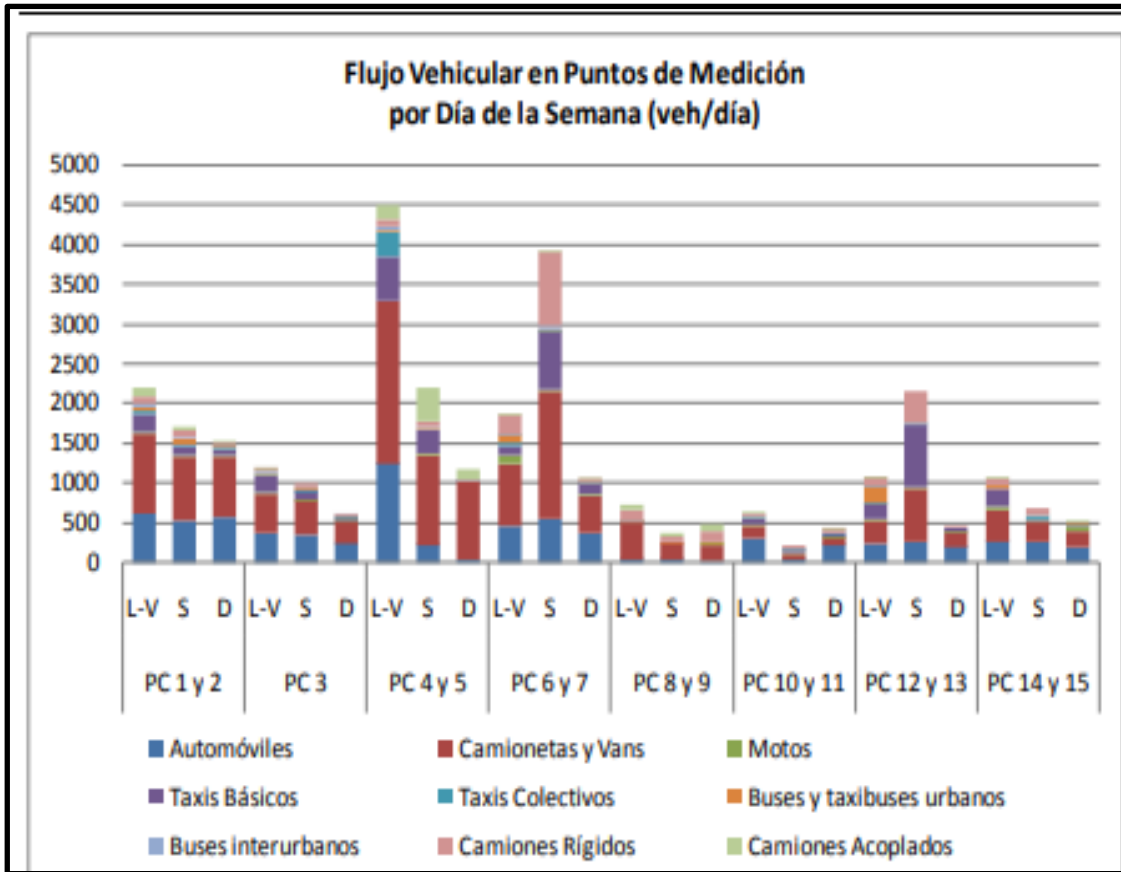


Tabla 4 flujos vehiculares medidos en Andacollo por día de la semana.

1.3.

INVENTARIO DE EMISIONES DE LA CIUDAD DE ANDACOLLO

1.3.1 INVENTARIO DE COMPAÑÍA MINERA TECK

1.3.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE COMPAÑÍA MINERA TECK CARMEN DE ANDACOLLO

1.3.3 Definición de los escenarios

Según los reportado por la CDA- TECK se considerará como escenario actual lo siguiente:

- El tránsito de camiones por caminos no pavimentados se considera regados para todos los tramos definidos en la mina.
- En los chancadores que se encuentran mitigados y se utilizaran 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.

En la tabla 1-3 se muestran los contenidos de silt de los caminos en los tres escenarios considerados:

1.3.4 Resultados de inventario

En la tabla 1-4 se muestran las emisiones estimadas para TECK-CDA en el escenario actual las que corresponden a 858 ton/año.

En la figura 1-5 se puede observar que el mayor porcentaje corresponde 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%.

Durante el año 2010 respecto a la distribución mensual de emisiones, en la figura 1-6 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 88,08% respecto al mes de menor emisión.

Escenario	Contenido Silt (%)	Origen muestra
Actual	7.97	Teck 1
Sin medidas	14.07	Promedio de muestras de tierra: M14,M15,M16,M8,TECK 3,DAY9
Con medidas	3.09	Promedio muestras bischofita: M17,M2,TECK 350,DAY7

Tabla 5 1-3 contenido de silit considerado en escenarios de inventario.

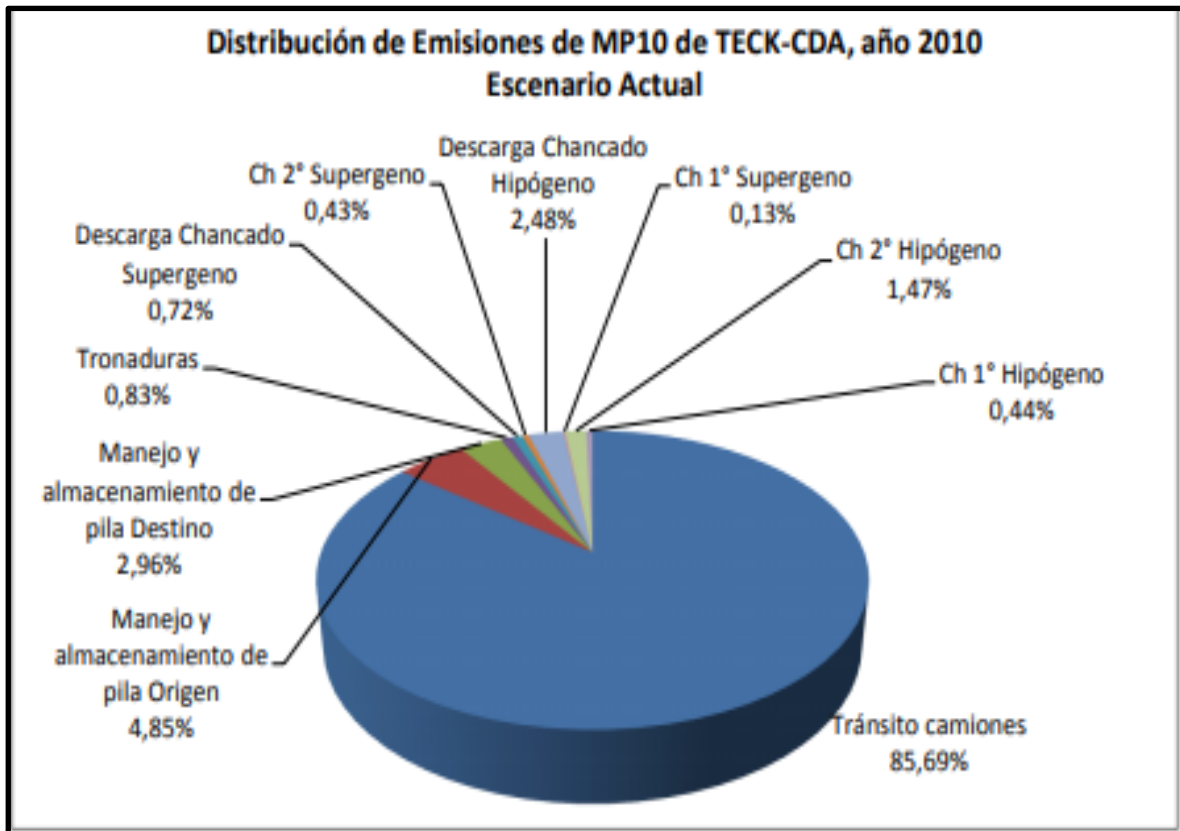


Tabla 7 1-5 distribución porcentual de emisiones de TECK-CDA por tipo de fuente, año 2010-escenario actual

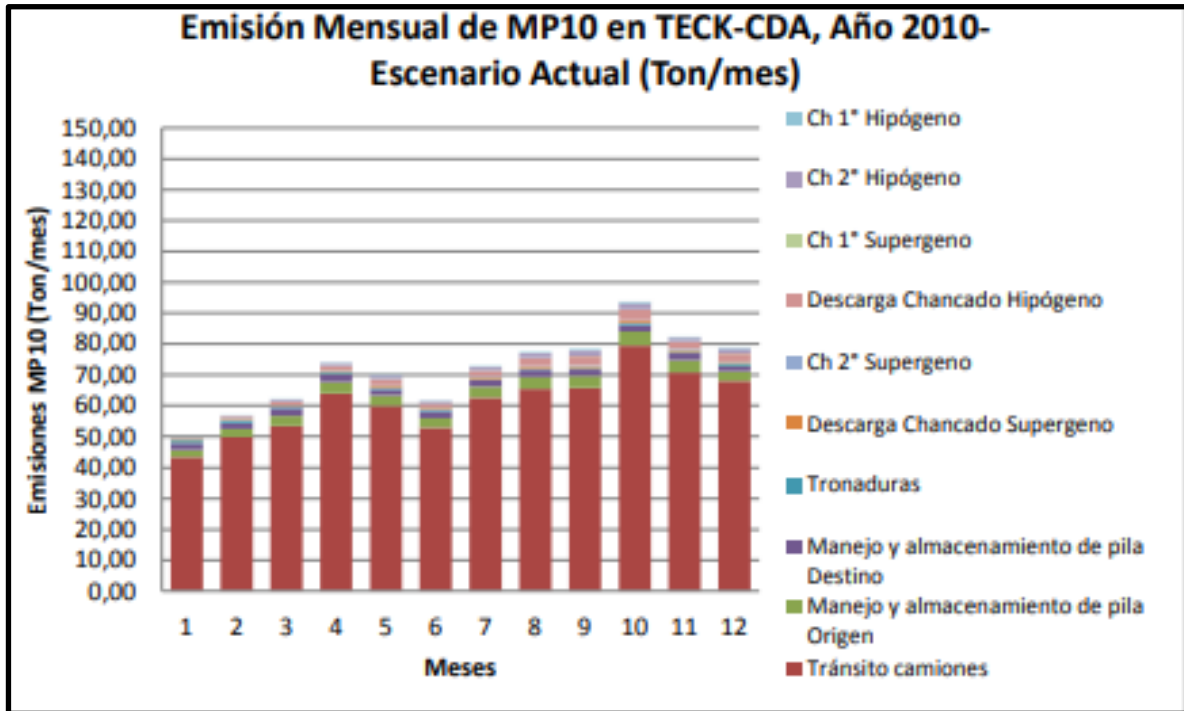


Tabla 8 1-6. Emisión mensual de emisiones de TECK-CDA, año 2010- Escenario Actual.

CAPITULO 2

Identificar medidas de mitigación que se hayan aplicado mediante el estudio en otras mineras y que hayan sido exitosas, para así controlar la contaminación y tener una mejor calidad de vida para los trabajadores.

La actividad minera en Chile ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, destacándose por la innovación de sus diferentes métodos de extracción y tecnología aplicadas en sus procesos, que van desde la exploración hasta la explotación y obtención final de productos refinados como el cobre, molibdeno, nitrato, oro y plata, entre otros. El producto de la actividad minera chilena participa de aproximadamente el 8.4% del PIB anual del país, esto es alrededor de 6.300 millones de dólares.

En la actualidad, con la evaluación de los proyectos mineros mediante Estudios de Impacto Ambiental (EIA) o Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y la entrega de permisos sectoriales de las autoridades competentes, no se alcanza aún un nivel satisfactorio en las exigencias y en la aplicación jurídica en los planes de cierre de faenas de proyectos de explotación minera. En otras palabras, el cierre de faenas mineras en Chile no cuenta al presente con una regulación específica puntual y conformada, que determine de manera detallada la aplicación de medidas de control y mitigación de riesgos e impactos medio ambientales, que pueden producirse con posterioridad al abandono o cierre de actividades de la explotación de las minas. No por lo menos si se le compara con la legislación de otros países, más desarrollados en este tema de legislación ambiental.

Como bien se sabe los principales problemas ambientales están asociados al sector minero tales como; contaminación del aire debido al S02, al material particulado y a las emisiones de arsénico, contaminación del agua debido a efluentes líquidos que contienen material particulado, metales pesados y ácido, contaminación de suelos y riesgos por sitios mineros abandonados y tranques de relave.

El cese de las actividades mineras trae aparejada su consecuencia, más conocida como la generación de pasivos ambientales, entendidos entre sus variadas componentes remanentes de caminos en mal estado, excavaciones con taludes inestables, galerías horizontales y verticales abiertas peligrosas para personas y animales, restos de equipos de extracción y maquinarias (chatarras), campamentos abandonados, depósitos de estériles, restos de residuos peligrosos o tóxicos, escorias de fundición, tranques de relaves, rios de lixiviación, etc.

El material particulado en suspensión es un elemento propio de toda actividad extractiva como la minería, y las compañías han tomado diversas iniciativas para enfrentar el problema.

2.1 Minera Los Pelambres



Minera Los Pelambres, por ejemplo, ha implementado una amplia red de monitoreo para controlar y aplicar procedimientos para mitigar los impactos que se puedan producir por su operación.

La gerente de la Minera Los Pelambres Jocelyn Contreras, explico que, a pesar de cumplir con las normas internacionales, la situación geográfica de la compañía es distinta a otros yacimientos en el norte de grande de Chile, ya que se ubica en la cabecera de un valle agrícola, debido a esto la compañía ha desarrollado un trabajo colaborativo con la comunidad, en que se reflejó la conformación de la “Mesa de Calidad del Aire”, instancia de trabajo que permitió analizar y poner en practica con los vecinos distintas alternativas para el tratamiento del material particulado en la faena.

Minera Los Pelambres en conjunto con vecinos llegaron a el acuerdo de la generación de un sistema de monitoreos y estudios de MP10, talleres de nivelación ambiental para los vecinos y trabajadores de la minera y visitas de conocimiento a otras faenas mineras para recoger experiencias de buenas prácticas.

Además de incorporación de una de las tecnologías que utiliza Minera Los Pelambres en el área mina para mitigar la generación de MP es el nebulizador Fogcannon, una tecnología italiana que, de acuerdo con lo planteado por Matteo Passoni, gerente general de Ecology, permitiría reducir casi en un 90% las partículas de polvo suspendidas en el aire. Esta solución funciona a través de un sistema de ventilación continua que descarga agua y/o aire a través de boquillas de pulverización situadas en la salida del cañón. El equipo presenta un nivel de consumo de agua de entre 210 a 1.000 l/m.

Otra de las iniciativas que se implementa en la compañía, a nivel piloto, es la bio-cementación, proceso por el cual una bacteria produce una enzima que permite la precipitación del carbonato de calcio, generando el fenómeno de cementación.



Ilustración 9 FOGCANNON.

A su juicio, este producto ha tenido muy buenos resultados. Primero porque es una solución amigable con el medio ambiente; segundo, asegura las condiciones de seguridad que exige la mina, es decir, no es corrosiva y es impermeable, esto evita la contaminación de las capas superiores de los caminos, y tercero, permite operar en invierno cuando las temperaturas son bajas en la alta cordillera. Además “el uso de este producto ha permitido reducir la utilización de agua en el riego de caminos, lo que ratifica nuestro compromiso con el cuidado del recurso hídrico, especialmente, en estos años de sequía que se ha producido en la Región de Coquimbo y en gran parte del país”.

Así una de las primeras medidas que toma la minera fue cambiar el fitosoil, otra solución que se ocupa en caminos de mina, por el producto de Dust a Side, el cual comenzó a aplicarse como pruebas de ensayo todo el año 2010, y a partir de septiembre del 2011 de forma oficial y diariamente.

Actualmente se aplica a 15 kilómetros del camino industrial de Los Pelambres, mitigando de forma considerable el polvo que antes se levantaba por el paso constante de las camionetas y los camiones de alto tonelaje. «Estudios de organismos externos a la minera demuestran que no solo mantenemos niveles de acuerdo con la legislación, sino que también hemos podido ir más allá del cumplimiento de la norma. Respecto a la eficiencia reflejada tras el producto, hoy contamos con carpetas más consolidadas, lo que se traduce en una mayor durabilidad de los neumáticos de nuestros camiones de mayor tonelaje, además de un ciclo continuo de alimentación al área de chancado y botaderos».

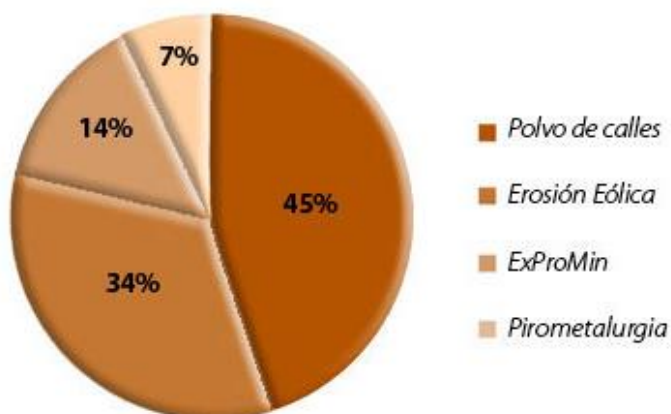
De acuerdo a las mediciones de consumo que han realizado en Minera Los Pelambres, se ha logrado un nivel de ahorro de 90% del agua de riego en los sectores tratados. “En promedio, la operación consume entre 4 a 6 l/m² y nosotros estamos en un promedio de 0,33 l/m²”.

2.2 División Chuquicamata

En el año 2009 Calama se declaró zona saturada debido al alza de Material particulado MP10.

Según lo informado por DICTUC, entre los agentes responsables de esta situación estaban las calles sin pavimentar, siendo este factor el de mayor injerencia, en el año 2009 la dirección ejecutiva de CONAMA dispuso la elaboración de un Plan de descontaminación atmosférica para la ciudad de Calama, la cual tuvo colaboración directa la división Chuquicamata, está ubicada a 15 kilómetros de Calama.

Sin problemas del inicio de la elaboración de dicho plan, la división Chuquicamata había acordado medidas junto con la municipalidad, para mitigar el polvo en la ciudad, destacándose el mejoramiento de los caminos rurales con bischofita. Durante el año 2009 se estabilizaron 6,6 kilómetros, actualmente, se encuentra en proceso el tratamiento de 6,4 kilómetros restantes de los 13 establecieron con la comunidad.



Si bien Calama fue declarada zona saturada por MP10, en julio del 2010, tras los progresos obtenidos en la disminución del polvo, la autoridad ambiental anuncio la suspensión del proceso de elaboración de un Plan de Descontaminación y convoco a trabajar en forma voluntaria y en conjunto a la municipalidad, las empresas y

organizaciones sociales en la preparación de medidas de mitigación del polvo, bajo la propuesta de acordar un Plan de gestión de Calidad del Aire para Calama, así como también llegar a un acuerdo junto a la municipalidad para la pavimentación de calles de tierra y en mal estado.

Este dicho plan tendría como principal énfasis en el MP10-, y realizar las mejores condiciones de monitoreo y medidas en MP2,5 o material particulado fino, debido a que este tiene un mayor impacto sobre la salud. Ver figura 1-7.

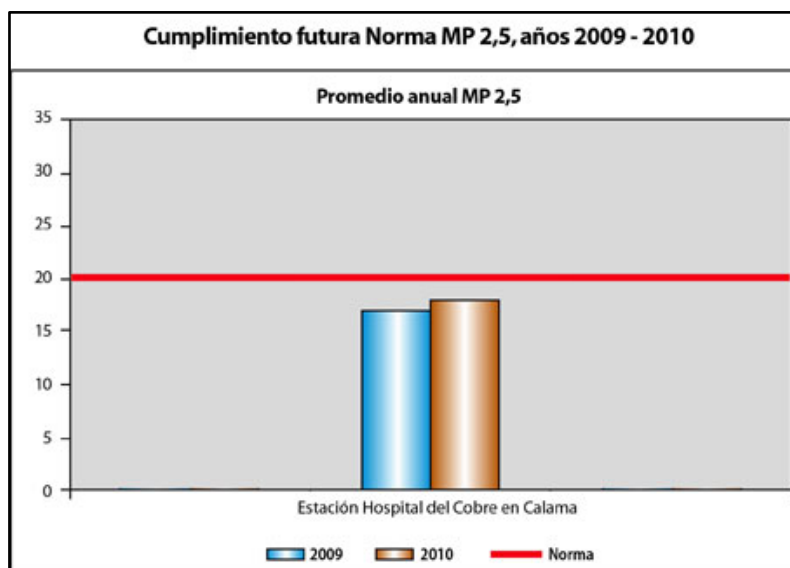


Tabla 9 1-7. cumplimiento futura norma MP2,5, años 2009-2010

División Chuquicamata monitorea el material particulado fino desde 2009 en Calama en la estación Hospital del cobre, lo que contribuye a generar una base bianual de información sobre este contaminante.

Al analizar los resultados de las mediciones registradas en el periodo de 2009 -2010 se puede ver claramente en el grafico que Calama no supera el valor de la normativa anual establecida en el ante proyecto de norma y no estaría saturada según la norma anual (la que exige un máximo de 20 microgramo por metro cubico) de MP2,5. Es decir, la calidad del aire de MP10 muestra un mejoramiento sostenido en los dos últimos trienios móviles debido a la pavimentación con bishofita.

2.3 Minera Doña Inés de Collahuasi

Tras la construcción de la matriz de materialidad en 2016 y su revisión en 2017 Collahuasi ha podido identificar los principales temas medioambientales sobre los cuales la empresa tiene impacto y que por tanto son de carácter estratégico y central para el desarrollo del negocio. Estos son:

- Cumplimiento medioambiental
- Energía
- Cambio climático
- Gestión del agua
- Recuperación de áreas ambientales

Para asegurar una gestión adecuada y eficiente en estos ámbitos de trabajo durante el año 2017 Collahuasi continúa mejorando el seguimiento y control operacional de los atributos y compromisos medioambientales identificados en los procesos de cada área de la compañía a través del ciclo de gestión de riesgos (CGR).

El cuidado ambiental es un factor más de la gestión de la cadena de valor, enmarcada en el quehacer diario de los distintos procesos de la compañía los principales indicadores están relacionados con el cumplimiento de los tributos ambientales de cada área de trabajo.

Gracias al trabajo de estabilización de los procesos y la incorporación transversal de la gestión ambiental la compañía a través del CGR hubo una disminución significativa del número de incidentes operacionales consecuencia ambiental durante el período reportado. Un ejemplo del trabajo dicho anteriormente fue la identificación de los principales riesgos en materia ambiental que estos se asocian a los procesos de transporte de fluidos, para minimizar estos procesos se estructuró un equipo de trabajo para asegurar que los sistemas operen con un riesgo mínimo de impacto al medio ambiente y a las comunidades. Adicionalmente se hicieron inversiones en nuevas tecnologías y capacitaciones que permiten detectar anticipadamente potenciales riesgos en estas materias.

Durante el año 2015 se registraron dos incidentes asociados al derrame de concentrado colectivo de pobre y derrame de agua de proceso en la mina Collahuasi ambos fueron agotados y en áreas industriales como la planta concentradora del sector Gina y no ocasionaron daños ambientales ni aceptará una comunidad de personas.

INDICADOR	2015	2016	2017
Total de derrames accidentales	2	4	2
Volumen de los derrames accidentales más significativos (en m3)	600	16.198	100 de concentrado y 280 de agua de proceso

Los incidentes fueron reportados a las autoridades pertinentes generando medidas inmediatas para el control de los derrames y la posterior limpieza y restauración de las áreas afectadas. Al cierre de este reporte los derrames indicados no presentan una afectación al entorno.

Collahuasi ha desarrollado planes de gestión de la biodiversidad y el cuidado del medio ambiente ya que la actividad minera genera una alteración del hábitat para un sinnúmero de especies y comunidades que habitan el territorio y dependen de sus recursos naturales tales que con los compromisos plasmados en el estudio de impacto ambiental (EIA) inicial aprobado el año 1009 95 que inició las actividades de la compañía y las siguientes RS as aprobadas.

durante el año 2017 la empresa ejecutó acciones e inversiones de mejora en las compensaciones comprometidas en este estudio tales como:

- Implementación de sistemas de monitoreo continuo para el seguimiento de parámetros del suelo, con el objetivo de realizar un mejor análisis de las condiciones del terreno y responder satisfactoriamente a las necesidades del bofedal de Chilla.
- Modificaciones para adecuar la Constitución de la vegetación del bosque de chilla trabajo en el cual consistió en mejoras de distribución del agua lluvias en el terreno destinado a la compensación que esta fue apoyada con la construcción demás parcelas para crecimiento del bofedal ambas acciones favorecieron el trasplante gestacional en el área circunscrita a la compensación. Ver ilustración 10-
- instalación de 6 estaciones de monitoreo de suelo asociadas a las zonas de riego en el área deja chuco posa las cuales permitirán evitar el retiro de material para sus análisis en laboratorio registrando en vez en tiempo real y mediante telemetría la profundidad de la humedad y conductividad eléctrica esto también permitirá acceder a información de cómo estás acciones influyen en el terreno para mejorar las condiciones de aspersion y riego por surco del área.



Ilustración 10 . Bofedal de Chilla

2.4 Minera Dayton

Para la cuantificación de la efectividad de las distintas medidas aplicadas por la compañía minera en la mitigación de las emisiones de camino 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 esto permite monitorear la concentración de partículas generadas evitando medir las emisiones del tubo de escape del vehículo que pudieran distorsionar la medición sobre todo la de la fracción más fina MP2.5.

en la campaña de mediciones la compañía minera del torneo se realizó entre el 24 y el 28 de enero del 2011 en dicha ocasión se midieron la siguiente fuentes emisoras, que se pueden observar en las Ilustración 11, 12, 15

- Descarga del material en botadero
- Carga de material en camión
- Tronadura
- Descarga de material en pila
- Chancador primario
- Chancador secundario
- Chancador terciario

Respecto a caminos midieron:

- Camino con bischofita
- Caminos sin pavimentar sin humectación
- Camino siempre inventar con humectación

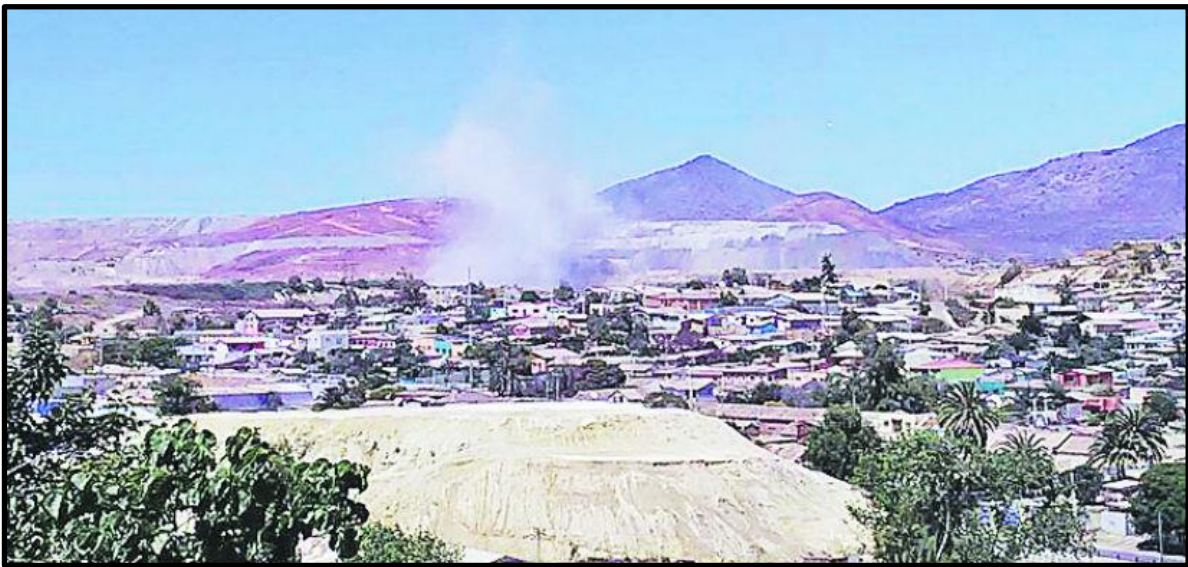


Ilustración 11. Tronadura Minera Dayton.



Ilustración 12. Descarga del material en botadero Dayton



Ilustración 13 Descarga de material en pila y operación Bulldozer de Dayton

2.4.1 Resultados de las mediciones

Cómo se puede ver en la figura 1-8 a Figura 1-12 al momento de una descarga de material misiones van en aumento. respecto a la variación en las emisiones por uso del sistema de control esta actividad que contaban con dichos controles correspondió a los chancadores estos consistían con un sistema de aspersión de agua, sistema de aspiración con filtros de mangas y aplicación de espuma en correas transportadoras esto hizo que al momento de estar utilizando las correas transportadoras el polvo disminuyera.

Como se puede observar en la tabla 1-5 las emisiones arrojaron poca reducción en las emisiones por el uso de dichos sistemas esto puede atribuirse a que ya 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 y sistemas de control.

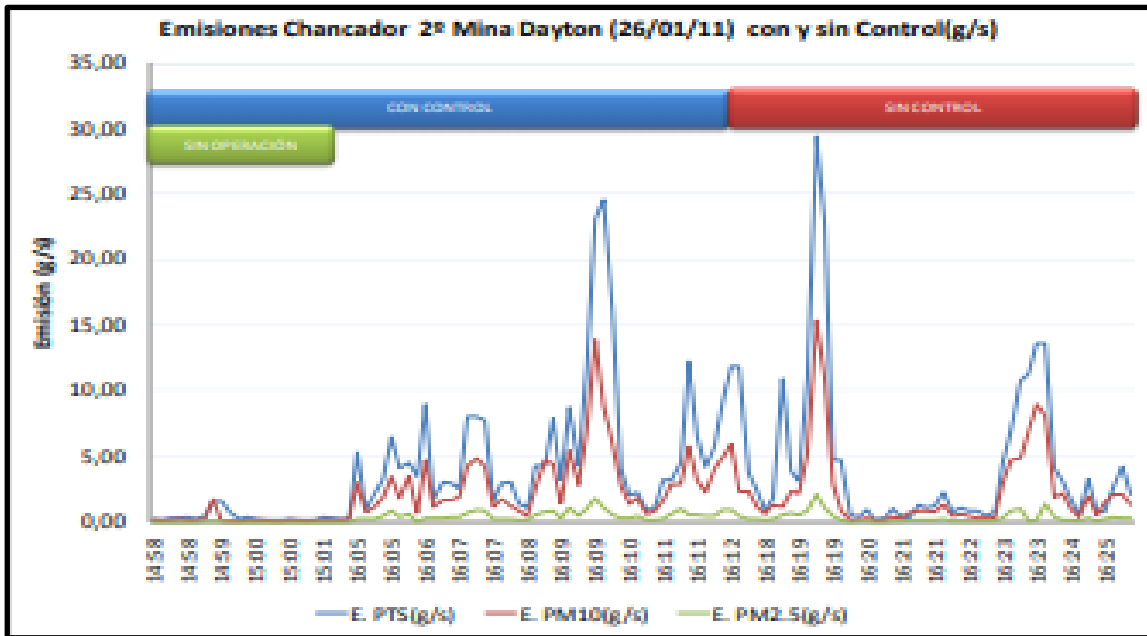


Tabla 11 1-9. emisiones chancador 2ª mina Dayton.

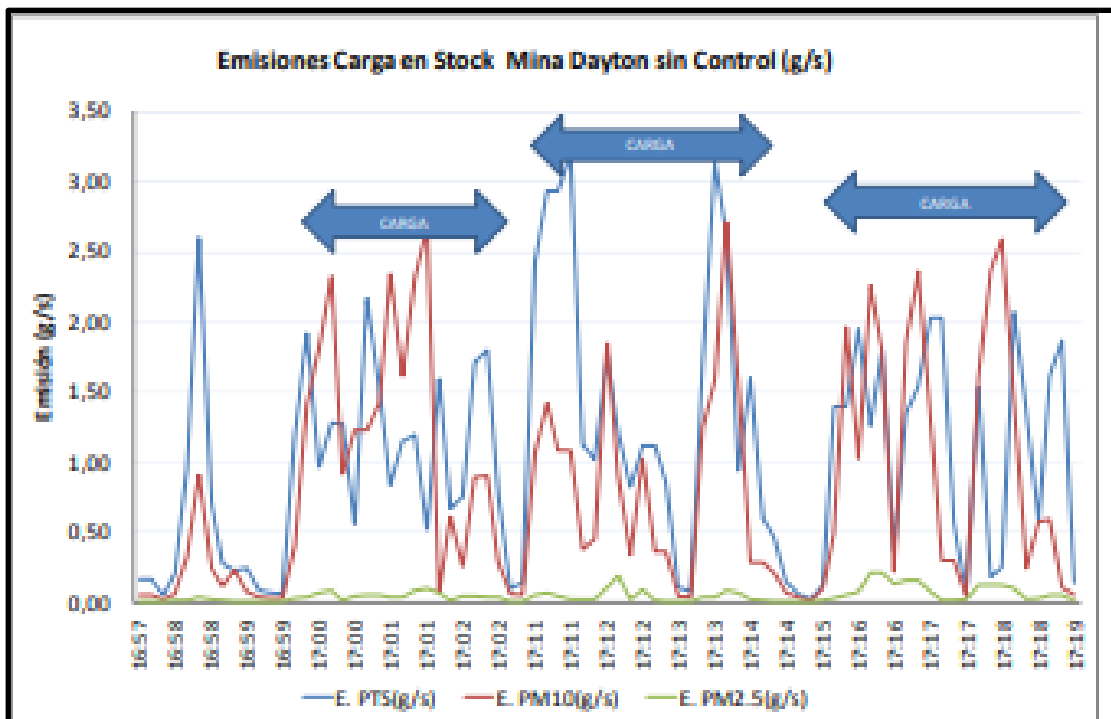


Tabla 13 1-11 emisiones carga en stock mina Dayton.

N°	Operación	PTS (g/s)	PM10 (g/s)	PM2,5 (g/s)
----	-----------	-----------	------------	-------------

1	Operación Botadero Sin Control	0.36	0.17	0.02
2	Chancador 1° Sin Control (1)	0.03	0.02	0.00
3	Chancador 1° Con Control (1)	0.06	0.03	0.01
4	Chancador 1° Sin Control (2)	0.03	0.02	0.00
5	Chancador 2° Sin Control	4.28	2.28	0.33
6	Chancador 2° Con Control	4.02	2.14	0.34
7	Descarga Chancador 3° Sin Control	23.35	11.09	0.94
8	Descarga Chancador 3° 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

Tabla 14 1-12 emisiones descarga en pila de lixiviación y operación de bulldozer.

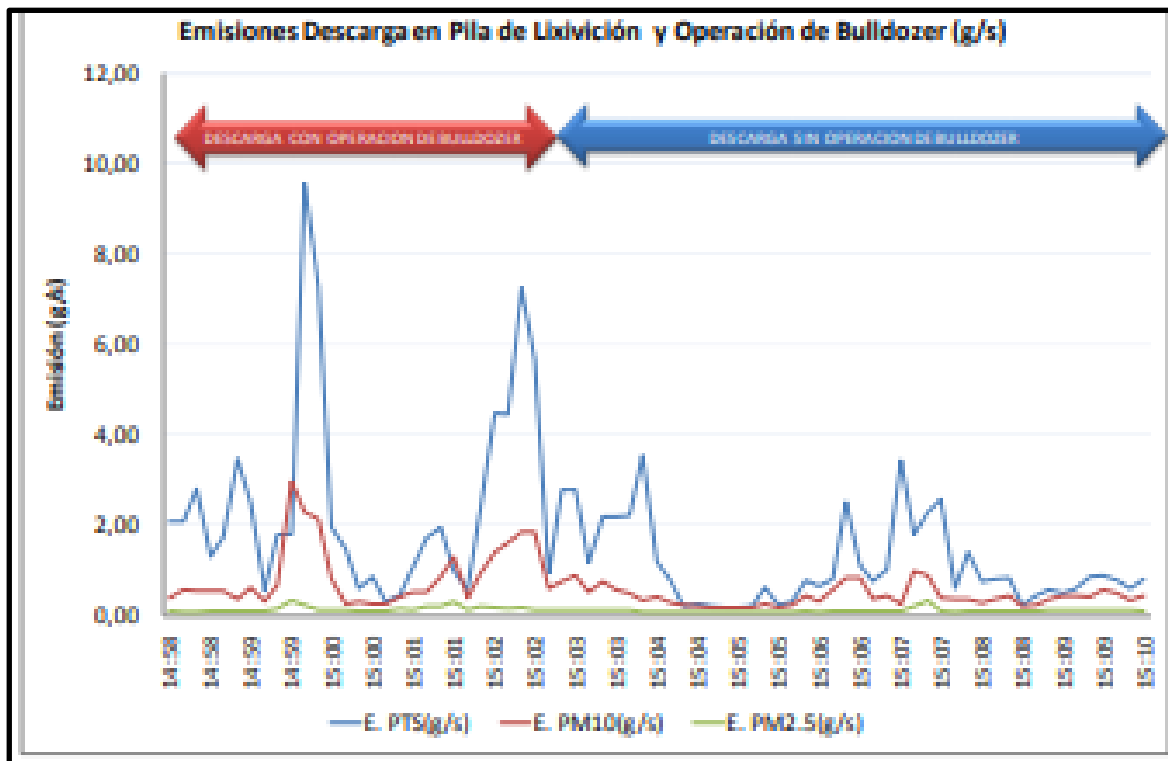


Tabla 15 1-5. Emisiones promedio de procesos de Dayton.

En base a las mediciones realizadas en caminos en la tabla 1-6 es posible verificar una importante parte de emisiones provenientes de caminos de tierra seca corresponden a MP10 y en menor medida a MP25. En la figura 1-13 se puede observar que desconecta estando la tierra mojada se produce una menor concentración que correspondería a caminos con la aplicación de bischofita, seguida por el cemento y finalmente la tierra humectada. Cabe destacar que la aplicación de bischofita en Dayton es muy limitada y se limita a un camino de acceso, la tierra humectada fue la solución más aplicada que si bien muestra una efectividad de reducción parecida a la aplicación de bischofita, esta necesita de un monitoreo mayor por lo que debiera ser establecido en función del registro de los parámetros de agua consumida en riesgo y combustible o kilómetros recorridos por camiones aljibe.

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

Tabla 16 1-6. Concentraciones en caminos.

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%

Tabla 17 1-7 porcentaje de reducción de emisiones respecto a camino de tierra seca.

Capítulo 3

Determinar qué medidas se propondrán a la minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir el impacto ambiental de la comuna mediante un análisis de plan de monitoreo y análisis de contaminación atmosférica de material particulado (MP10).

Como bien se sabe el gran problema de contaminación provocados por las mineras es debido al material particulado respirable, este tiene una gran influencia en la salud de las personas, debido a que las partículas (MP10 y MP2,5) son muy pequeñas eso hace que, al momento de una tronadura, caminos no pavimentados, entre otros, se concentre este material y se vuelva parte del ambiente, siendo respirable para las personas provocando problemas respiratorios o cardiovasculares.

Esta actividad tiene por objetivo determinar qué medidas se propondrán a la minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir su impacto ambiental ocasionado por el material particulado MP10, a través de un análisis de plan de monitoreo y a su vez un análisis de contaminación atmosférica.

3.1 Medidas propuestas a minera Teck Carmen de Andacollo para disminuir su impacto ambiental en la comuna de Andacollo

Las medidas que propondremos a la minera para controlar las emisiones de MP10 en caminos hacia la minera y dentro de la minera son:

- **Aplicación de asfalto en todas las rutas que estén en mal estado y que vayan en dirección a la minera Teck y al pueblo de Andacollo.**

Incluir instalación de cubiertas sobre los vehículos de transporte con carga, cuando se trasladen fuera de la

Tener un horario fijo para las tronaduras, y también controlar la dirección y velocidad del viento de manera de evitar la llegada de polvo a la ciudad.

Aplicación de un sistema de supresión de polvo que este tiene como objetivo humectar el material de proceso para evitar que el polvo liviano se disperse al entorno durante las etapas de vaciado y traspaso, haciendo que éste decante por peso hacia el fondo del sector (tolva,

Las medidas de mitigación propuestas a la minera teck Carmen de Andacollo estarán bajo un plan de monitoreo para ver cual de las medidas de mitigación será la más eficaz para así poder controlar la contaminación del material particulado MP10 Y MP2,5.

3.2 Plan de monitoreo

Nuestro plan de monitoreo esta estipulado para el año 2024 para la reducción de un 80% la contaminación del Material Particulado MP10 en la comuna de Andacollo.

Tenemos como objetivo plantear diferentes medidas de mitigación para mitigar los impactos ambientales producidos por la Minera Teck Carmen de Andacollo y a su vez controlar y realizar seguimiento de la actividades del proyecto y a la aplicación de las medidas de mitigación propuestas, también corroborar o no, los impactos a través del tiempo y espacio, en base a evaluaciones periódicas, para así disponer de documentos, registros y evidencias de las tareas que se realizan para llevar el control de las acciones contenidas en el Plan de Monitoreo en cuanto a medidas ambientales y actividades operativas del proyecto.

Nuestras medidas de mitigación para la reducción de la contaminación para la minera Teck que estarán bajo un plan de monitoreo son:

- la aplicación de asfalto en todas las rutas que estén en mal estado y que vayan en dirección a la minera Teck y al pueblo de Andacollo.
- Incluir instalación de cubiertas sobre los vehículos de transporte con carga, cuando se trasladen fuera de la instalación.
- Tener un horario fijo para las tronaduras, y también controlar la dirección y velocidad del viento de manera de evitar la llegada de polvo a la ciudad.
- Aplicación de un sistema de supresión de polvo que este tiene como objetivo humectar el material de proceso para evitar que el polvo liviano se disperse al entorno durante las etapas de vaciado y traspaso, haciendo que éste decante por peso hacia el fondo del sector (tolva, correa o similar).

Para iniciar nuestro plan de monitoreo comenzaremos con:

1. la aplicación de asfalto en todas las rutas que estén en mal estado y que vayan en dirección a la minera Teck y al pueblo de Andacollo.

El monitoreo de esta medida de mitigación será llevar un control del pavimento de las calles en las cuales se circula hacia la minera, para obtener un buen resultado de estas, bajo un grupo de supervisores se observarán las calles que estén en mal estado y que vayan en dirección a la mina para así poder asfaltar esas y que no haya ningún tipo de calle en mal estado para evitar la contaminación de polvo Re suspendido, estas calles pavimentadas estarán bajo un control mensual que constara de una revisión de su estado, si se encuentra bien o regular, de ser regular se arregla de inmediato. Para cumplir con esta medida de mitigación se utilizará asfalto Fresado que tiene un valor de \$3,950 el **M2**.

Fecha de inspección	Nombre de calle	Buen estado	Mal estado	observaciones
Ej.: 27/09/2024	chepiquilla	si	no	No se encuentra ningún tipo de grieta....

Tabla 19 calles en mal estado comuna Andacollo

2. Incluir instalación de cubiertas sobre los vehículos de transporte con carga, cuando se trasladen fuera de la instalación.

Para este plan de monitoreo está a cargo un supervisor, que este se encargará de revisar que la carga tenga correctamente colocada la cubierta, para así dar un visto bueno y que el camión vaya sin ningún tipo de fuga de material al momento de salir de la minera, se implementará un horario de salida para el camión con carga en el cual haya menos tránsito en la cuesta de Andacollo para así no provocar dificultades Esta medida tiene como efectividad un 70% ya que es una gran disminución de contaminación para el pueblo, esta medida se hará todos los días en que se trabaje en la minera, al no tener la ficha que se dará en la verificación de carga correcta, el operador no podrá salir de la minera. A continuación, se ve detallado cómo será la ficha estimada para esta medida propuesta.

Hora entrada	Firma de operador	Firma de supervisor	Verificación de carga	Fecha	Hora salida
Ej.: 12:00 pm			SI/NO	12/02/21	21:00 hrs

Tabla 20 control de cubierta de transporte con carga.

3. Tener un horario fijo para las tronaduras, y también controlar la dirección y velocidad del viento de manera de evitar la llegada de polvo a la ciudad.

Este plan de monitoreo consiste en definir un horario fijo para las tronaduras, en donde implementaremos equipos los cuales monitoreen la dirección del viento y así poder verificar el horario en que el viento no vaya en dirección a la comuna de Andacollo, para así acabar con la contaminación de Mp10 y problemas de salud a la ciudadanía, todo esto va con el objetivo de calcular cómo controlar y generar tronaduras que no afecten a la comuna de manera a privilegiar y potenciar una producción segura, así lograr un compromiso con la minera que establezca que los días feriados y fin de semana no se realicen tronaduras. Esta sería la tabla con que se verificaría si cumple o no con los requisitos establecidos.

Horario de tronadura	Dirección del viento	Se puede realizar (si/no)	Fecha tronadura
Ej.: 13:00 pm	sí cumple	si	6/08/2024

Tabla 21 Verificación de tronadura.

4. Aplicación de un sistema de supresión de polvo que este tiene como objetivo humectar el material de proceso para evitar que el polvo liviano se disperse al entorno durante las etapas de vaciado y traspaso, haciendo que éste decante por peso hacia el fondo del sector (tolva, correa o similar).

Este plan de monitoreo consta en humectar el material el cual es trasladado y vaciado, para que el material no ascienda provocando un aumento en la contaminación por el polvo, proponemos que se coloque un sistema que se compone por una red de cañerías y boquillas aspersores, que inyectan agua en forma de lluvia fina o neblina, este procedimiento tiene que estar bajo mantenciones mensuales y limpieza periódica a los componentes del sistema, especialmente a las boquillas aspersores para su correcto funcionamiento, de no ser así no servirá y provocara contaminación.

Fecha	Mantención Cumple	Limpieza o cambio de aspersores	Uso habilitado (si/no)
Ej.: 24/03/2024	si	listo	si

Tabla 22 Suspensión de polvo.

3.2 análisis de contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es el principal desafío para la autoridad ambiental en Chile. Hoy 10 millones de personas en el país están expuestas a una concentración promedio anual de MP10 y MP2,5 superior a la norma. Incluso en el Primer Reporte del Medio Ambiente publicado en el año 2019 se informa, que, según la Organización Mundial de la Salud, (OMS, 2019, la contaminación atmosférica es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras a nivel nacional. Esto reafirma la urgente necesidad de establecer una estrategia que entregue los lineamientos, los plazos y las metas para resolver el problema de la contaminación con la mayor celeridad posible. Nos enfocaremos en la ciudad de Andacollo a continuación de muestra una tabla de las emisiones por año.

FUENTE EMISORA	EMISIONES (TON/AÑO)	LÍMITE DE EMISIÓN (TON/AÑO)
Compañía Minera Dayton	737	258
Compañía Minera TECK CDA	858	300

Tabla 23 Emisiones de contaminación atmosférica (ton/año).

Como se puede evidenciar en la tabla la minera Teck Carmen de Andacollo emite el triple de emisiones que debería realizar por año. Debido a esto es que la contaminación de Andacollo empeora cada año y está definida como zona saturada por la OMS.

Para concluir con nuestro plan de monitoreo y análisis de contaminación atmosférica nuestro plan tiene como objetivo comenzar en el año 2024 y con fecha de término en el año 2027, proponemos que los gastos de las medidas de mitigación propuestas sean compartidos entre la minera teck Carmen de Andacollo y la municipalidad de la ciudad.

Conclusiones

Para concluir con el capítulo 1 sabemos que Andacollo ha tenido problemas de contaminación de hace muchos años debido a la Minera Teck Carmen de Andacollo, esto ha traído consigo muchos problemas a la salud de las personas de la comuna y también a la comuna en sí, La comuna Andacollo desde el año 1997 inicio la primera acción contra la minera denunciando por problemas respiratorios, a la piel y por sus tronaduras, en el año 2002 se realizo un estudio en el cual evaluaba la normativa presente que eran los antecedentes para evaluar la contaminación atmosférica en zonas con aportes naturales y antropogénicas, para mejorar la calidad del aire en Andacollo en conjunto a la municipalidad de Andacollo se hicieron diferentes tipos d estudios de emisiones contaminantes tales como, el polvo Re suspendido y emisiones vehiculares (desgaste de frenos neumáticos), que estos dieron resultados muy elevados de contaminantes, es por eso que se hizo una investigación sobre las diferentes medidas de mitigación que se hayan aplicado en otras mineras y que hayan tenido una muy buena eficacia para combatir con la contaminación siguiendo con la conclusión en el capítulo 2 se puede decir que en la actualidad, con las evaluaciones de los proyectos mineros mediante Estudios de Impacto Ambiental (EIA) o Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y la entrega de permisos sectoriales de las autoridades competentes, no se alcanza aún un nivel satisfactorio en las exigencias y en la aplicación jurídica en los planes de cierre de faenas de proyectos de explotación minera, para esto Nos enfocamos en 4 mineras que son la minera los pelambres, la minera Dayton, división Chuquicamata y minera doña Inés de Collahuasi, sus medias de mitigación aplicadas en estas, han tenido un buen resultado para la reducción de la contaminación, como bien se sabe el problema en cuestión es el material particulado MP10 y consigo también el MP2,5. Es por eso que escogimos la medida más aplicada de estas 4 mineras, que con un resultado de efectividad del 80% es la pavimentación con bischofita o asfalto en caminos rurales o en mal estado. Para finalizar en el capítulo 3 como conclusión logramos realizar un plan de monitoreo en el que se propusieron las medidas de mitigación en las cuales se van a llevar cabo para así poder ayudar a la descontaminación de la comuna y posteriormente un análisis de contaminación atmosférica de la comuna de Andacollo en donde se muestra la contaminación que genera la minera Teck Carmen de Andacollo. Todo esto se realiza con el fin de poder ayudar a la minera Teck y a su vez a la comuna, a través de estos planes de monitoreo y de contaminación sabemos que Andacollo es una comuna que está declarada como zona saturada, tenemos como propósito que todas las medidas de mitigación propuestas a la minera tengan un 70% o 80% de efectividad de no ser así Andacollo empeoraría con su contaminación al no tener ninguna medida para reducir el MP10.

En general logramos concluir en nuestro trabajo de investigación es que el medio ambiente es muy importante para la ciudadanía y así como también la flora y la fauna, es por eso que con las medidas de mitigación propuestas queremos lograr una reducción del impacto ambiental que genera la minera Teck Carmen de Andacollo, para obtener buenos resultados damos como inicio nuestro plan de monitoreo para el año 2024 con un término para el año 2027, por lo que en nuestro trabajo investigación consta de una problemática y de objetivos específicos los cuales se lograron algunos, debido a que siempre va a estar presente la contaminación por las mineras, ya que son un gran contaminante para el planeta debido a sus procesos, producción.

Bibliografía

<http://www2.udec.cl/alfatl/alfateclimin/documentos/Sanchezl.pdf>

https://www.codelco.com/cgi-bin/prontus_imprimir.cgi?_URL=http%3A//www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20110304/pags/20110304154806.html

<https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>

<https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>

https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/08/articles-56174_Plan_Araucania.pdf

<https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=113987&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>

<https://www.ocmal.org/andacollo-saturado-la-contaminacion-de-la-mega-mineria-en-el-norte-chico-de-chile/>

http://www.cenma.cl/Pagina%20web-LQA/4-Gesti%C3%B3n%20de%20SPPC/2012-INFORME_FINAL_PP_07_ANDACOLLO_MAYO_2012.pdf

<https://www.terram.cl/2017/10/autoridades-de-andacollo-denuncian-contaminacion-y-problemas-de-salud-por-mineras/>

<http://www.diarioeldia.cl/region/continuan-esfuerzos-para-disminuir-contaminacion-en-comuna-andacollo>

<https://www.eleconomistaamerica.cl/empresas-eAm-chile/noticias/8562709/08/17/Denuncian-alto-grado-de-contaminacion-en-Andacollo-al-norte-de-Chile.html>