

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**MÉTODOS DE SUPRESIÓN DE POLVO PARA EVITAR EL GASTO EXCESIVO
DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MINERÍA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
Minería y Metalurgia

Alumnos:

Matías Durán Paiva
David Peña San Martín

Profesor guía:

Luis Gutiérrez Meneses

RESUMEN

El consumo del recurso hídrico hoy en día en la minería es un tema de debate, ya que es utilizado en cantidades inmensas, sin una medición o conciencia de lo que realmente se está utilizando.

Para mitigar y aliviar el gasto de agua producido en la minería chilena en general, existen una serie de soluciones, de hecho, éstas tienen nombre, ya que se tratan de distintos productos que vienen a reemplazar el consumo de agua y sus funciones como tal, muchas veces mejorando su efecto sobre las tareas deseadas.

Muchos de los recursos que se utilizan como recambio al agua tienen efectos negativos sobre el suelo en el que se utilizan, como también hay otros que tienen deficiencias en ciertas condiciones, principalmente climáticas, pero también hay otros que las tienen según el tipo de minerales que hay en los suelos. Es por esta razón principalmente, por sus debilidades, por las cuales hay que hacer una discriminación de estos métodos si se quieren aplicar en un lugar en concreto.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías permitirá al hombre ir disminuyendo el consumo del recurso hídrico a medida que pase el tiempo, y quién sabe, hasta eliminarlo por completo en varios de los procesos de la minería, lo que supondría un desarrollo más sustentable de la minería y más amigable en relación con el medio ambiente.

ÍNDICE

RESUMEN
ÍNDICE
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE MÉTODOS SUPRESORES DE POLVO COMO PRÁCTICA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA MEDIANTE EL APOYO TEÓRICO DE EMPRESAS ESPECIALISTAS EN EL RUBRO.....	6
1.1 Estudio de métodos supresores de polvo	8
1.2 Clasificación	9
1.2.1 Agua	9
1.2.2 Polímeros Sintéticos	9
1.2.3 Productos orgánicos no bituminosos	9
1.2.4 Productos electroquímicos	10
1.2.5 Sales y Cloruros	11
1.2.6 Productos Bituminosos	12
1.3 Productos	14
1.3.1 Fitosoil Forte	14
1.3.2 CBR-PLUS	14
1.3.3 Cover Dust	15
1.3.4 Petrosoil	15
1.3.5 Corpi Dust	16
1.3.6 Road Salt	16
1.3.7 ROADMAG (Bischofita)	17
CAPÍTULO 2: PRESELECCIONAR EL SUPRESOR MÁS VIABLE SEGÚN EL ESTUDIO REALIZADO, CONSIDERANDO EL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DE LA ZONA ESPECÍFICA.	18
2.1 Climas que se pueden encontrar a nivel país	20
2.1.1 Desértico Costero	20
2.1.2 Desértico Normal	20
2.1.3 Desértico y Esterpárico de Altura	20
2.1.4 Esterpárico Costero	20
2.1.5 Esterpárico Interior	20
2.1.6 Mediterráneo Seco	20
2.1.7 Mediterráneo Seco y Húmedo	21
2.1.8 Templado Lluvioso	21
2.1.9 Marítimo Lluvioso	21

2.1.10	Estepario Frío	21
2.1.11	Tundra	21
2.1.12	Hielo de Alturas y Clima Polar	22
2.2	región de Valparaíso	22
2.2.1	Tipos de Clima presentes en la V Región	22
2.2.2	Principales Minas de la Región	24
2.2.3	Comuna de Cabildo	26

CAPÍTULO 3: PROPONER PLAN DE APLICACIÓN PARA LA VÍA TRANSPORTE EN FUNCIÓN AL SUPRESOR PRESELECCIONADO MEDIANTE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS PRESENTES EN LA MINERA VISITADA..... 27

3.1	Grupo Minero Las Cenizas	29
3.2	Antecedentes generales del terreno	31
3.2.1	Área de Trabajo	31
3.2.2	Dosis del recurso hídrico	32
3.2.3	Vehículo Utilizado	32
3.2.4	Dimensionamiento de Maniobra	32
3.3	Propuesta	33
3.3.1	Bischofita	33
3.3.2	Petrosoil	36
3.3.3	Comparación de resultados	39

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 41

BIBLIOGRAFÍA 43

Índice de figura

<i>Figura 1 "Polución provocada por camión minero en vías de transporte"</i>	2
<i>Figura 2 "Comparación de PM10 y PM2,5 en contraste con un cabello humano"</i>	3
<i>Figura 3 "Camión aljibe aplicando film supresor"</i>	4
<i>Figura 4 "Aspecto de lignosulfonato"</i>	10
<i>Figura 5 "Cloruro de Amonio en polvo"</i>	11
<i>Figura 6 "Aplicación de Cloruro de Calcio líquido, denominado QUIM KD40"</i>	12
<i>Figura 7 "Carretera preparada con productos bituminosos"</i>	13
<i>Figura 8 "Comuna de Cabildo"</i>	22
<i>Figura 9 "Sector costero de Valparaíso"</i>	23
<i>Figura 10 "Valle del Aconcagua"</i>	24
<i>Figura 11 "Actividad minera en la región de Valparaíso"</i>	25
<i>Figura 12 "Mapa de Cabildo"</i>	26
<i>Figura 13 "Entrada Grupo minero las cenizas Cabildo)"</i>	29
<i>Figura 14 "localización del Grupo Minero las Cenizas"</i>	30
<i>Figura 15 "Área a trabajar (aproximadamente)"</i>	31

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

#: Porcentaje

#: Peso chileno

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería

B. SIMBOLOGÍA

ton: Tonelada

m: Metro

m²: Metro cuadrado

m³: Metro cubico

cm: Centímetro

min: Minuto

s: Segundo

h: Hora

km: Kilómetro

kg: Kilógramos

INTRODUCCIÓN

La minería es fundamental para el desarrollo de la sociedad del hombre, ya que desde hace miles de años, se ha utilizado para poder extraer los metales que tanta utilidad tienen, o, mejor dicho, que tantas utilidades le hemos dado.

En Chile la minería es una actividad que genera la mayor parte de los ingresos al país, por su riqueza natural de varios minerales, principalmente el cobre, que se exporta a muchos lugares a nivel mundial, es por esta razón que la actividad minera no puede detenerse, ya que implica una pérdida millonaria por cada día, incluso hora, que se encuentra detenida, sin embargo hay muchos recursos naturales que se utilizan para poder lograr una extracción total del mineral, siendo uno de los más utilizados el agua.

El agua actualmente es uno de los bienes más necesarios no sólo para el trabajo y desarrollo de la minería en Chile, sino que también para mantener la vida en la Tierra, ya que es fundamental para el consumo de otras actividades humanas, como también para el consumo de animales. Se prevé que, en un futuro no muy lejano, el recurso hídrico escaseará hasta tal punto que habrá una fuerte lucha por parte de los gobiernos por hacerse con fuentes que contengan agua, es más, en muchos poblados en varios países del mundo, el agua ya está escaseando, tanto así que se aprovecha hasta agua impura, que puede producir enfermedades en las personas. No podemos darnos el lujo de seguir gastando tan desmesuradamente este recurso, sobre todo si hay otros métodos que sirven para cumplir la misma función que el agua en las mineras, incluso más efectivamente que ésta.

El agua es un recurso escaso, que no solo es considerado un problema hidrológico, también se trata, cada vez en mayor grado, de un problema económico, que limita el desarrollo de la gran mayoría de las actividades industriales. Específicamente en la minería, el recurso hídrico se encuentra presente en la mayor parte de los procesos, tales como su extracción, aglomeración, flotación, etc.

Según los datos oficiales de Cochilco ¹, se sabe que el gasto del agua es excesivo, llegando a los 14.800 litros por segundo, una cifra desmesurada que promete aumentar en un 66% para el año 2025. Este aumento sería ocasionado principalmente por las futuras bajas leyes de los concentrados, por lo que para mantener la producción se necesitará procesar una mayor cantidad de material mineralizado con el fin de obtener una tonelada de cobre fino.

Enfocado netamente a la pequeña y mediana minería, la manera más factible de asegurar el ahorro del agua es optimizando el proceso de “supresión de polvos”, el cual se ve ampliamente afectado puesto que utilizan dicho recurso como “supresor” siendo que no siempre es el más viable. El motivo de su uso podría ser a raíz de su accesibilidad, desconocimiento de otros supresores o coste monetario (cuyos derechos generalmente son negociados en conjunto a la comunidad local).

¹http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/agua/2015_Informe_Proyeccion_consumo_de_agua_vf.pdf

De acuerdo con Dust a Side², uno de los desafíos permanentes que presenta la minería se relaciona con el control de polvo que genera su operación. Diversas son las fuentes de polvo que existen en una mina, siendo la más importante el polvo que se produce en los caminos existentes al interior de la mina, donde circulan tanto vehículos de alto tonelaje cargados con material, como otros menores.



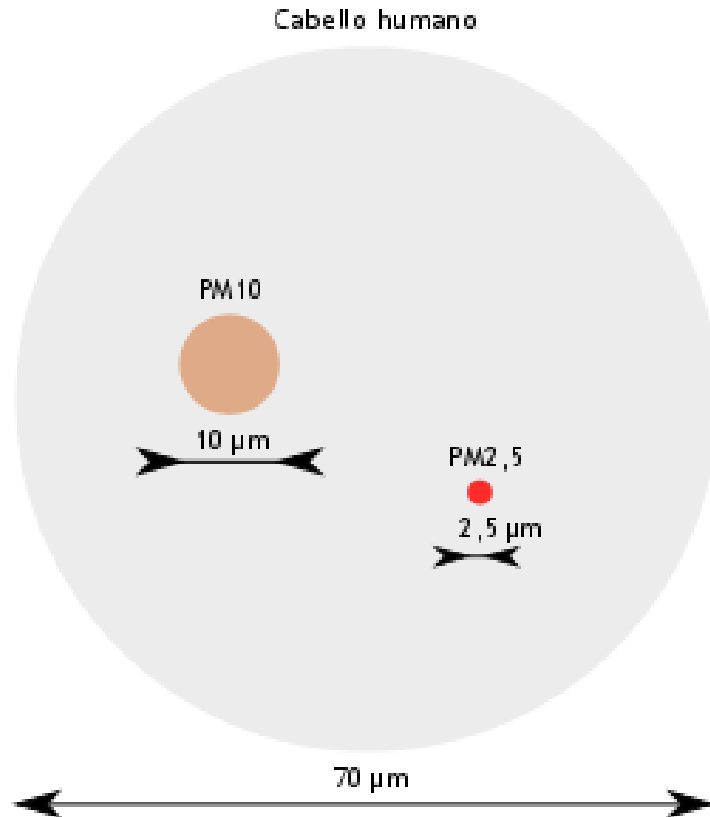
Fuente: https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/18092621.html

Figura 1 "Polución provocada por camión minero en vías de transporte"

El medio ambiente atmosférico en las áreas de minería a cielo abierto está sometido a una fuerte carga contaminante producida por la remoción de partículas debido a las diferentes operaciones propias de este tipo de minado. Esto puede ocasionar un serio impacto ambiental, especialmente cuando se trata de partículas de un diámetro inferior a 10 μm , lo que permite que ellas puedan ser inhaladas y provocar importantes daños a la salud al introducirse en las vías respiratorias. La magnitud de estos efectos en la salud dependerá de la composición química del material particulado de que se trate. La sola generación de polvo puede provocar importantes impactos ambientales al facilitar la erosión, dificultar el crecimiento de la vegetación, etc.

La actividad que genera más cantidad de partículas a la atmósfera es el transporte, el cual se realiza mediante equipos pesados (camiones) que trasladan el mineral hacia el punto de recepción a través de caminos no pavimentados.

² <http://www.dustaside.cl/>



Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/549931804479257656/>

Figura 2 "Comparación de PM10 y PM2,5 en contraste con un cabello humano"

“Con el tiempo, el control del polvo ha ido cobrando mayor relevancia para las compañías mineras. Trabajar en un ambiente con menor polución trae beneficios para la salud de las personas, pues disminuye las enfermedades respiratorias y, a la vez, resulta clave para la prevención de riesgos, puesto que a una mayor visibilidad en los caminos redunda en mayor seguridad en general en la operación. Asimismo, las comunidades cercanas, que pueden verse afectadas por el polvo de los caminos de acceso o por el polvo que el viento levanta desde las laderas de los cerros, también son actores cuya voz cobra cada vez más fuerza.

“Tradicionalmente el control de polvo se ha limitado simplemente al riego con agua de manera permanente mediante camiones aljibe. Una solución que, junto con ser costosa, puesto que el agua en el norte del país es muy escasa y cara, tampoco resulta eficiente en términos globales. Sin embargo, actualmente, el desarrollo de tecnologías de control de polvo ha decantado en la generación de productos que se aplican de manera tecnificada y mediante pautas específicas, todo ello asociado a un monitoreo permanente del material particulado. En este sentido, se busca la eficiencia, poder medir cuánto polvo se genera y cuánto polvo es el que se está mitigando”. (Hernández, 2014, construcción minera³)

Otro punto que respalda el motivo del ahorro del recurso hídrico es la futura escasez de éste, el cual será cada vez mayor en zonas que hoy ya son secas, esto se ve afectado

³ <http://www.construccionminera.cl/control-de-polvo-en-mineria-tecnologia-seguridad-y-eficiencia/>

producto del cambio climático. Estos cambios, sin duda, generarán no sólo riesgos para la vida humana, sino también para el desempeño económico del país, pues industrias relevantes que hoy requieren del elemento para su producción como la minería, tenderán a ver cada vez más restringido su acceso al recurso.

Lo mencionado anteriormente generará un impacto en la disminución de precipitaciones, lo cual podría afectar en el uso de los supresores gracias a sus características específicas, explícitamente hablando en términos de aplicación (número de veces que tiene que ser aplicado el producto para la formación de la capa sobre el terreno).



Fuente: <http://www.indemin.cl/servicio-de-aplicacion-de-supresor-de-polvo/>

Figura 3 "Camión aljibe aplicando film supresor"

“Cuando uno piensa en cambio climático, lo primero que se le viene a la cabeza es el calentamiento global, pero ese calentamiento no ocurre igual en todas las regiones del mundo y, por lo tanto, se establecen lugares que estarán más cálidos, y otros más fríos, eso involucra a la vez un cambio en la presión superficial, y eso finalmente se traduce en cambios en la circulación atmosférica, lo que termina impactando en las precipitaciones” (Vargas H. y Rivas C., 2015, Quepasaminería⁴).

Esto dependerá de las emisiones de carbono presentes en la atmósfera, las proyecciones apuntan a una disminución de entre 30% y 35% hacia fines de este siglo en la zona que va desde Atacama a Los Lagos. Mientras que, en el altiplano, que recibe precipitaciones en verano también se espera una disminución de entre 20% y 30%.

⁴ <http://www.quepasamineria.cl/index.php/actualidad/item/3993-los-problemas-tras-la-falta-de-agua>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Disminuir el consumo de agua utilizado como supresor en vías de transporte de mineral a través de nuevos posibles métodos que optimicen el uso de ésta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.-Estudiar el uso de supresores de polvo actualmente utilizados en la minería.
- 2.-Preseleccionar el supresor más viable según el estudio realizado, considerando el comportamiento climático de la zona específica.
- 3.-Proponer plan de aplicación para la vía transporte en función al supresor preseleccionado mediante los parámetros climáticos presentes en la minera visitada.

CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE MÉTODOS SUPRESORES DE POLVO
EMPLEADOS EN LA ACTUALIDAD

1.1 ESTUDIO DE MÉTODOS SUPRESORES DE POLVO

Dentro de la minería existen muchos factores a considerar en cuanto a riesgos se refiere, uno de los más incontrolables es el caso del polvo, ya que está compuesto por partículas sólidas, con una granulometría que varía entre 1 y 1000 μm . Éste tiene una facilidad de transporte muy grande, ya que existen variadas maneras en las que el polvo es transportado de un lugar a otro.

El gran problema es este elemento, es que es producido por casi todos los procesos en el área minera, ya que es una consecuencia o emanación, ya sea del chancado y molienda de rocas, el transporte y depósito de éstas mismas, la vibración de los equipos, entre otros.

La problemática en la que se va a enfocar es el levantamiento de polvo de las carreteras mineras, el cual tiene un factor de emisión de 0,25 a 0.69 kg/km de recorrido cuando pasan los vehículos sobre éstas, haciendo que esta cantidad de partículas contenidas en el suelo se levanten y queden en suspensión a merced del viento, el que las puede transportar a lugares en donde pueden producir peligro para el medio ambiente y enfermedades para el ser humano.

La composición de las partículas de polvo es bastante variada, dependiendo en el suelo en el que se encuentre. En su composición se pueden apreciar partículas de sílice, metales pesados, materia orgánica, entre otras, las que pueden ser perjudiciales para salud y medioambiente gracias a la emisión (producto depositado en la atmósfera desde su fuente) de éstas, a diferencia de lo que podría ocasionar la inmisión (concentración y permanencia de contaminantes que causan polución de la atmósfera).

Para impedir la propagación de polvo existen varios métodos utilizados en el área minera. En el caso de las carreteras mineras, el método más convencional es la aplicación de agua, mediante riegos de éstas, para así tener una mayor cohesión del polvo con el suelo, y de esta manera, impedir que las partículas se esparzan por el viento a las zonas aledañas. Sin embargo, este método no tiene la misma eficiencia en todos los casos, ya que, dependiendo del clima, el calor, la humedad, etc., el agua no tiene la misma duración.

Este estudio se realizará en función de las características climáticas de las distintas regiones del país, utilizando como ejemplo principal, la Comuna de Cabildo, ubicada en la V región de Valparaíso. De acuerdo con lo dicho, se estudiarán métodos para el ahorro en las aguas, considerando las características que poseen cada uno.

Uno de los métodos más factibles para el ahorro del agua es la disminución de polvo en carreteras mineras, ya que permite poder optimizar el recurso hídrico entre un 0,1% y un 15% del gasto del agua total en una mina.

El estudio en específico de la disminución del material particulado suspendido en el aire recae netamente en los llamados “supresores de polvo”, estos son los encargados de modificar las propiedades físicas de la superficie para luego agrupar y capturar las partículas, generando cuerpos más voluminosos y pesados, evitando así la polución.

Es por esta razón que el estudio se centrará en lo que son los supresores de polvo, una medida en la que se utiliza el agua como una de las medidas para la supresión de éste, y de esta manera reducir considerablemente el gasto del recurso hídrico en esta faceta de la minería.

1.2 CLASIFICACIÓN

Como se dijo con anterioridad, se trabajará en relación a los supresores de polvo, los cuales tienen una gran variedad de métodos para la disminución o eliminación del polvo en suspensión en una determinada zona, en este caso, en las carreteras mineras, por las cuales circulan un gran número de vehículos, muchas veces por día, lo que hace que el polvo que hay en los suelos se levante, y con ayuda del viento se desplace a lugares no deseados, como ecosistemas cercanos, pueblos aledaños o incluso a las mismas zonas en donde se encuentran los trabajadores de la mina. Esto puede producir un gran número de problemas a la fauna o a la salud de la gente, ya que el polvo producido por las mineras tiene una cantidad considerable de metales que no son buenos para la salud por ningún motivo, produciendo enfermedades respiratorias, como la silicosis entre las más conocidas.

Sin más preámbulos, se pueden encontrar variadas formas y prácticas para evitar el polvo en suspensión en las carreteras mineras: agua, productos bituminosos, sales y cloruros, polímeros sintéticos, productos orgánicos no bituminosos, productos electroquímicos, entre otros, cada uno de los recién mencionados tiene sus respectivas ventajas y desventajas, dependiendo del clima, condiciones del mineral, etc.

1.2.1 Agua

Como se ha mencionado anteriormente, el agua evita que el polvo se levante, pero su duración es muy corta, se estima que, dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente, su duración es de 30 minutos hasta doce horas, y funciona mejor en caminos poco transitados, pero la realidad de la minería chilena es que en su gran mayoría se encuentra en el norte o en zonas calurosas, por lo que no es conveniente usar agua.

1.2.2 Polímeros Sintéticos

Las propiedades de estos polímeros hacen que las partículas del suelo se ligan entre sí, haciendo que la superficie se endurezca y consiga una tensión de rotura de hasta 10 veces lo normal, aunque esto no impide que se escape polvo cuando la superficie está saturada. El punto negativo de este supresor es que, debido a sus propiedades poco elásticas tiende a resquebrajarse cuando se ve expuesto a agua, humedad o temperaturas muy bajas, haciéndolo poco recomendable en climas con estas características.

1.2.3 Productos orgánicos no bituminosos

Existen en tres variedades: los lignosulfonatos, los aceites vegetales y las melazas.

Los lignosulfonatos son una buena opción al momento de elegir, ya que promueven la ligazón del suelo, tienen propiedades plásticas positivas, lo que no hará que se

resquebrajen, permitiendo la compactación del suelo cuando éste es arcilloso. Su punto en contra es que en presencia de lluvia su eficiencia baja considerablemente, hasta el punto de ser destruida, ya que son productos muy solubles, por lo que no tienen una superficie hidrorrepelente que evite estos efectos.

Los aceites vegetales son una mezcla de glicéridos provenientes de semillas o frutos, hacen que las partículas del suelo se aglomeren formándose una costra que evita que el polvo se suspenda. Su lado negativo es que tienen una muy corta duración.

Las melazas son derivados de la caña de azúcar, y al igual que los anteriores, ligan temporalmente las partículas del suelo, pero su durabilidad es poca, por esta razón hay que estar constantemente aplicándolas. Su otro lado negativo es su solubilidad, lo que hace que en presencia de lluvias o humedad no rindan.



Fuente: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140849>

Figura 4 "Aspecto de lignosulfonato"

1.2.4 Productos electroquímicos

Generalmente derivan del petróleo sulfonado y de otros productos altamente iónicos, algunos ejemplos son los aceites sulfonados, enzimas y cloruro de amonio. Su efecto en las tierras es la expulsión del agua que ha sido adsorbida, incrementando la compactación del suelo por la eliminación de burbujas de aire entre partículas. Su lado negativo es que son muy dependientes de la composición mineral que tenga el suelo al que son aplicados, ya que como se mencionó anteriormente, son derivados de productos iónicos, así que no cualquier mineral tendrá las propiedades correctas para que estos productos actúen correctamente.



Fuente: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140849>

Figura 5 "Cloruro de Amonio en polvo"

1.2.5 Sales y Cloruros

Las más utilizadas son el cloruro de calcio y el cloruro de magnesio, y su funcionalidad es la supresión del polvo en relación con la atracción de humedad del ambiente. El cloruro de sodio no se utiliza mucho en regiones áridas, ya que empieza a absorber agua cuando la humedad del ambiente está sobre un 75%. El cloruro de calcio absorbe la humedad del ambiente en función de la humedad relativa y la temperatura del entorno, es decir, mientras más temperatura haya, menos poder de absorción tendrá, y al igual que el cloruro de sodio, es más efectivo en lugares húmedos y fríos. El cloruro de magnesio incrementa la tensión superficial, incluso más que el cloruro de sodio, pero necesita por lo menos un 32% de humedad en el ambiente, sin importar la temperatura, para empezar a absorber agua.

Las sales son más eficientes que el agua, sin embargo, su dependencia de la humedad y no impermeabilidad hacen que su composición migre del camino al ambiente, lo que produce un cambio de salinidad y pH en el suelo.



Fuente: <http://www.quimpac.com.pe/cloruro.html>

Figura 6 "Aplicación de Cloruro de Calcio líquido, denominado QUIM KD40"

1.2.6 Productos Bituminosos

Éstos aglomeran las partículas finas manteniéndolas en su lugar, también encapsulan y estabilizan la superficie de rodado, con propiedades de visibilidad y seguridad, actuando de forma similar al pavimento, mientras que estando en condiciones adecuadas, la superficie puede llegar a durar más de un año. Entre sus propiedades encontramos que son insolubles al agua, no presentan evaporación y son muy resistentes al rodado y presentan un alto punto de tensión de rotura, traspasando su fortaleza desde la base a la superficie.

Hay algunas emulsiones asfálticas que pueden ser complementadas con aglomerantes y emulsificantes, y su importancia es alta, ya que impiden que se lixivie el agente bituminoso que se encuentra en la emulsión.

Las emulsiones que tienen un alto contenido bituminoso, generalmente superior a un 50%, son las más efectivas, ya que son hidrorrepelentes, tienen alta resistencia al rodado y a cargas de agentes externos, y no son resbaladizas en presencia de agua o humedad.

La aplicación de este tipo de productos está sujeta firmemente a la cantidad de kilómetros a asfaltar, ya que tiene mayores costos de operación los cuales se ven reflejados en los beneficios asociados a permeabilidad y duración, por lo que para proyectos de corta duración no sería rentable.



Fuente: <http://www.construccionminera.cl/control-de-polvo-en-mineria-tecnologia-seguridad-y-eficiencia/>

Figura 7 "Carretera preparada con productos bituminosos"

1.3 PRODUCTOS

Hay varias empresas que se dedican al desarrollo, venta e implementación de supresores de polvo, una de las más importantes a nivel nacional y latinoamericano es Dust Control S.A., la cual fue creada en el año 2000 con el objetivo de solucionar el control de polvo en las carreteras. Esta empresa vela por calidad, seguridad y control ambiental, por lo que ha desarrollado una serie de métodos que puedan servir para el ahorro del agua y no dañar las zonas aledañas. Algunos de sus productos son los siguientes:

1.3.1 Fitosoil Forte

Supresor de polvo y estabilizador de carpetas de rodado granular, formulado en base a productos de origen vegetal y mineral, especialmente elaborado para un control eficaz de emisiones difusas y mejoras estructurales de carpeta de rodado.

<u>Ficha técnica:</u>	
- PH	igual o mayor a 4,2 (ácido)
- Olor	Dulce
- Tasa de corrosividad	menor a 1,0 mm/año (Ensayo EPA 1110 -A)
- Densidad	1,1 – 1,3 gr./ ml
- Color	Marrón
- Producto biodegradable	
- Solución acuosa	

Observaciones: Se utiliza mayormente en locaciones en donde hay un tráfico de maquinaria no tan pesada, como caminos que sirven para llegar a la labor de carguío; y además su rendimiento va disminuyendo paulatinamente.

1.3.2 CBR-PLUS

Estabilizador Iónico de carpetas de rodado granular representado exclusivamente en Chile por Dust Control, está basado en un compuesto aniónico sintético con propiedades activantes de superficies que reduce la plasticidad del suelo, el hinchamiento y el desprendimiento de polvo. A su vez aumenta la densidad óptima y el valor soporte.

<u>Ficha técnica</u>	
- Tambor de 100 Lts, 50 Lts. y Balde de 20 Lts.	
- Contenido de sólidos (%):	23 como mínimo (Secado a 110°C máximo)
- Totalmente dispersable en agua	
- No inflamable	
- No corrosivo	

- No peligroso
- No tóxico (Certificación INTI)
- Totalmente benigno para el usuario y el medio ambiente

Observaciones: Al igual que el producto anterior, CBR PLUS funciona como un estabilizador de caminos, permitiendo la circulación de vehículos de bajo tonelaje, ya que en el caso contrario podría terminar resquebrajando la costra superficial y degradando las características del producto

1.3.3 Cover Dust

Costrante superficial, Producto fabricado por Dust Control para la mitigación de emisiones en stock pile, cintas transportadoras, etc., formulado en base a macromoléculas vegetales de alto peso molecular, las cuales tienen propiedades aglutinantes, humectantes y quelantes.

<u>Ficha técnica</u>	
- Tambor de 200 Lts. y Totebins de 1.000 Lts.	
- Materia Orgánica (MO):	30%
- Materia Mineral Total:	23%
- Nitrógeno (como N):	1.4%
- Nitrógeno Mineral:	1.2%
- Fosforo (como P2O5):	0.5%
- Potasio (como K):	7.3%
- Sulfatos (como SO4):	0.8%

Observaciones: Según los datos recabados por parte de “Dust a Side”, este supresor genera una reducción en la actividad biológica en donde se aplica producto de la decoloración del agua. Es de fácil lavado gracias a su solubilidad, lo que también significa que no impermeabiliza el camino.

1.3.4 Petrosoil

Es una emulsión de bitumen asfáltico y sustancias de alto peso molecular de origen vegetal, y modificadores de tensión superficial. Sus principales características son: alta estabilidad y alta capacidad de dilución.

<u>Ficha técnica</u>	
- Aspecto (color):	Marrón oscuro.
- Estado físico:	Líquido viscoso (antes de la dilución)
- Olor	Dulce.
- PH solución acuosa al 10%:	Neutro
- Temperatura de ebullición:	100°C a 1 atm msnm.

- Temperatura de fusión:	No aplica.
- Temperatura de auto inflamación:	> 350°C (residuo seco del PETROSOIL®).
- Temperatura de descomposición:	> 300°C (residuo seco del PETROSOIL®).
- Punto Flash:	No aplica al producto carece de solventes
- Densidad a 25 °C 1 atm	1,1 gr. /cm ³ +- 0,1
- Solubilidad en agua a 20°C:	Soluble antes de curar

Observaciones: Supresor de larga duración que posee gran capacidad impermeabilizante, lo cual se refleja en la disminución en los ciclos de riego. La ventaja que posee este producto es que no se ve afectado en el caso de que haya que hacer una reparación en el camino

1.3.5 Corpi Dust

Es un polímero a base lignosulfonato cálcico de baja viscosidad generado a partir de la resina de un árbol. Se caracteriza por estabilizar carreteras de manera amigable con el medioambiente. Producto soluble.

<u>Ficha técnica</u>	
-pH (10% solución):	2 – 7
-Materia seca (%):	55 ± 2
-Insolubles (%):	Máx. 2
-Azufre total:	6%
-Color:	Marrón
-Densidad (25°C):	1,285ton/m ³
-Viscosidad (25°)	250 mPa _s

Observaciones: Producto que aumenta la tracción del suelo. La fuerza de este supresor está ligado directamente al tiempo de curado que se emplee, lo cual no permite una circulación inmediata.

1.3.6 Road Salt

Existen dos tipos:

1) Road Salt-TSP, el cual es un tratamiento supresor de polvo que tiene forma de cristales de sal gema, y es obtenida del Salar Grande de Tarapacá, el cual está compuesto en su mayoría por cloruro de sodio y que cementa y cohesiona las partículas del suelo, formando así una masa homogénea que no contamina y evita el desprendimiento del suelo.

2) Road Salt-TES, el cual es un estabilizador de suelos, y al igual que el anterior, enfrenta en forma concreta la suspensión de polvo en carreteras, pero además influye positivamente en la calidad de la superficie de rodado.

<u>Ficha técnica</u>	
- Aspecto	cristales sólidos y secos de color blanco.

- Olor	inodoro
- Sabor	posee un sabor característico
- Densidad	1.35t/m ³ a 20°C
- Solubilidad de agua	360 gr/lt.

Observaciones: Road Salt TES mejora la estructura de la carpeta gracias a las propiedades físicas del sodio que, al mezclarse con las partículas finas del lugar de aplicación formando nuevos componentes con sus respectivas propiedades.

1.3.7 ROADMAG (Bischofita)

La Bischofita es un compuesto de Cloruro de Magnesio Hexahidratado que cumple su función como un estabilizador químico y controlador de polvo para caminos no pavimentados. Físicamente es una solución incolora, cristalina y carente de olor la cual es formada por salmueras ricas en Magnesio presentes en el salar de donde se extrae. Cumple su función aglomerando las partículas finas del terreno gracias a su alta higroscopicidad, lo que quiere decir que funciona captando la humedad presente.

<u>Ficha técnica</u>	
-pH:	4,7
-Olor:	inodoro
-Punto de fusión:	116 – 118°C
-Densidad aparente:	0,85 - 0,9 Ton/m ³ (promedio)
<u>Datos Químicos garantizados (% peso)</u>	
-Cloruro de Magnesio, Hexahidratado:	84-95%
-Cloro:	29-40%
-Magnesio:	10-12,8%
-Agua total	50-55%
-Litio	0,10-0,60%
-Otros	1,0-10%

Observaciones: reduce la cantidad de agua requerida, la pérdida de material granular y los costos de conservación vial y de operación de los vehículos. Uso inmediato del camino al término de la construcción. Si se construye y especifica en forma adecuada puede durar más de tres años sin mantenciones mayores, con una aplicación totalmente fácil, ya que sólo se reemplaza el agua de compactación con una solución del producto, además de tener un uso rápido, ya que se puede usar de forma casi inmediata después de haberse aplicado, y una calidad excelente de desempeño, comparada a un camino con tratamiento asfáltico.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE CLIMAS EN LAS DISTINTAS ZONAS

2.1 CLIMAS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR A NIVEL PAÍS

2.1.1 Desértico Costero

Tiene una extensión que va desde Arica hasta Valle del Elqui aproximadamente. Es una porción de faja costera paralela al mar y que no llega más allá de la Cordillera de la Costa. Suele tener temperaturas altas y homogéneas y se caracteriza por su alta humedad, bajas precipitaciones y poca variación a través del año. En sectores húmedos crecen cactus y hierbas. La mayor parte de los asentamientos humanos de esta zona se encuentran en la costa. El mes más cálido en Arica es de 22,1°C y el más frío 15,8 °C.

2.1.2 Desértico Normal

Aparece desde el límite del norte del país hasta Vallenar aproximadamente, y tiene dos modos de manifestarse: hasta Copiapó posee aridez, mientras que de Copiapó hasta Vallenar presenta semiaridez. Posee una gran variación diaria en su temperatura, la que puede alcanzar los 35°C, con muy pocas precipitaciones y cielos con sequedad atmosférica, mientras que en la zona árida las temperaturas van de los 18°C en la época más calurosa, mientras que en la más fría alcanza los 11°C, con una oscilación térmica que puede alcanzar los 35°C. En esta zona se puede llegar hasta bajo cero en horario nocturno.

2.1.3 Desértico y Estepárico de Altura

Se presenta por sobre los 2.500 metros de altura en la Cordillera de los Andes, la temperatura en la zona norte desciende hasta llegar a un clima frío, habiendo lluvias en verano. En el clima estepárico de la altura, las lluvias son relativamente abundantes con un promedio anual de 350 milímetros, y las temperaturas son muy bajas, llegando a mínimas de grados bajo cero.

En el sector desértico de altura, a unos 2850 metros aproximadamente, el promedio anual de temperatura desciende a 15,5°C y aumenta la pluviosidad a 60,5mm

2.1.4 Estepárico Costero

Se encuentra desde el Valle del Elqui hasta Zapallar aproximadamente, es abundado de nubosidad y densas nieblas, alcanzando una temperatura promedio de 14,7°C y una pluviosidad de 133 milímetros.

2.1.5 Estepárico Interior

Está ubicado desde el interior de Vallenar hasta la cuenca del río Aconcagua. Es un clima seco y tiene muy pocas lluvias a lo largo del año, aunque tiene bastante humedad atmosférica y temperaturas elevadas que se dan principalmente en el sector costero.

2.1.6 Mediterráneo Seco

Se ubica desde Aconcagua hasta el Maule aproximadamente. Es un clima templado con estación seca y lluvias que principalmente se dan en el invierno, con una pluviosidad

normal de 356 milímetros. La magnitud de la Cordillera de la Costa influye para que los rasgos marítimos no suavicen la temperatura del interior, por lo que podemos explicar la diferencia de temperaturas entre Santiago y Valparaíso, por ejemplo.

2.1.7 Mediterráneo Seco y Húmedo

Corresponde a otra variante del clima mencionado anteriormente, en el cual existe una estación húmeda y seca equivalente. El territorio que abarca está ubicado entre el sur de la cuenca del Maule hasta los alrededores de la ciudad de Traiguén (región de la Araucanía), en donde la pluviosidad puede llegar a superar los 1000 milímetros de promedio anual y la temperatura varía de un sector al otro, siendo en el norte en donde los veranos son más cálidos que en Santiago con gran frecuencia, mientras que, la media de lugares como Concepción sólo alcanzan los 13°C.

2.1.8 Templado Lluvioso

Se ubica entre la cuenca de Cautín (región de la Araucanía) y el norte de Puerto Montt. Las temperaturas anuales son poco variables y muy regulares, siendo con generalidad inferiores a 12°C hacia el sur. Tiene una pluviosidad muy elevada, llegando a llover todos los meses del año, pero con mayor intensidad y frecuencia en invierno, alcanzando los 1.345 milímetros en Temuco y aumentando irregularmente hacia el sur.

Los lagos ubicados junto a la Cordillera de los Andes ayudan a que el clima suavice, sintiéndose en ocasiones la influencia de cálido sector de Puelche (Puerto Varas), a pesar de que los vientos N y W sean los dominantes.

2.1.9 Marítimo Lluvioso

Está ubicado entre Puerto Montt y la península de Taitao (región de Aysen), abarcando tanto la franja marítima continental como las islas del sector. Las temperaturas son más bajas que en el anterior clima templado lluvioso, aunque la pluviosidad aumenta, alcanzando los 3.000 milímetros promedio.

2.1.10 Estepario Frío

Se presenta en sectores andinos a la altura de Coyhaique y se puede encontrar una menor pluviosidad que el clima anterior. Alcanza temperaturas en enero de 15,2°C mientras que las mínimas se ubican bajo cero, y su pluviosidad promedio es de 1485 milímetros, aunque en la localidad de Balmaceda ésta disminuye a 720 milímetros anuales.

2.1.11 Tundra

Se da en las islas del extremo sur, en zonas en que las temperaturas son bajas todo el año y hay abundantes precipitaciones. Son extensiones pantanosas y húmedas principalmente.

2.1.12 Hielo de Alturas y Clima Polar

Predomina en las cumbres cubiertas de hielo y nieves eternas que se presentan a lo largo de todo el país (incluso desde el norte).

El clima polar se manifiesta en la Antártica, en donde la lluvia líquida es muy poca, sin embargo, la sólida es muy frecuente, en la Base O'Higgins, la temperatura registrada en enero (mes más caluroso) es de 0°C, mientras que, en julio, ésta puede alcanzar los -12°C.

2.2 REGIÓN DE VALPARAÍSO

2.2.1 Tipos de Clima presentes en la V Región

En General, la quinta región tiene un clima templado mediterráneo, sin embargo, hacia el norte del río Aconcagua podemos encontrar la semiaridez, mientras que en el litoral y el frío de altura predomina un clima más húmedo y el mediterráneo costero respectivamente. Sin embargo, los tres climas predominantes en la región son los siguientes:

Clima de estepa con gran sequedad atmosférica: este clima se presenta en los valles interiores, limitando por una parte con la IV región, y por otra con la comuna de Cabildo, en la cual nos centraremos más adelante. Gracias a la baja humedad atmosférica en la zona, sus cielos son puros, despejados y con una alta luminosidad la mayoría del tiempo. Las lluvias son muy irregulares y a su vez escasas, por lo que en el valle de Petorca y La Ligua las sequías son frecuentes, a pesar de los 200 milímetros anuales que caen principalmente en invierno, y su origen es ciclónico, es decir, son producidas por las diferencias de presiones, y no de temperaturas, como generalmente sucede. Esta zona no tiene influencia oceánica, por lo que la temperatura tiene varias oscilaciones a lo largo del año, siendo la sequedad la más abundante, con aproximadamente una duración de 6 meses.



Fuente: <http://www.gorevalparaiso.cl/clima.php>

Figura 8 "Comuna de Cabildo"

Clima templado cálido con lluvias invernales y con estación seca prolongada de gran nubosidad: la ubicación de este clima corresponde al sector costero, y se caracteriza por la gran cantidad de nubosidad que se presenta anualmente, aunque en invierno se presenta con mayor intensidad, también en forma de nieblas y lloviznas, lo que produce que las amplitudes térmicas sean bajas a lo largo del año en general. La diferencia de temperatura asociada entre el mes más caluroso y el más frío a lo largo del año no supera los 6°C, y la diferencia diaria entre la temperatura máxima y mínima también es muy baja, con 7°C aproximados en verano, y sólo 5°C en invierno. Tiene una humedad atmosférica alta, alcanzando un valor medio de 82%



Fuente: <http://www.gorevalparaiso.cl/clima.php>

Figura 9 "Sector costero de Valparaíso"

Clima Templado Cálido con lluvias invernales y con estación seca prolongada: este clima va desde la sección media del Valle del Aconcagua, cubriendo también el sector de la cordillera de la costa que pertenece a la región. Su principal característica es ser un clima templado mientras más cerca esté del litoral, factor que varía mientras más se acerca a la Cordillera de la Costa. Como la influencia del océano va disminuyendo, las variaciones térmicas durante el día y las estacionales se hacen heterogéneas, lo que produce que la humedad relativa disminuya. Las heladas se vuelven mucho más frecuentes en invierno, y esta frecuencia aumenta a medida que se va ascendiendo a la Cordillera de Los Andes.



Fuente: <http://www.gorevalparaiso.cl/clima.php>

Figura 10 "Valle del Aconcagua"

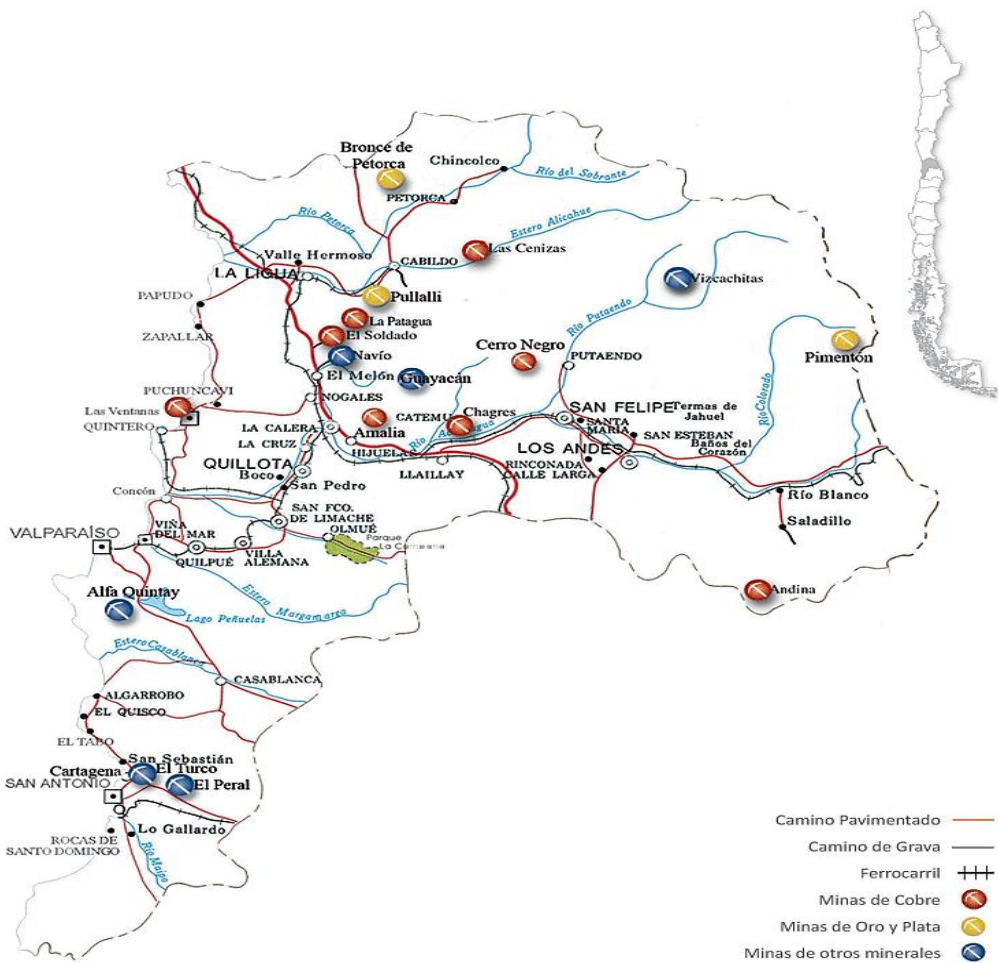
2.2.2 Principales Minerías de la Región

Como es constante a nivel nacional, a medida que se avanza hacia el sur, la cantidad de mineras van disminuyendo, aunque se mantiene la misma cantidad que se dedican a la extracción mayoritaria de cobre, mientras que las de oro y otros minerales, aunque hay en gran cantidad, no abundan como la mencionada con anterioridad.

Ventanas (1964): Fundición y refinería ubicada a 35 km al norte de Viña del Mar en la localidad de Las Ventanas, por lo que su altura es muy poca, perteneciente a Codelco.

Chagres (1917): Fundición ubicada a 400 msnm, parte de Anglo American Sur, en Catemu, dedicada a la fundición.

Andina (1970): Mina (subterránea y mina a rajo abierto) ubicada al noreste de Santiago, a una altura entre 3700 y 4200 msnm aproximadamente. También pertenece a Codelco (cuenta con las reservas minerales más importantes de ésta), y sus productos son el cobre y el molibdeno.



Fuente: <http://www.cesarsafe.blogspot.cl>

Figura 11 "Actividad minera en la región de Valparaíso"

En la quinta región de Valparaíso se encuentran variados climas, por sus sectores costeros principalmente, sin embargo, los climas en los que se encuentran Ventanas, Chagres y Andina son bastante marcados. En Ventanas, predomina el templado de tipo mediterráneo costero, lo que conlleva mucha humedad y bastantes precipitaciones en invierno principalmente. En el caso de Chagres, el templado de tipo mediterráneo cálido es el predominante, por lo que la sequedad es la predominante en este sector, teniendo precipitaciones muy a lo lejos, propias del invierno. Mientras que en Andina encontramos el clima frío de altura, con poca humedad y principalmente nieve.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, los supresores más indicados para Ventanas serían nuevamente las sales y cloruros, por su capacidad de absorción de agua, con el requisito de tener una alta humedad en el ambiente, factor que sí se cumple en Ventanas. En Chagres, las características son totalmente opuestas, por lo tanto, lo más recomendables con los productos orgánicos no bituminosos, tanto los lignosulfatos como las melazas, como también los polímeros sintéticos. Mientras que, por su gran dificultad de clima, el supresor recomendado para Andina, son los productos bituminosos, por su gran altitud y frío ambiente, la resistencia de los derivados del asfalto es lo idóneo en estos casos.

2.2.3 Comuna de Cabildo

Cabildo es una comuna ubicada en la provincia de Petorca, en la región de Valparaíso. Está situada a 140 kilómetros de Valparaíso y 180 kilómetros de Santiago, con una superficie de 1455 km² y una población aproximada de 20500 habitantes. Es parte de la zona intermedia de la Región, siendo el inicio del río Ligua.



Fuente: Elaboración propia, Programa Google Maps

Figura 12 "Mapa de Cabildo"

Su clima está ubicado dentro de la clasificación de estepa con sequedad atmosférica, por lo tanto, sus cielos están despejados la mayor parte del tiempo, lo que garantiza una baja humedad atmosférica a lo largo del año, pero una alta luminosidad y cielos despejados. Hay frecuentes sequías en el valle de Petorca en general, por las irregulares y escasas lluvias presentes en el sector, a pesar de los 200 milímetros anuales, los que caen principalmente en invierno. Cabildo no tiene influencia oceánica, por lo que la temperatura alcanza bastantes grados Celsius en verano, pero registrándose temperaturas bastante heladas en las zonas bajas en invierno.

En esta localidad, las principales fuentes de ingresos son la agricultura, por su gran cantidad de metros cuadrados de campo, la cual coexiste con la minería, en donde la Minera Las Cenizas ejecuta sus procedimientos en medio del pueblo.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE PLAN DE APLICACIÓN

3.1 Grupo Minero Las Cenizas

El Grupo Minero Las Cenizas se confirma en junio de 1978 en Cabildo, luego de la compra de los equipos pertinentes y la instalación de su planta de minerales, creando así la Sociedad Legal Minera Las Cenizas 1 de Cabildo.

Diez años más tarde, dicha sociedad amplía su alcance en el rubro incorporándose en la minería del oro en la localidad de Alhué (región metropolitana), aunque hoy en día no cuenta con este proyecto debido a su posterior venta.

Para 1990 logran desarrollar el Proyecto de Lixiviación de Óxidos de Copiapó en la localidad de Carrera Pinto (III Región). En 1995 se da inicio al proyecto Las Luces, el cual consta de una mina subterránea y planta concentradora. Estas instalaciones en Taltal (II Región). Luego, en 2008 a 80 kilómetros al noreste inicia sus operaciones la mina subterránea Altamira.

Para el 2011, la sociedad da arranque al Proyecto Óxidos Taltal, constituido por la mina Aguilucho y una planta de lixiviación.

Finalmente, culminando el 2014, comienza sus operaciones el yacimiento a rajo abierto Barreal Seco, el cual explota minerales oxidados de cobre, al interior de Taltal.

3.1.1 Las Cenizas (Cabildo)

La faena de Cabildo es la que se seleccionó para llevar a cabo la propuesta del plan de aplicación del supresor de polvo, debido a la cercanía de la empresa frente a la investigación realizada, ya que se encuentra en una zona cercana, que pudo ser visitada para recopilar los datos necesarios para el hipotético desarrollo de la propuesta.

Esta faena está localizada en la comuna de Cabildo, en la provincia de Petorca, donde tiene función una planta concentradora que se encarga del proceso de 85 mil toneladas de mineral mensualmente, el cual proviene de la misma mina, de minas de terceros, y del poder de compra de ENAMI.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 "Entrada Grupo minero las cenizas Cabildo)

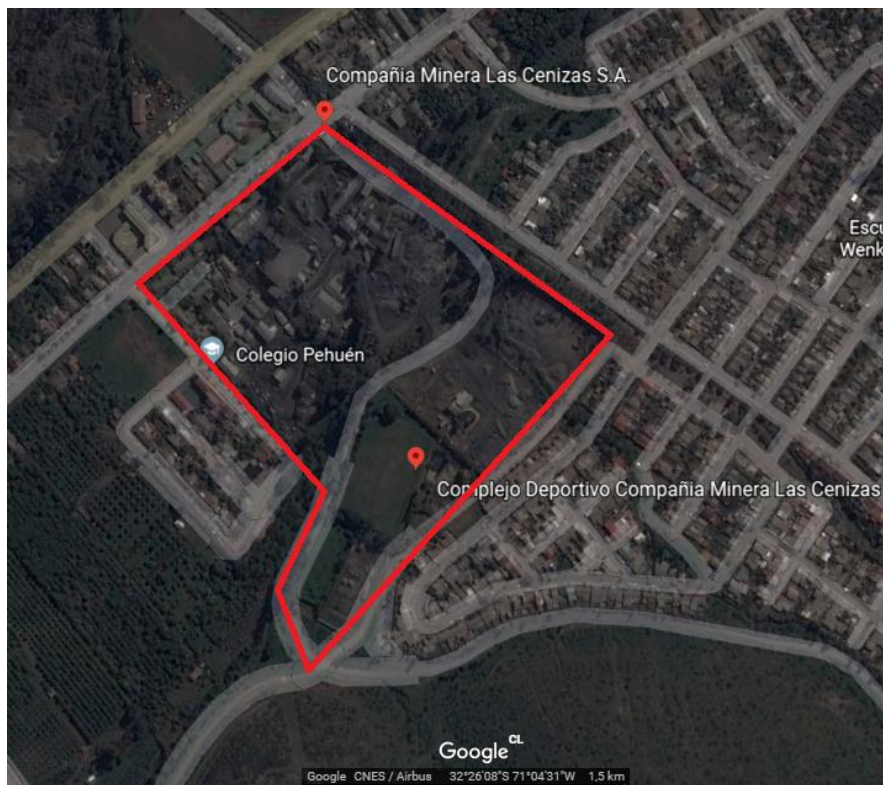
Las operaciones que son ejecutadas en esta planta son la de la Planta Concentradora de Minerales, la Mina Sauce, la Mina Margarita y el depósito en pasta de Peñablanca.

En esta planta se pueden encontrar dos tranques de relave; el primero es el Tranque 4, el cual está en proceso de reforestación, mientras que el segundo es el Tranque Forestado, el que, como indica su nombre, ya ha sido forestado con árboles.

Dicho establecimiento cuenta con una carretera de doble sentido la cual posee una longitud de 500 metros aproximadamente desde la entrada hasta el punto de descarga (en donde se realiza el acopio de material). Por dicha carretera circulan habitualmente camiones de carga, vehículos propios de la empresa y camiones aljibe, los cuales se encargan de suministrar agua al terreno como método de supresión de polvo.

El uso de este recurso depende directamente del clima presente al momento de la aplicación, ya que ante mayor temperatura el camión debe pasar con mayor frecuencia en contraste a un clima menos cálido, debido a esto el consumo varía en un rango 12000 a 36000 lts/día. Estos valores entregados por la empresa comprenden un valor aproximado de lo empleado en un día laboral, en el mejor de los casos en donde se presenta una temperatura entre 5 y 15 °C el consumo será inferior. Mientras que, cuando las temperaturas están sobre los 25°C es necesaria la aplicación en varias ocasiones.

Este consumo se justifica por las características del camión utilizado el cual comprende una capacidad de 20000 lts los cuales son suministrados al terreno por medio de 48 aspersores, y que poseen un caudal regulable de hasta 583 lts/min. Su velocidad de operación promedio es de 5 km/h.



Fuente: Elaboración propia, Programa Google Maps

Figura 14 "localización del Grupo Minero las Cenizas"

3.2 ANTECEDENTES GENERALES DEL TERRENO

Se busca proponer un plan de aplicación, el cual comprende de una lista o enumeración de los pasos a seguir al momento de la aplicación de un producto, proceso o indumentación, dependiendo de la problemática y el sector en donde éste se quiera implementar.

Lo que se quiere lograr, es de plan de aplicación para la Minera Las Cenizas, ubicada en Cabildo, por lo cual hubo que conseguir datos sobre ésta, con las problemáticas presentes en cuanto al supresor actualmente utilizado, datos pertinentes sobre el camino sobre el que transitan los vehículos, entre otros.

Para otorgar una propuesta que esté de acuerdo con las características de la minera, hay que tener en cuenta algunas características de ésta, las que estarán estrictamente relacionadas con la aplicación del producto, tales como:

3.2.1 Área de Trabajo

El área de la carretera en la que es aplicada el agua utilizada en Las Cenizas tiene unas dimensiones aproximadas de 500 metros de longitud desde la entrada hasta el punto de descarga (en donde se realiza el acopio de material), y un ancho de prácticamente 10 metros, en los que cada una de las dos vías tiene 5 metros de ancho, por lo que el área a cubrir es de 5000m² aproximadamente, teniendo cada vía 2500m² aproximados.



Fuente: Elaboración propia, Programa Google Maps

Figura 15 "Área a trabajar (aproximadamente)"

3.2.2 Dosis del recurso hídrico

El uso de este recurso depende directamente del clima presente al momento de la aplicación, ya que ante mayor temperatura el camión debe pasar con mayor frecuencia en contraste a un clima menos cálido, debido a esto el consumo varía en un rango 5000 a 15000 lts/día. Estos valores entregados por la empresa comprenden un valor aproximado de lo empleado en un día laboral, en el mejor de los casos, en donde se presenta una temperatura entre 5 y 15 °C el consumo será inferior. Mientras que, cuando las temperaturas están sobre los 25°C es necesaria la aplicación hasta en un triple de lo que se llevaría a cabo en un día con menos temperatura.

3.2.3 Vehículo Utilizado

Para justificar el consumo dado por la empresa, se pueden tomar en cuenta las características del camión utilizado, el cual comprende de una capacidad de 20000 lts., los cuales son suministrados al terreno por medio de aspersores, y que poseen un caudal regulable de hasta 35 m³/h y su velocidad de operación promedio es de 5 km/h, por lo que si se observa la cantidad de litros utilizada por día en condiciones de temperaturas promedio, se puede concluir que en cualquier época del año, el camión necesitará de máximo 15000L de agua en su estanque., ya que tiene que pasar tres veces por la carretera en los días más calurosos.

3.2.4 Dimensionamiento de Maniobra

Para la correcta distribución del riego del camino, y de las cantidades de agua utilizadas, se emplean los siguientes cálculos:

Es sabido que, por cada metro cuadrado a regar, la profundidad que el agua alcanza es de 1mm por cada litro utilizado. En Las Cenizas: Cabildo la razón utilizada es la de 1L/m², por la preparación original de la vía de transporte.

Sabiendo esto, y teniendo los siguientes datos:

Como la carretera tiene medidas de 500m de largo y 10m de ancho:

$$500\text{m} * 10\text{m} = 5000\text{m}^2$$

Podemos calcular los litros necesarios para el total de la carretera:

$$1\text{L}/\text{m}^2 * 5000\text{m}^2 = 5000\text{L} = 5\text{m}^3$$

Como la velocidad es de 5km/h, podemos obtener el tiempo que se demora el camión en ir y volver:

$$(5\text{km}/60\text{min}) * (1\text{km}/x \text{ min})$$

$$x = 12 \text{ min} = 0.2\text{h}$$

Con estos datos, se puede calcular el caudal necesario para cumplir el regado:

$$5\text{m}^3/0.2\text{h} = 25\text{m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, el camión utilizado cumple los requerimientos para poder llevar a cabo la tarea de forma eficiente, ya que su capacidad y su caudal máximo son superiores a lo necesario.

Luego de conocer las aristas presentes en la zona en lo que respecta al clima, es posible generar una propuesta competente con el fin de satisfacer las necesidades expuestas al comienzo del presente trabajo, las cuales eran disminuir o suprimir el consumo de agua utilizado en el riego de carretera y utilizar el supresor más óptimo para lograrlo.

3.3 PROPUESTA

Gracias a los datos recabados en terreno en conjunto del apoyo teórico de empresas vanguardistas en el rubro lo más rentable en este caso sería la aplicación de las sales y cloruros, más específicamente la Bischofita, ya que según las condiciones climáticas y de las dimensiones que fueron entregadas por Las Cenizas, es el supresor que puede cumplir mejor la función de compactación de partículas, evitando de mejor manera la suspensión de polvo en el camino, y al mismo tiempo, reduciendo considerablemente el gasto de agua utilizado actualmente. Otra opción viable, pero, sin embargo, no tan rentable del punto de vista económico sería la aplicación de un producto bituminoso. En este caso se realizó el análisis en base al producto elegido de referencia (petrosoil).

3.3.1 Bischofita

Como ya se dijo anteriormente, la bischofita es el supresor más apto para este caso en particular, por sus propiedades en general y su bajo costo, el cual está avaluado en \$65+IVA por litro cargado de solución sobre camión, sin contemplar el gasto empleado en su transporte. Cabe destacar que la empresa consultada ofrece este valor a partir de un mínimo consumo de 10000lt o bien 10m³.

3.3.1.1 Estabilización de suelos

En laboratorios se han estudiado un gran número de sales (NaCl, CaCl₂, NaNO₃, Na₂CO₃, BaCl₂, MgCl₂, KCl), pero tanto la economía como su disponibilidad han hecho que solamente se utilicen algunas, siendo las más utilizadas el cloruro de sodio, el cloruro de calcio y cloruro de magnesio (bischofita).

La cantidad de aplicación para la bischofita depende exclusivamente de la profundidad que se le quiera dar a la estabilización, la cual variará dependiendo del criterio del jefe a cargo, pero siempre entre 15 y 40 cm. Su dosificación va entre los 60 a 90 kg/m³.

El material debe ser acordonado y mezclado en la cantidad necesaria para obtener el espesor y ancho requerido. La operación de mezclado debe repetirse las veces que sean necesarios para obtener la correcta homogeneización. Posteriormente, el material es distribuido uniformemente para luego ser compactado.



Fuente: <http://geocompact.com/escarificacion-en-estabilizacion-de-suelo>

Figura 16 "Escarificación de terreno"

Una vez terminado el proceso anterior, la superficie deberá presentar un aspecto uniforme, textura suave y ausencia de lugares con material muy grueso.

3.3.1.2 Supresión de Polvo

Luego de tener una superficie tratada y lista para el paso de los vehículos que circularán por ésta, se debe predisponer del vehículo a utilizar (cap. 3.2.2) para que riegue el camino con la bischofita disuelta en agua en la capa de rodadura granular, que al combinarse con el material fino de la capa de rodadura se cohesiona, formando así una superficie que impide la liberación de polvo y brinda una mayor estabilidad y durabilidad a la capa de rodadura.

La bischofita tiene la cualidad de ser altamente soluble en agua, por lo que se pueden disolver hasta 1.5kg de ésta en un litro de agua, y se recomienda su riego. Mientras que para usarlo como control de polvo se emplea una dosis de 3kg/m².

3.3.1.3 Dimensionamiento de la aplicación como supresor

En el caso de Las Cenizas Cabildo, no es necesario hacer un tratamiento de estabilización, ya que la carretera por la que circulan los vehículos ya está tratada, por lo que habría que aplicar la bischofita como supresor solamente.

Por lo tanto, si tenemos la carretera que mide 5000m², se utilizará un total de 15000kg de este supresor únicamente en la tarea de suprimir el polvo presente. Por la relación dada anteriormente, se puede decir que, si se utilizan 15000kg de bischofita, se emplearán 10000L de agua para que se forme la solución que será regada por las vías de transporte.

Según los datos arrojados anteriormente, serviría el mismo camión utilizado, ya que se utilizarían 10m³ de agua, y el camión tenía una capacidad de 20m³.

Sin duda, uno de los puntos más importantes que tiene este supresor es la duración que tiene, ya que si hacemos una comparación entre el agua utilizada como único recurso, se ocupan menos litros que el agua que se ocupa con bischofita, sin embargo, la duración de este supresor es sumamente alta, pudiendo alcanzar un mínimo de 2 meses de durabilidad si es que no hay lluvias considerables, por lo que si se aplica en una época comprendida en la

primavera hacia adelante, debería durar mucho más que lo mencionado. Tiene una capacidad de conservación por temporada, en la que debe ser reaplicada, y con muchas probabilidades de que tenga que ser en menor cantidad que la que se aplicó originalmente.

A continuación, se presentará en cuadro comparativo del gasto de agua en el regado de la carretera minera, en el cual se representará el peor de los casos de la bischofita (re aplicación cada dos meses) y el mejor y peor de los casos del agua sola.

Supresor utilizado	Aplicación diaria (m³)	Aplicación mensual (m³)	Aplicación anual (m³)
Bischofita	0.166	5	60
Agua (mejor de los casos)	5	150	1800
Agua (peor de los casos)	15	450	5400
Agua (promedio)	10	300	3600

Nota: las cifras estipuladas en la tabla son en el peor de los casos de la bischofita. Hay que mencionar también que los valores evidentemente variarán, ya que las condiciones climáticas no se pueden medir con exactitud, por lo que son valores aproximados a lo que realmente ocurriría en un caso real.

A continuación, presentaremos un cuadro comparativo entregado por “Easymag” de las dos aplicaciones en las que puede ser empleada la bischofita, en el cual se destacarán sus respectivas dosificaciones y duraciones a modo de respaldo de lo dicho anteriormente.

Bischofita		
Definiciones	Estabilización.	Supresión de Polvo.
Objetivo	Carpeta de rodado duradera y de alto nivel de servicio.	Control de polvo durante las estaciones secas del año.
Dosificación	60 – 90 kg/m ³ .	2 – 3 Kg/m ³ .
Tipo de Aplicación	Mezcla íntima.	Riego superficial.
Duración aproximada	Sobre 5 años siendo riguroso en procedimientos y dosificación (puede variar según el tipo de suelo).	Mínimo 2 meses sin lluvias considerables (puede variar según tipo de suelo).
Conservación	No requiere.	Reaplicación de cada temporada (posible menor dosis)
Reparación	Bacheos o perfilados puntuales.	No requiere.
Observaciones	No aporta capacidad estructural.	Se recomienda perfilar y se debe retirar material sobre tamaño antes de la aplicación.

3.3.2 Petrosoil

Esta opción, a diferencia de la anterior vendría a ser viable en caso de que se presentase un clima menos intenso a lo mencionado a favor de la bischofita, gracias a su gran capacidad impermeabilizante actuaría de manera ideal. Su gran desventaja, razón por la cual no es primera opción para aplicar, corresponde a su nivel de preparación e inversión

económica, ya que la aplicación del producto demanda una rigurosa preparación bastante similar a lo que podría ser un asfaltado (que independiente de la calidad del terreno, éste deberá ser escarificado y estabilizado para poder aplicar el producto íntimamente). Además, este producto requiere de varias aplicaciones para que puede tener cohesión con el terreno, dichas aplicaciones están ligadas al tránsito en toneladas de material, por lo que si la labor comprende de un tránsito pesado requerirá ser aplicado con mayor frecuencia llegando a un máximo de 3 veces por día.

3.3.2.1 Construcción de Carpeta Base

Una de las grandes diferencias entre productos bituminosos y sales, es que los primeros no necesitan un mayor tratamiento de estabilización para ser utilizados, debido a las propiedades más resistentes que poseen, y que promueve la ligazón entre éstos, pudiendo hacerse un tratamiento un poco más superficial respecto a otros supresores.

En el caso del producto bituminoso Petrosoil, se requiere la construcción de una carpeta base, la que será la que aguantará las presiones de los vehículos que circulen por ella, y obviamente cumplirá la función más importante, la que es atrapar el polvo para evitar que sea levantado por la circulación de autos o camiones.

Para la construcción de dicha carpeta, es necesario hacer un tratamiento en donde el agua utilizada es de 0,25L/m² y que dura tres días: el primer y segundo día se hace el mismo procedimiento, en el cual se requiere una concentración del producto de un 5%, por lo que estaríamos aplicando una cantidad de 0,0125L/m², esta cantidad se tiene que pasar 5 veces por cada punto, con una aplicación de 3 veces al día. Por lo que estaríamos hablando de una tasa de aplicación del supresor de 0,19L/m² y del agua de 3,75L/m². Mientras que, para el tercer día de aplicación, la concentración disminuye a la mitad, es decir, a un 2,5%, y sólo se regará una vez la carretera, aunque al igual que en las anteriores, 5 veces por punto, lo que resulta una tasa de aplicación de 0,02L/m² en el caso del supresor, y de 0,75L/m² para el agua utilizada.

A continuación, se presentará una tabla con los datos especificados con anterioridad:

Día	Concentración Riego Base %	Agua (Lts./m²)	PETROSOIL (Lts./m²)	Pasadas por punto	Aplicación Día	Tasa Aplicación (Lts./m²)
1	5,00%	0,25	0,0125	5	3	0,19
2	5,00%	0,25	0,0125	5	3	0,19
3	2,50%	0,25	0,006	3	1	0,02

3.3.2.2 Supresión de Polvo

Para una correcta funcionalidad al momento de evitar que haya polvo en suspensión, Petrosoil necesita hacer una mantención a sus carpetas. La mantención variará un poco

dependiendo de qué tipo de vehículos transiten por el camino en el cual está aplicado el supresor, y para esto hay desarrollados dos casos, el primero es para vehículos livianos, y el segundo es para camiones de extracción.

En el caso de los vehículos livianos, y al igual que en el caso de la construcción de carpeta base, se tiene que el agua debe ser de $0,25L/m^2$, y con una concentración del supresor de un 2,5%, por lo que estamos hablando de $0,006L/m^2$ de Petrosoil. Estas cantidades deben ser aplicadas 3 veces por punto, pero con una aplicación diaria, por lo que se tendría una tasa de aplicación de $0,02L/m^2$ en el caso del supresor, y de $0,75L/m^2$ en el caso del agua.

En el caso de camiones de extracción, las cantidades, ya sea de concentración como de pasadas por punto, la diferencia es que se hacen dos aplicaciones por día, por lo que la tasa de aplicación del supresor es de $0,04L/m^2$, mientras que la del agua es de $1.5L/m^2$. Cabe destacar que, en este caso, la tabla deberá corregirse permanentemente, en relación con el flujo de camiones de extracción que pasen por el camino. Hay que decir que los datos no sufren mucho cambio, sólo las veces por las que se debe pasar rociando el líquido, alcanzando un máximo de hasta tres veces al día.

A continuación, se presentará tabla con los datos presentados con anterioridad:

CAMINOS de VEHÍCULOS LIVIANOS						
Días	Concentración Riego Base %	Agua (Lts./m²)	PETROSOIL (Lts./m²)	Pasadas Por Punto	Aplicación Día	Tasa Aplicación (Lts./m²)
Cada 3 días	2,5%	0,25	0,006	3	1	0,02

CAMINOS de CAMIONES DE EXTRACCIÓN*						
Día	Concentración Riego Base %	Agua (Lts./m²)	PETROSOIL (Lts./m²)	Pasadas Por Punto	Aplicación Día	Tasa Aplicación (Lts./m²)
Cada 3 días	2,5%	0,25	0,006	3	2	0,04

3.3.2.3 Dimensionamiento

Contemplando el área a trabajar y las demandas de compra que impone la empresa (compra mínima del producto) sería posible trabajar aproximadamente $100000m^2$, lo cual está sobredimensionado respecto a la labor de $5000m^2$ de Minera Las Cenizas. Sin embargo, de igual manera realizaremos un dimensionamiento de acuerdo con lo que sería su aplicación.

Al igual que en el caso anterior, se tomará como referencia la carretera de $5000m^2$, por lo que, al saber la relación de supresor vs agua, la cual es de 1:20 respectivamente, y

teniendo la cantidad de solución a utilizar, la cual es $0,25\text{L}/\text{m}^2$, se puede hacer el cálculo de la cantidad a utilizar.

Para la creación de la carpeta, se sabe que la tasa de aplicación del producto seleccionado es de $0,19\text{L}/\text{m}^2$, y el del agua es igual a $3,75\text{L}/\text{m}^2$, y hay que aplicar estas cantidades los primeros dos días, por lo tanto, tenemos:

$$0,19\text{L}/\text{m}^2 * 5000\text{m}^2 = 950\text{L del producto}$$

$$3,75\text{L}/\text{m}^2 * 5000\text{m}^2 = 19000\text{L de agua}$$

Como los dos primeros días se ocupan las mismas tasas de aplicación, multiplicamos por dos los resultados anteriores, quedando:

$$950\text{L} * 2 = 1900\text{L de producto}$$

$$19000\text{L} * 2 = 38000\text{L de agua}$$

Como en el tercer día, las tasas de aplicación se reducen, puesto que pasa de ser una aplicación íntima a una superficial, se aplica una tasa del producto de $0,02\text{L}/\text{m}^2$, mientras que la del agua es de $0,75\text{L}/\text{m}^2$, por lo que la cantidad de litros a utilizar en el tercer día será de:

$$0,02\text{L}/\text{m}^2 * 5000\text{m}^2 = 100\text{L de producto}$$

$$0,75\text{L}/\text{m}^2 * 5000\text{m}^2 = 3750\text{L de agua}$$

Por lo tanto, en la construcción de carpeta base, tendríamos una cantidad de producto igual a: $1900\text{L} + 100\text{L} = 2000\text{L}$, mientras que la del agua es igual a: $38000\text{L} + 3750\text{L} = 41750\text{L}$.

Luego de tener confeccionada la carpeta base, se necesita una mantención cada tres días para mantener la cohesión del terreno, e ir previniendo el desgaste del mismo, ésta se lleva a cabo cada tres días, manteniendo los mismos parámetros dados en el último día de la construcción de base, por lo tanto, al igual que en la anteriormente nombrada se tendría una cantidad de 100L del supresor y 3750L de agua. Mencionando también, que sólo se utilizarán estos datos en la minera, ya que la circulación vehicular comprende vehículos de bajo tonelaje en comparación a los utilizados en la gran minería. Caso adverso sería si circularan vehículos de dichas características, puesto que su gran peso lograría romper la carpeta formada, degenerando los beneficios asociados a ésta tales como: la resistencia a la rodadura y la permeabilidad, entre otros. En dicho caso, la cantidad de aplicaciones diarias aumenta a un 200 y hasta un 300%.

3.3.3 Comparación de resultados

Después de haber cuantificado los datos obtenidos con anterioridad, se puede hacer una comparación entre ellos, enfatizando principalmente el uso de agua de cada uno de los procesos.

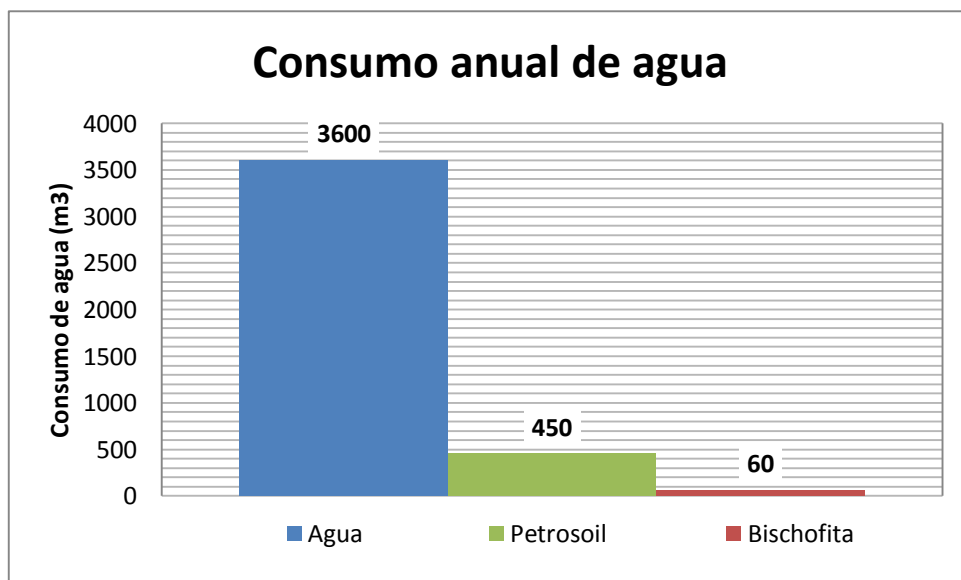
Supresor	Mensual (m ³)	Anual (m ³)
Agua promedio	300	3600
Petrosoil	37,5	450
Bischofita	5	60

Nota:

1.-Los datos del agua empleados en el cuadro fueron el promedio entre el peor y el mejor de los casos presentados para la aplicación de ésta, ya que es relativo debido al clima presente.

2.-Respecto al producto bituminoso (petrosoil) los datos recabados corresponden solamente a la aplicación superficial de éste, puesto que el camino presentado para ser trabajado ya cuenta con una estabilización (dato real entregado por la empresa).

Como podemos apreciar, el uso del agua como único supresor es excesivo en comparación al uso de los supresores presentados, por lo cual denota el desperdicio de este recurso. Si bien Petrosoil cuenta con un menor uso del recurso hídrico contemplando un 87,5% menos, no es el más indicado para reducir el uso de las aguas. Finalmente, es la bischofita el supresor que logra aminorar casi completamente el uso del recurso hídrico, alcanzando hasta un 98,3% de ahorro.



Fuente: Elaboración propia, programa Excel.

Gráfico 1 "Comparación del consumo anual de agua"

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se ha mencionado a lo largo del trabajo, nuestro objetivo principal busca optimizar el uso del agua mediante la utilización de un supresor que cumpla con los requisitos que demanda la zona. Para lograrlo cabalmente, fue necesario investigar acerca de los supresores existentes, inicialmente su clasificación junto a sus características con el fin de conocer todas las aristas que pudiesen influenciar en su uso. Posteriormente se presentaron productos específicos, cuya información fue proporcionada por empresas vanguardistas en el rubro. Dicha información fue esencial, puesto que sin ella el supresor podría haberse sometido a condiciones que degeneraran las características de éste, y por tanto, reduciendo considerablemente, o suprimiendo en su totalidad su eficiencia.

Luego de conocer en qué condiciones funcionaban de manera óptima, fue necesario estudiar el clima presente en la zona en la cual se desea aplicar el producto, debido a que la humedad presente, las precipitaciones y variaciones de dichas aristas durante el transcurso del año influyen directamente en el desempeño del supresor. Para lograr manejar dicha información, fue esencial el estudio de los climas, los cuales, debido a nuestra geografía varían notablemente, pasando desde climas desérticos hasta climas polares.

En la región de Valparaíso específicamente encontramos variaciones de un clima mediterráneo, a excepción de las localidades ubicadas en altura. Puntualmente, Cabildo, teniendo una altura de 178 metros por sobre el nivel del mar (la cual no es considerada gran altura), posee un clima definido como estepa con sequedad atmosférica, lo cual se traduce en una baja humedad, lo cual varía durante el invierno con escasas precipitaciones. Teniendo en cuenta esta información, logramos asentar una de las bases de nuestra propuesta, con la cual ya podemos preseleccionar nuestros supresores más viables.

Finalmente, y como última incógnita, debemos tener los antecedentes generales del terreno en donde se quiere aplicar el producto, ya que son estos datos los que determinarán las proporciones y por consiguiente la inversión requerida. De esta manera, el capítulo 3 presenta los antecedentes abarcando más allá que sólo el área a trabajar, dando a conocer puntos tales como: la dosis del agua empleada sin uso de supresores, el vehículo utilizado y el dimensionamiento de la maniobra (en donde se considera la velocidad de aplicación, caudal requerido y número de veces que se necesita aplicar agua para obtener una carretera óptima).

Para cerrar este capítulo se presentan dos posibles propuestas, las cuales fueron consideradas debido a todo lo dicho anteriormente. De estas dos, las sales y cloruros destacan por sobre los productos bituminosos, debido a que los productos bituminosos para poder ser aplicados el terreno deben ser preparados previamente, lo cual conlleva un gasto adicional en contraste con inicialmente nombradas.

Para finalizar, al emplear estos supresores se optimiza el uso de las aguas hasta en un 90%, el cual podría ser perfectamente re utilizado en otro proceso o simplemente reflejarse en un ahorro monetario. Si bien, dar inicio a esta práctica (dependiendo del supresor seleccionado) simboliza una inversión inicial significativa, a largo plazo conlleva a una serie de beneficios no solo del punto de vista económico, sino también acorde a la integridad de los trabajadores, punto que es muy importante hoy en día, ya que conlleva gran parte de la imagen que tienen las empresas.

BIBLIOGRAFÍA

Supresores

<http://www.mch.cl/reportajes/practicas-para-suprimir-el-polvo/>

[http://www.dustaside.cl/archivos/Informe Tecnico Supresor de Polvo Final.pdf](http://www.dustaside.cl/archivos/Informe_Tecnico_Supresor_de_Polvo_Final.pdf)

<http://www.construccionminera.cl/control-de-polvo-en-mineria-tecnologia-seguridad-y-eficiencia/>

[http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Especial K S.pdf](http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Especial_K_S.pdf)

Climas

<http://www.uchile.cl/>

Zonas Mineras





<http://www.sonami.cl/site/mapaminero/>

ANEXOS

Camión aljibe con el cual se dimensionaron las maniobras



Ficha técnica

<p>▼ CARACTERÍSTICAS GENERALES </p> <p>Estanque para agua, equipado según las necesidades de operación con diversos dispositivos.</p> <p>Construido en acero de calidad ASTM A-36. Sección elíptica o tipo pantalla de televisor. Cumple con todas las normas reguladoras vigentes.</p>	<p>▼ ESTRUCTURA </p> <p>Espesor mantos de 5 mm. Espesor rompeolas de 5 mm. Espesor tapas de 5 mm. Pasillo superior de 2 mm. Vigas principales de sección especial de 5 mm. Fijación al chasis del camión mediante planchas de anclaje y abrazaderas. Tapabarros de 2 mm con guardafangos. Parachoques trasero.</p>
<p>▼ SISTEMA REGADÍO </p> <p>Salida presurizada lateral y/o trasera en pulgadas con llave de bola y storz, aspersores traseros y barra regadora presurizada.</p> <p>Válvulas doble efecto individual para funcionamiento de aspersores y barra regadora, cuenta con sistema de embriague para accionar toma fuerza.</p>	<p>▼ SISTEMA PRESURIZADO </p> <p>El sistema presurizado básico está compuesto por un toma fuerza, bomba que hace girar la bomba centrífuga, cuenta con un motor hidráulico que mueve el agua desde y hacia el estanque.</p>

