M622
H567
2014

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA EN MINAS

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
BIBLIOTECA CENTRAL
INVENTARIO 607.45

IMPACTO DE DISPATCH EN CAMIONES ALJIBES PARA EL CONTROL DE LA POLUCIÓN EN COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA

"Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil en Minas"

U. DE ATACAMA
BIBLIOTECA CENTRAL
2000100807459

Profesor guía: Sr Rafael Godoy Galleguillos

Fabián José Hernández Beltrán

2014

Biblioteca Departamento de Ingeniería en Minas
Bib 25.604

Dedicatoria:

La dedicatoria de este trabajo es para mi familia, quienes siempre me han apoyado en todos los momentos de mi carrera de mi vida, en especial a mis padres Jessica y Carlos los que con su dedicación, desvelos, consejos y enseñanzas en mi persona, han formado al hombre y el profesional el cual soy ahora.

También una dedicación a mis abuelitas, una que me ayuda desde el cielo, y la otra que a la distancia y con sus oraciones esta constantemente intercediendo por mi... A toda mi familia gracias por siempre estar conmigo, son lo más importante de mi vida.

Agradecimientos:

En primer lugar agradecer a DIOS por todo lo que me ha entregado en la vida, para el siempre será toda la gloria y toda la honra.

Agradecer al Sr. Juan Hinojosa Silva, quien confió en mí y con su ayuda y tiempo logre sacar este trabajo adelante. Un agradecimiento a mi profesor guía el Sr. Rafael Godoy, quien me ayudo a guiar la realización de este trabajo. Otro agradecimiento para cada uno de los que componen el Departamento de Ingeniería en Minas, Profesores, secretaria, auxiliares…

A mis amigos, agradecerle todos los consejos, momentos y apoyo que me brindaron.

Finalmente un agradecimiento especial a mi casa de estudio, la Universidad de Atacama, quien me albergo y me cobijo durante todo este tiempo. A todos ellos gracias totales… Y orgulloso puedo decir que fui estudiante de la UDA.

INDICE DE CONTENIDOS.

CAPITULO 1.....11

1.1.- Introducción.....11
1.2.- Objetivos del estudio.....12
1.2.1.- Objetivo General.....12
1.2.2.- Objetivos Específicos.....12
1.3.- Motivación del estudio.....13
1.4.- Alcances y restricciones.....13

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES DE COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA.....15

2.1.- Ubicación.....15
2.2.- Clima.....17
2.3.- Fauna.....17
2.4.- Vegetación.....18
2.5.- Recursos.....18
2.5.1.- Agua.....18
2.5.1.1.- Planta desalinizadora.....19
2.5.2.- Energía.....20
2.6.- Historia.....20
2.7.- Estructura organizacional.....23
2.8.- Visión de la compañía.....24
2.9.- Misión de la compañía.....24
2.10.- Propiedad minera.....24

CAPITULO 3: GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.....26

3.1.- Geología del deposito Candelaria.....26
3.1.1.- Litología.....26
3.1.2.- Estructuras.....27
3.1.3.- Falla Lar.....28
3.1.4.- Pliegues y flexuras.....28
3.1.5.- Zonas de cizalle (foliación, milonitización).....29
3.1.6. - Mineralización y Alteración.....30

CAPÍTULO 4: EXPLOTACIÓN EN MINERA CANDELARIA.....34

4.1.- Método de Explotación.....34
4.2.- Condiciones Operacionales.....35
4.3.- Flota de Equipos de Carguío y Transporte.....38
4.3.1.- Equipos de carguío.....38
4.3.1.1.- Palas eléctricas de cables.....38
4.3.1.2.- Cargador Frontal.....39
4.3.2.- Equipos de Transporte.....40
4.3.3.- Equipos de Apoyo.....41
4.3.3.1.- Bulldozer.....42
4.3.3.2.- Retroexcavadora.....43
4.3.3.3.- Whelldozer.....43
4.3.3.4.- Motoniveladora.....44
4.4.- La perforación en Minera Candelaria.....44
4.4.1.- Diseño de las mallas de perforación.....44
4.4.2.- Flota de perforación de CCMC.....46
4.5.- Procesamientos de minerales.....48

Capítulo 5: SISTEMA DISPATCH.....51

5.1.- Definición Dispatch.....51
5.1.1.- Operación básica del sistema Dispatch.....51
5.1.2.- Dispatch como herramienta.....51
5.2.- Modelo minero Dispatch.....52
5.3.- Algoritmo del sistema Dispatch.....53
5.3.1.- Mejor Ruta (MR).....54
5.3.2.- Programación Lineal (PL).....55
5.3.3.- Programación Dinámica (PD).....56
5.4.- Componentes del sistema Dispatch.....56
5.4.1.- Sistema computacional de oficina.....57
5.4.2.- Equipo de campo.....58
5.4.3.- Acces Points.....59
5.5.- Clasificación de estados en Dispatch.....60
5.5.1.- Estado "Listo".....60
5.5.2.- Estado "Demora".....61
5.5.3.- Estado "Disponible".....62
5.5.4.- Estado "Pane".....63
5.6.- KPI´s (Key Performance Indicator) aplicados en Dispatch.....64
5.6.1.- Tiempo total (TT).....65
5.6.2.- Tiempo Mantención (MT).....65
5.6.3.- Tiempo Disponible (TAVL).....66
5.6.4.- Run Time (RT).....67
5.6.5.- Indicadores claves de desempeño.....67
5.7.- Dispatch en equipos auxiliares.....69
5.8.- Módulo Water Truck.....71
5.8.1.- Water truck dentro del Dispatch.....72

CAPITULO 6: MEDIO AMBIENTE EN MINERA CANDELARIA.....73

6.1.- Introducción.....73
6.2.- Definiciones a conocer de la norma.....74
6.2.1- Definición de la norma primaria y de los niveles de calidad del aire para el material particulado respirable PM10.....75
6.2.2.- Niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado.....76
6.3.- La polución en minera candelaria.....76
6.3.1.- Actividades emisoras.....77
6.3.2.- Método de cálculo de emisiones.....78
6.3.3.- Factores de emisión de PM10.....78
6.4.- Instrumentos de medición.....82
6.4.1.- Monitor PM10 Por atenuación Beta (BAM 1020).....82
6.4.2.- Equipo muestreador de alto volumen PM10 (Hi-Vol).....84
6.4.2.1.- Calibración del equipo PM10.....86
6.4.2.2.- Determinación de la concentración de partículas respirables.....88

CAPITULO 7: EL RIEGO EN MINERA CANDELARIA.....89

7.1.- Camiones Aljibes.....89
7.1.1.- Aljibes modelo 773.....89
7.1.2.- Aljibe modelo 777.....90
7.2.- El sistema de riego.....90
7.2.1.- Tanque de agua.....91
7.2.2.- Sistema lanza agua (pitón).....92
7.2.3.- Sistema rociador (aspersores).....94
7.2.4.- Consola de control de riego.....95
7.2.5.- Otros componentes del tanque.....96
7.3.- Lugares de abastecimiento (Cachimbas).....97

7.4.- Rutas a regar.....98
7.4.1.- Perfiles de riego.....99

CAPITULO 8: CONTROLANDO EL PROCESO.....103

8.1.- Línea base de la reportabilidad.....103
8.1.1.- Línea base de la operación.....106
8.2.- Procesos a controlar mediante Dispatch.....108
8.3.- Desarrollo e implementación de gestión mediante Dispatch.....110
8.3.1.- Automatización mediante Macros y SQL.....111
8.4.- Modulo water truck y sus beneficios para el control de la polución.....114
8.4.1.- Funcionamiento del modulo y configuración.....115
8.4.2.- Modulo de reporte water truck.....116
8.4.3.- Registros en la PitGraf.....118

CAPITULO 9: CONTROL Y MITIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10.....120

9.1.- Descripción del estudio.....120
9.2.- Estandarización del sistema de riego.....121
9.3.- Disponibilidad y uso de la disponibilidad de la flota de aljibes.....124
9.3.1.- Disponibilidad.....124
9.3.2.- Uso de la disponibilidad.....125
9.4.- Implementación del sistema Dispatch.....126
9.4.1.- Tiempo de riego en pistas.....126
9.4.2.- Tiempo de riego en frente de carguío.....128
9.4.3.- Tiempo de llenado de estanque en cachimba.....129
9.4.4.- Tiempo de cambio de turno.....130
9.4.5.- Tiempo de carga de combustible.....131
9.4.6.- Sectores que se regaron en la mina.....132

9.5.- KPI's (indicadores claves de desempeño) de la operación de riego.....132
9.5.- Impacto de Dispatch en el control de la polución.....134

CAPITULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....139

10.1.- Conclusiones.....139
10.2.- Recomendaciones.....140

ANEXOS.....142

INDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1 Ubicación Geográfica Mina Candelaria.....16
Figura 2.2 Rajo Minera Candelaria.....16
Figura 2. 2 Planta desalinizadora ubicada en el puerto de Caldera.....20
Figura 2.4 Límites de la Propiedad Minera Superficial.....25
Figura 3. 1 Sección geológica distrito Candelaria / Pta. del Cobre.....26
Figura 3. 2 Estructura presentes en el yacimiento.....29
Figura 4.1 Fases de explotación actual.....35
Figura 4.2 Esquema configuración y dimensiones rampa de diseño.....36
Figura 4. 3 Ancho mínimo de carguío de material.....37
Figura 4.4 Proceso de carguío del material con pala de cable.....39
Figura 4.5 Cargador frontal CAT 994F.....40
Figura 4.6 Camión de extracción en CCMC.....41
Figura 4.7 Equipos de apoyo en labores de movimiento de tierra.....42
Figura 4.8 Bulldozer en labores de empuje de un Bolón.....43
Figura 4.9 Vista de diseño de dos mallas de perforación.....45
Figura 4.10 Perforadora Bucyrus 11R (eléctrica).....47
Figura 4.11 Diagrama de Flujo Concentrador.....50
Figura 5.1 Diagrama de Algoritmo de Optimización en Dispatch.....53
Figura 5.2 Configuración del Hardware de Dispatch.....57
Figura 5.3 Continuación Configuración del Hardware de Dispatch.....58
Figura 5.4 Equipamiento hardware de campo.....59
Figura 5.5 Equipamiento hardware de campo.....60
Figura 5.6 Ejemplo Estado listo.....61
Figura 5.7 Ejemplo Estado de Demora.....62
Figura 5.8 Ejemplo Estado de disponible.....63
Figura 5.9 Ejemplo Estado de Pane.....64
Figura 5.10 Modelo de distribución de tiempos a nivel corporativo.....65
Figura 5.11 Dispatch en equipos auxiliares.....69

Figura 5.12 Módulo Water Truck....72
Figura 6.3 Monitor PM10 por atenuación beta (BAM 1020)....83
Figura 6. 2 Partes del compartimiento de impactación del equipo PM10....85
Figura 6. 3 Elementos del equipo muestreador de alto volumen....86
Figura 7.1 Piezas de los estanques de aljibes....92
Figura 7.2 Boquilla lanza agua (pitón)....93
Figura 7.3 Boquillas rociadoras (aspersores)....95
Figura 7.4 Consola de control de riego....96
Figura 7.5 Cachimba Granza....98
Figura 7.6 Rutas de CCMC, entregadas por la PitGraf....102
Figura 8. 4 Reporte control de uso de agua....105
Figura 8. 2 Reporte control de viajes diarios....106
Figura 8. 3 Abastecimiento de estanque de camión aljibe....107
Figura 8. 4 Sistema de Reportes Dispatch....110
Figura 8.5 Ejemplos Ilustrativo de Automatización de la Performance mediante Macro y SQL....112
Figura 8.6 Modulo de configuración del equipo aljibe....116
Figura 8.7 Registros de acciones del equipo aljibe....117
Figura 8.8 Registros de acciones en aplicación GPS Path....118
Figura 9. 1 y 9. 2 Estándar de regulación de aspersores....122
Figura 9. 3 Estándar de regulación de pitón....123
Figura 9.4 Estadística de Aljibes del Mes de Julio....135
Figura 9.5 Estadística de Aljibes del Mes de Octubre....137

INDICE DE TABLAS.

Tabla 2. 1Estructura Organizacional Minera Candelaria.....23
Tabla 4.1 Palas y sus principales características.....38
Tabla 4.2 Equipos de apoyo CCMC.....44
Tabla 4.3 Principales características equipos de perforación que operan en CCMC..46
Tabla 6.5 Niveles de emergencia para el material particulado.....76
Tabla 7.1 Distancia Cachimbas – Fase 8.....99
Tabla 7.2 Distancia Cachimbas – Fase 9.....100
Tabla 7.3 Distancia Cachimbas – Fase 10.....100
Tabla 7.4 Distancia Cachimbas – Fase 11, Botadero Tigresa.....101
Tabla 7.5 Distancia Cachimbas – Botadero 780 sur.....101
Tabla 8. 1 Tiempo de vaciado de estanque en el riego.....108

INDICE DE GRAFICOS.

Grafico 9.1 Disponibilidad y uso de la disponibilidad en CCMC.....125
Grafico 9.2 Disponibilidad y uso de la disponibilidad por turno en CCMC.....126
Grafico 9.3 Tiempo de Riego de Pistas.....127
Grafico 9.4 Tiempo de Riego en Frentes de Carguío.....128
Grafico 9.5 Tiempo de Llenado de Estanque.....129
Grafico 9.6 Tiempo de Cambio de Turno.....130
Grafico 9.7 Tiempo de Carga de Combustible.....131
Grafico 9.8 Índice PM10 Mes de Julio.....136
Grafico 9.9 Índice PM10 Mes de Octubre.....138

CAPITULO 1.

1.1.- Introducción.

En la minería a rajo abierto se presenta una gran problemática la cual tiene que ver con la contaminación o emisión de partículas en suspensión, estas se generan a partir de los distintos trabajos realizados en esta, tránsito de camiones, carguío realizado por las palas de los distintos materiales a extraer, trabajos de saneamiento de paredes, etc. El arma principal que se utiliza para combatir estos focos de emisiones son los camiones aljibes, en los cuales se dará enfoque en este estudio.

La Compañía Contractual Minera Candelaria es explotada por el método Open Pit, y en la cual se genera una preocupación constante por la emisión de este material particulado.

En este estudio se llevará a cabo la implementación de un nuevo método de control, mediante el cual se fijarán metas y KPI's a los trabajos de los camiones aljibes con el fin de optimizar el proceso de riego y el generar un mayor control sobre el desempeño de los operadores. Esto se logrará mediante la implementación del sistema Dispatch, herramienta que sirve para controlar y optimizar los procesos de regadío de la mina, dentro de sus funciones principales esta herramienta posee el módulo water truck, el cual realiza un seguimiento para así generar un registro de las tareas realizadas por los operadores de los equipos aljibes. Al generar un mayor control del proceso de riego se buscará disminuir las emisiones de material particulado.

En la actualidad las regulaciones medio ambientales toman cada vez mas fuerza, es por esto que continuamente las empresas están mas preocupadas de cumplir con los aspectos legales. La calidad del aire es uno de los principales puntos de cuidado para las mineras, sobre todo a rajo abierto.

Es por esto que la Compañía Contractual Minera Candelaria, está totalmente comprometida con llevar a cabo el cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire, es por esto que está en la constante búsqueda de tecnologías y productos que cooperen con la reducción de las emisiones de material particulado. Esta norma de primaria de calidad del aire indica que en un periodo de 24 horas la concentración promedio de material particulado no debe ser mayor a los 150 $\mu g/m^3$, a raíz de cumplir con esta norma se espera que con la implementación y control que entregue el módulo Water Truck, se obtenga una buena utilización de la flota de aljibes para el control de la polución.

1.2.- Objetivos del estudio.

1.2.1.- Objetivo General.

Implementar el sistema Dispatch en la flota de aljibes de Minera Candelaria, para controlar y optimizar el proceso de riego, mediante el control y medición de los tiempos de las distintas tareas realizadas por los operadores. Con esto se busca definir parámetros de tiempos y estrategias para el control de las distintas emisiones de material particulado que se generan en el rajo.

1.2.2.- Objetivos Específicos.

- Definir KPI's para la operación de riego que realiza la flota de aljibes, controlar tiempos de llenado de estanque, tiempos de cambios de turno y tiempos de llenado de combustible.

- Medir los tiempos de riego de las pistas y frentes de carguío, con el fin de obtener un control sobre las tareas de los operadores de aljibes.

- Impacto que causa la implementación del modulo Water Truck, para controlar las emisiones de material particulado mediante un riego mas óptimo.

1.3.- Motivación del estudio.

Las normas ambientales cada vez toman mas fuerza al momento de aprobar un proyecto, sobre todo si es del tipo minero. En vista del proyecto futuro de Minera Candelaria, el cual lleva por nombre "Candelaria 2030", es de suma importancia cuidar la calidad del aire que circula en torno a la faena y a sus alrededores.

Es por esto que nace la necesidad de controlar el principal recurso de mitigación con el que se cuenta en Minera Candelaria, el cual tiene relación con la operación de riego. Y a su vez trabajar en un entorno libre de contaminación, le entregará seguridad a los trabajadores para que, realicen sus tareas dentro del rajo.

1.4.- Alcances y restricciones.

- El único método de mitigación de material particulado con el que se cuenta en esta faena minera, es la flota de camiones aljibes.

- La importancia de mantener una alta disponibilidad de camiones de extracción, resta importancia a la disponibilidad de camiones por parte de personal de mantención.

- En el periodo invierno, a causa de la inversión térmica, fenómeno que se produce en las madrugadas, el polvo generado queda atrapado bajo una capa de baja temperatura, esto provoca que el polvo no se pueda disipar hasta el momento en que aumentan las temperaturas.

- En periodo de verano, las altas temperaturas provocan la evaporación mas rápida en las pistas, por lo cual en los turnos B y C (diurno y tarde respectivamente), la principal tarea de la flota de aljibes es el riego de los circuitos de la mina.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES DE COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA.

2.1.- Ubicación.

Minera Candelaria se encuentra ubicada a 28 km. al suroeste de la ciudad de Copiapó, capital de la Región de Atacama en Chile. Su fuente de extracción principal corresponde a un yacimiento de cobre a rajo abierto de gran tamaño, apoyado con extracción subterránea a una menor escala (6.000 tpd aproximadamente), la cual proviene de Candelaria Norte. Además, tiene en su mineralización una abundante ley de fierro.

La ubicación física del yacimiento es a una cota de 650 metros sobre el nivel del mar, en el flanco oeste de la Sierra El Bronce, y a 5 Km del Valle del Río Copiapó.

Las principales ventajas de la ubicación del yacimiento Candelaria son su ubicación a baja altura geográfica y su cercanía a infraestructuras (Figura 2.1)

La mina posee dos vías de Acceso, una es directamente por Tierra Amarilla, a través de la ruta C-397 y la otra es por la Carretera Panamericana a 11 Km. al sur de Copiapó, siendo esta última vía, utilizada para transportar el concentrado de cobre desde la planta de tratamiento de minerales, en Candelaria, hacia el Puerto Limpio Mecanizado de Punta Padrones en Caldera, distante a 100 kms aproximadamente de la mina.

Figura 2.6 Ubicación Geográfica Mina Candelaria.

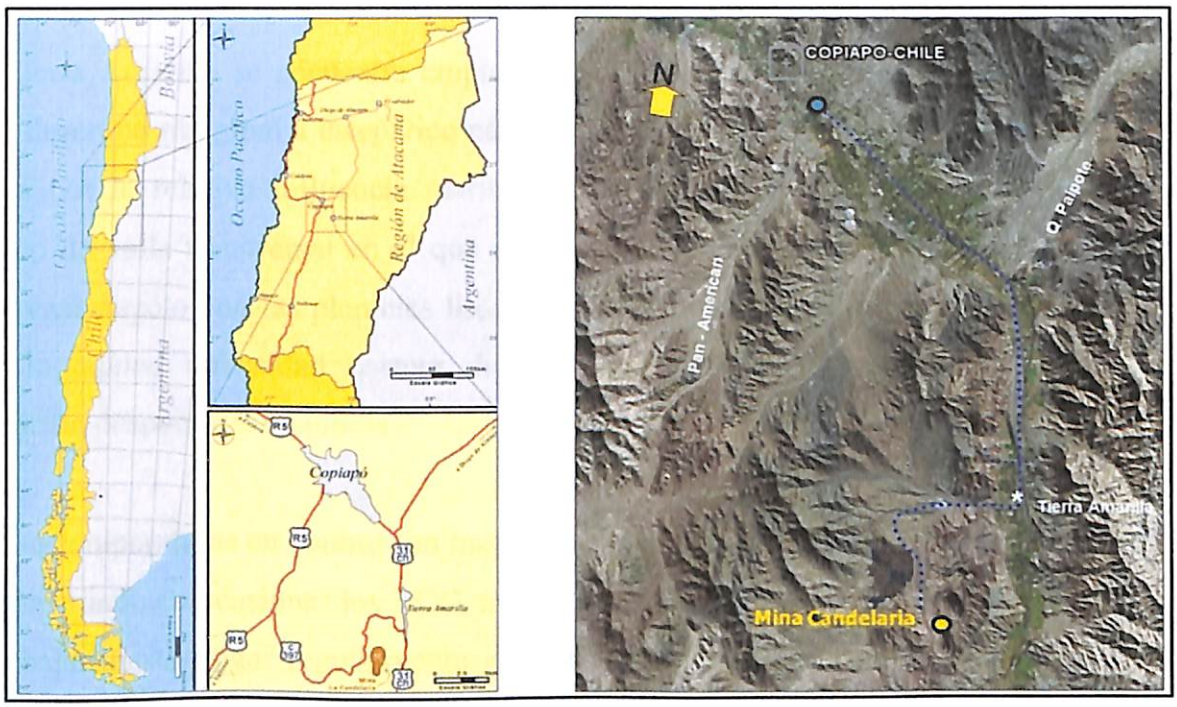
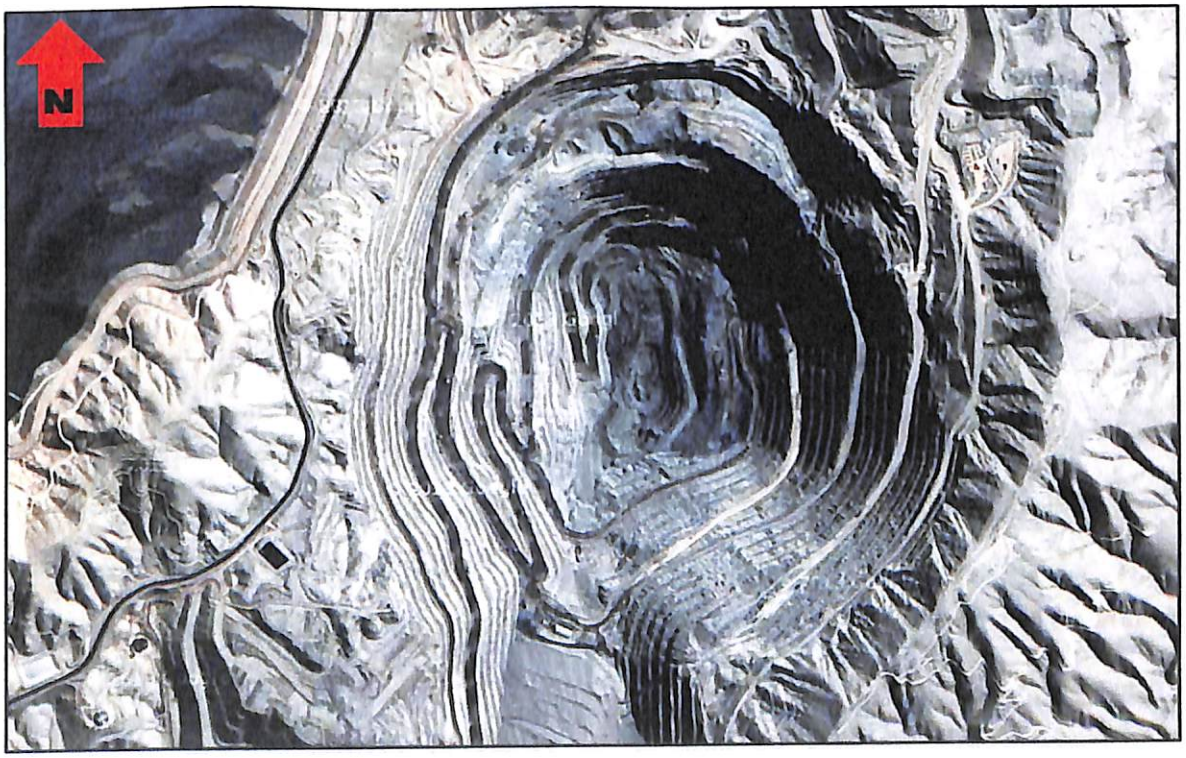


Figura 2.2 Rajo Minera Candelaria.



2.2.- Clima.

Tierra Amarilla se encuentra emplazada en una zona de transición climática desde el desértico marginal a estepárico cálido. Las altas temperaturas se encuentran reguladas por la relativa influencia marítima que recibe la zona, por el contexto geográfico de valle transversal en el que se encuentra, lo cual la hace entrar en un contacto casi directo con las planicies litorales. Por esta misma razón, generalmente entra a la ciudad nubosidad costera durante las mañanas, la cual se dispersa generalmente después del mediodía.

Las temperaturas en verano son muy altas durante el día llegando a los 35°C o 36°C y superando en ocasiones los 38°C, mientras que durante la noche en esta época del año bajan hasta llegar regularmente a los 6°C, aproximadamente. En la época invernal se producen durante la noche temperaturas de 4°C a 8°C y en el día sube a los 20°C a 25°C.

Las precipitaciones, como en todo el desierto de Atacama, son muy escasas. Estas se producen casi exclusivamente en la época invernal y el promedio histórico de agua caída en la ciudad es de 12 mm, alternándose periodos de sequía y de abundancia de precipitaciones.

2.3.- Fauna.

El catálogo de fauna en el sector donde se emplaza la mina está compuesto por 33 especies, tres reptiles, 26 aves (12 de órdenes no paseriformes y 14 del orden Paseriformes) y cuatro mamíferos (un carnívoro y tres roedores). De las cuales son 32 especies nativas y un mamífero introducido (el guarén).

De las 32 especies nativas presentes en el área de estudio, cuatro son endémicas de nuestro país y corresponden a los tres reptiles: la lagartija de Veloso

(Liolaemus velosoi); la lagartija de Atacama (Liolaemus atacamensis) y la Iguana (Callopistes palluma); y a un ave, la tenca (Mimus thenca); entre los mamíferos no hay especies endémicas.

2.4.- Vegetación.

El total de especies alcanza a unos 28 ejemplares. En relación con el origen geográfico de las especies, la mayor parte de ellas son nativas (89%), 13 especies, un 52% de las nativas, son endémicas de Chile particularmente, del desierto de las Regiones II a la IV.

En el sector del trazado correspondiente al valle del río Copiapó se detectan varias especies de plantas alóctonas, asilvestradas y cultivadas, las que alcanzan a un 11 % de las registradas. La mayor parte de las plantas corresponden a arbustos (19,68%); algunas especies son árboles (6,21%) y dos de ellas suculentas: las cactáceas. Sólo se encuentra una especie herbácea, Argylia radiata (flor del jote).

Si se relacionan las formas de crecimiento con el origen geográfico, entre las especies nativas predominan claramente los arbustos. Entre las alóctonas, los árboles cultivados o asilvestrados como Schinus molle (pimiento boliviano) y Acacia karroo. Nicotiana glauca (palqui inglés), es el único arbusto alóctono asilvestrado.

2.5.- Recursos.

2.5.1.- Agua.

Para el normal abastecimiento del agua, Compañía Contractual Minera Candelaria cuenta con cinco pozos, ubicados en el sector de Alcaparrosa, que es un lugar que la empresa también está forestando, en las cercanías de la localidad de Tierra Amarilla, en el valle del río Copiapó. Esta agua es extraída de 3 pozos en

Tierra Amarilla y 2 en Paipote, todos ubicados en el Sector 4 del Acuífero del Valle del Río Copiapó, en donde la compañía posee derechos de agua otorgados anteriormente por la DGA

Estos pozos tienen una profundidad de 70 metros, desde los cuales el agua que se extrae y se conduce por tuberías que llegan a un gran estanque ubicado en las alturas, frente a la Planta Concentradora de Candelaria, donde existe un proceso de reciclaje del agua usada, para su reutilización en el proceso productivo.

2.5.1.1.- Planta desalinizadora.

Conforme con las políticas de desarrollo sustentable que la compañía posee, es que se ha implementado una moderna e innovadora planta desalinizadora, única en la región, y que pretende abastecer todo los procesos en que se necesite el uso de agua en la faena, asegurando la continuidad del recurso hídrico, tan escaso en Atacama.

- Características Generales de la Planta y del Proceso:

- Planta de desalinización: Agua de mar en toma, 500 L / s de capacidad nominal, situado en Puerto de Punta Padrones del CCMC en Caldera.
- Sistema de bombeo y sistema de tubería de agua desalada: Desde las instalaciones de CCMC en Puerto Punta Padrones de Bodega Copiapó.
- 110 kV y 23 kV Líneas eléctricas de alimentación: de Cardones S / E de Punta Padrones Caldera, respectivamente, y área de Bodega

Caudal (diseño) agua producto	= 345 L/s
Caudal (nominal) agua producto	= 300 L/s
Caudal Nominal ampliación	= 500 L/s

Operación de 365 días/año con Disponibilidad de un 95% (en base anual), con calidad de agua industrial. Efluente en cumplimiento con normativa DS N°90 (fuera zona de protección litoral).

Figura 2. 7 Planta desalinizadora ubicada en el puerto de Caldera

2.5.2.- Energía.

Minera Candelaria tiene contrato vigente para utilización de la energía eléctrica con la central Eléctrica Guacolda de Vallenar, a través del sistema interconectado central (SIC).

Candelaria cuenta con una línea de 220 kV de 11,5 Km., que conecta el nudo Cardones del SIC con la faena misma.

2.6.- Historia.

En 1967 la Corporación Phelps Dodge inició sus operaciones en Chile con su primera inversión en Cobre Cerrillos S.A. (COCESA), una planta elaboradora de cables y alambres de cobre, de la cual posee actualmente el 90% de sus acciones.

En 1982, compró una parte importante de la Compañía Minera Ojos del Salado S.A., que opera en Tierra Amarilla, adquiriendo en 1985 la totalidad de las acciones.

En 1987, tras un sostenido y planificado programa de exploraciones efectuado por un experimentado equipo de geólogos de la entonces Phelps Dodge Exploration, descubren Mina Candelaria, faena que debe su nombre a la mítica sargento Candelaria Pérez, una audaz heroína de la historia de Chile.

La inversión total en el desarrollo e instalaciones de la Mina Candelaria en su primera fase alcanzó los US$ 560 Millones.

En marzo de 1993, la compañía inició la construcción del rajo norte. La explotación de la mina a rajo abierto Candelaria partió 15 meses más tarde, en mayo de 1994, después de extraer 75 millones de toneladas de estéril y acceder a reservas explotables de 400 millones de toneladas de sulfuros con una ley promedio de 0,85% de cobre. La mayor parte de las reservas del yacimiento corresponden a sulfuros de tipo calcopirita con contenidos de plata y oro.

El rajo Candelaria comenzó a alimentar con mineral a la planta concentradora de Candelaria en agosto de 1994. Más tarde, en enero de 1995 Minera Candelaria realizó su primer embarque de concentrado de cobre a fundiciones ubicadas en el exterior a través de su propio puerto, ubicado en Punta Padrones, Caldera.

La planta concentradora inició sus operaciones con una capacidad inicial de 34.000 toneladas diarias de mineral para producir alrededor de 115.000 toneladas anuales de cobre fino.

No obstante, a fines de 1997 se puso en marcha la fase II en Candelaria que incorporó un nuevo molino semiautógeno (SAG) lo que permitió elevar la capacidad

de procesamiento al orden de 60.800 toneladas diarias de mineral. El proyecto en sí completó una inversión de US$2.000 millones, sin considerar de las inversiones posteriores para su funcionamiento, optimización y modernización.

En marzo de 2007, Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. adquiere Phelps Dodge Mining Corporation, y junto con ello, pasa a ser operador y accionista mayoritario de sus activos en Sudamérica, entre los que destaca Mina Candelaria.

Minera Candelaria hoy en día pertenece en un 20% a Sumitomo Corp. y 80% a Freeport-McMoRan Copper & Gold, que es una compañía minera internacional con importantes y atractivos recursos. Posee reservas probadas y probables de cobre, oro y plata en distintos lugares del orbe.

Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. cotiza en la bolsa de Nueva York bajo la sigla F.C.X y su casa matriz está ubicada en Phoenix, Estados Unidos. Tiene operaciones y oficinas en América, Europa, África y Asia

2.8.- Visión de la compañía.

Ser reconocida como una compañía líder en Atacama, donde los habitantes de la región deseen trabajar, líderes en la protección del medio ambiente, el cuidado de las personas y el desarrollo de sus trabajadores y las comunidades vecinas, y por su firme apoyo al desarrollo sustentable.

2.9.- Misión de la compañía.

Alcanzar una tasa promedio de producción de 355 millones de libras de cobre en los próximos 5 años, a un costo unitario en el tercer cuartil de la industria, con el más alto estándar de seguridad y protección del medio ambiente, junto con el desarrollo social de las comunidades, en un medio ambiente estimulante y emprendedor para nuestros trabajadores.

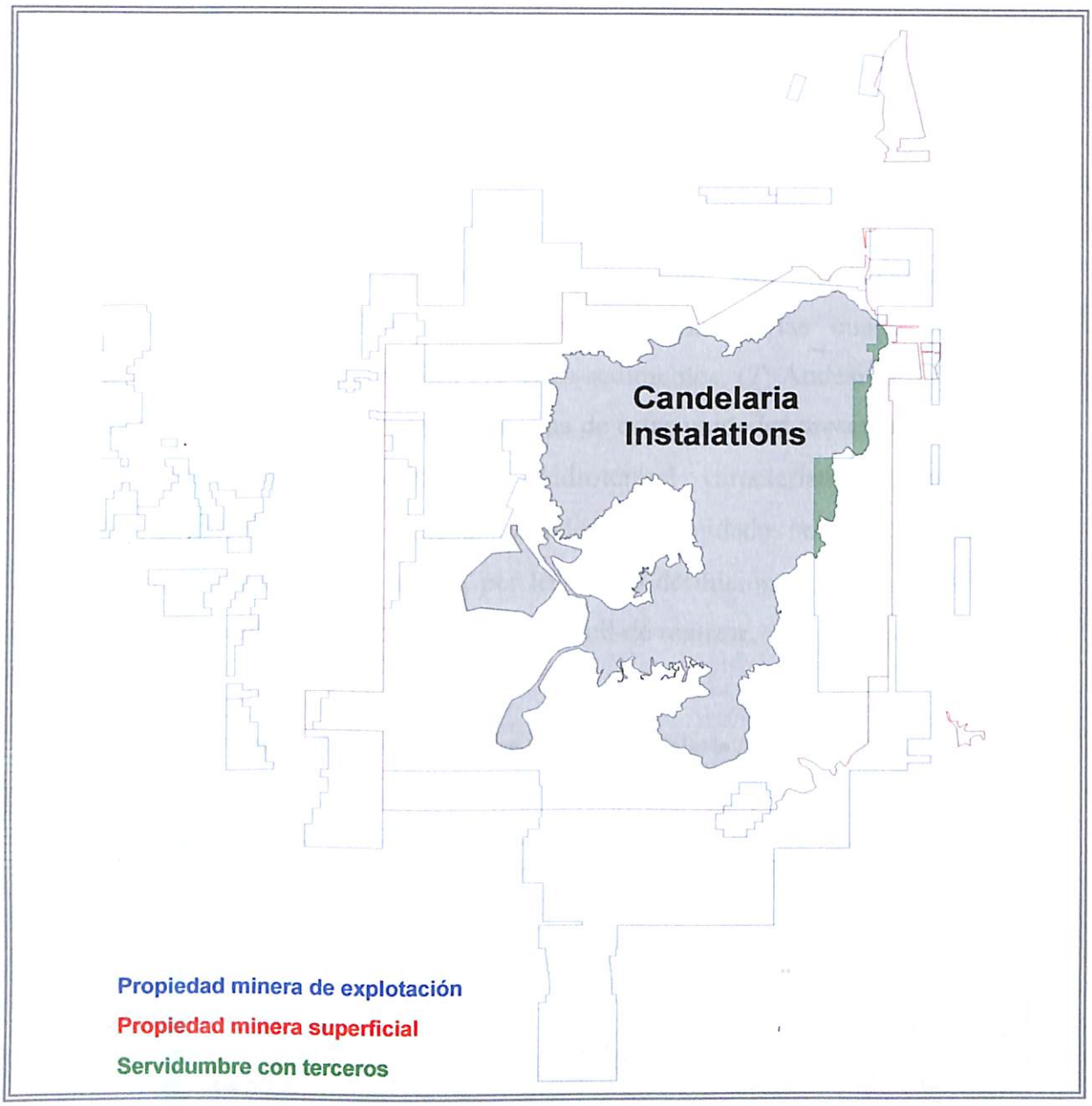
2.10.- Propiedad minera.

Los límites están determinados por la posesión de los derechos de extracción de terreno, y son importantes en la determinación de la ubicación de las paredes finales del pit, como también de los botaderos (figura N° 2.5).

Minera Candelaria posee 5.199 hectáreas como propiedad legal, de esta, los derechos de explotación minera se ejercen sobre 4.204 hectáreas incluyendo las instalaciones portuarias en Caldera. Estas propiedades contemplan además, contratos de servidumbre con terceros.

Las instalaciones físicas de minera Candelaria ocupan 1.476 hectáreas, donde se albergan todos los procesos involucrados en la extracción y procesamiento del mineral, estos son: Mina rajo, Planta Concentradora, Planta de magnetita, botaderos de estéril, stocks, edificios de administración y puerto de embarque.

Figura 2.4 Límites de la Propiedad Minera Superficial.



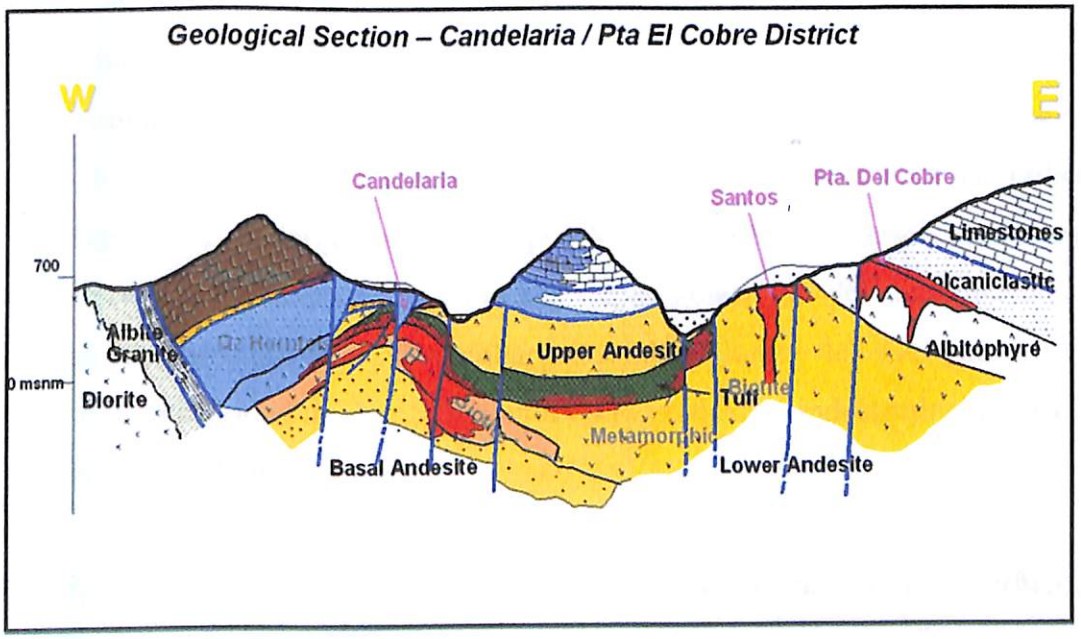
CAPITULO 3: GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.

3.1.- Geología del deposito Candelaria.

3.1.1.- Litología.

Las rocas asociadas directamente al depósito, han sido históricamente agrupadas en cuatro unidades estratigráficas informales, las cuales han sido denominadas (de arriba hacia abajo): (1) Meta-sedimentos, (2) Andesitas Superiores, (3) Tobas y (4) Andesitas Inferiores. Cada una de estas unidades presenta patrones de metamorfismo-metasomatismo-alteración hidrotermal característicos aunque no exclusivos; en este último caso la separación de macro unidades se basa en el grado o intensidad del proceso que las afecta, por lo cual la definición se puede transformar en un proceso subjetivo y en ocasiones muy difícil de realizar.

Figura 3. 2 Sección geológica distrito Candelaria / Pta. del Cobre.



3.1.2.- Estructuras.

En el Distrito existen numerosas y complejas estructuras, que reflejan la evolución estructural de zonas de arco-trasarco, y controlan o limitan procesos sedimentarios, magmáticos, metamórficos-metasomáticos y de mineralización. Algunas estructuras presentan inversión en la vertical o de rumbo en la horizontal, que dificultan la interpretación de correlaciones estratigráficas o zonaciones mineralógicas.

Los principales rasgos estructurales en el área del depósito corresponden a fallas subverticales NNW y N30-40W, fallas de bajo y mediano ángulo de dirección NNE y a un amplio anticlinal cuyo eje tiene dirección N20-40E. Inmediatamente al Oeste del depósito y cerca del contacto con el intrusivo se desarrolla una intensa zona de cizalle denominada en este trabajo como Falla Candelaria de rumbo N30E y manteo variable entre 80-60 E.

Tilling (1962) estableció para esta área que la tendencia dominante es NS con dos máximos en NS y N10W. Con la excepción de una falla transcurrente menor ubicada inmediatamente al sur de Quebrada Meléndez, todas las fallas son más bien de carácter normal o inverso de alto ángulo. En general, donde es determinable estas fallas son usualmente verticales o mantean entre 65°-85° al W. Muchas de las fallas pueden ser seguidas a lo largo del rumbo por 8 Km o más; los desplazamientos verticales observados en áreas en las que hay capas guías, son del orden de unas pocas decenas de metros (10-60m). Sin embargo, donde se carece de capas guías o en rocas batolíticas, la cantidad de desplazamiento en la vertical es indeterminable, pero podría alcanzar hasta 200m.

Las fallas, las cuales cortan tanto los pliegues como al batolito diorítico, representan la fase póstuma en la historia estructural del área. Este fallamiento comienza antes del emplazamiento final del batolito, como es evidenciado por

muchas fallas que han servido de conducto para el emplazamiento de diques aplíticos y lamprofíricos. A su vez, estas fallas que sirvieron de conducto a estos diques, fueron reactivadas brechizando o cizallando estos diques (como es el caso de Falla Lar en Candelaria). En conclusión, ellas habrían permanecido activas antes, durante y después del emplazamiento final del batolito diorítico.

3.1.3.- Falla Lar.

Corresponde a una falla subvertical, que aparentemente corta el yacimiento por la mitad, definiendo un bloque alzado al Oeste, que en la parte Norte presenta un desplazamiento vertical de 35 m y hasta 150m en la parte Sur del depósito. En base a criterios estratigráficos y de mineralización se ha definido un movimiento en el rumbo de carácter sinistral, desconociéndose la cantidad de desplazamiento, pero estimaciones preliminares indican 50 a 100m para la mineralización.

3.1.4.- Pliegues y flexuras.

El depósito se encuentra ubicado cerca del núcleo del anticlinal principal del Anticlinorium de Tierra Amarilla y los metasedimentos mantean 10 a 30° al Este del depósito e igual manteo al Oeste. Es importante indicar que la geometría original del anticlinal ha sido modificada por los desplazamientos de las numerosas fallas.

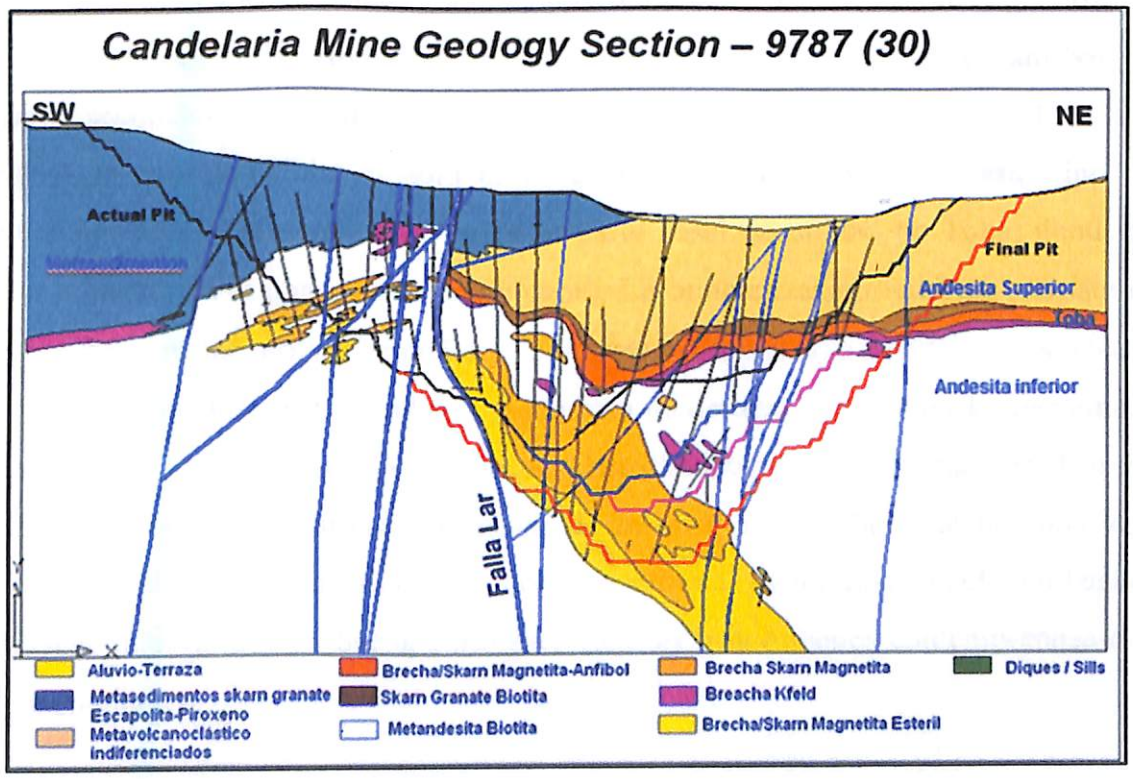
Los manteos de los flancos raramente exceden los 30°; manteos superiores están asociados con flexuras menores en los limbos del anticlinorium y son opuestos en dirección al manteo principal de los limbos. A pesar de esto, la tendencia axial de esta estructura mayor es generalmente NNE-SSW. Este pliegue tiene un buzamiento doble, como la mayor parte de los pliegues de la región de Copiapó. En el área de Paipote Tierra Amarilla el eje del anticlinorium buza suavemente 10°-15° al Norte, mientras que en la zona de Copiapó, el eje buza tanto al Norte como al Sur.

3.1.5.- Zonas de cizalle (foliación, milonitización).

En profundidad, en el techo de las Andesitas Inferiores, y en las tobas aparece un intenso desarrollo de esquistos de biotitas, con porfiroblastos de granate rosado (en la Toba) que alcanzan 10 cm de diámetro. Leveille y Garrido (1996) corroborando lo expresado por Ryan et al. (1996), presentan como hipotésis de trabajo que esta zona de cizalle subhorizontal preserva evidencias de un episodio de deformación dúctil profundo y milonitización asociada con el más temprano estado de intrusión batolítica durante la evolución del arco cretácico.

Esta foliación estaría asociada a movimientos extensionales y/o compresivos de la Falla Candelaria. Dicha foliación podría posteriormente haber sido modificada por movimientos posteriores relacionados a las fallas NNW y NW.

Figura 3. 2 Estructura presentes en el yacimiento.



3.1.6.- Mineralización y Alteración.

a) Distribución de Mineralización y Alteración.

La mineralización cuprífera del depósito se encuentra asociada principalmente a la porción biotitizada (alteración potásica) y cizallada de las Andesitas Inferiores (mayormente en mitad superior o subunidad AFK) y en menor proporción (pero de mayor ley) a los skarns de magnetita y anfíbol (alteración férrico-cálcica) de la parte basal de la Toba. Las Andesitas Superiores generalmente son estériles y presentan una alteración predominante de clorita, albita, epidota, calcita y pirita (alteración propilítica); en los Metasedimentos sólo se desarrollaron algunos cuerpos cupríferos mantiformes, menores asociados a skarns de escapolita-piroxeno-granate-magnetita (mina El Bronce y Lar) y que en parte puede corresponder a mineralización removilizada de los cuerpos asociados al Depósito Candelaria.

La mineralización ferrífera se desarrolla mayoritariamente bajo el sistema de mineralización cuprífera sobre imponiéndose en parte con ésta, y concentrándose en la mitad inferior de las Andesitas Inferiores biotitizadas y cizalladas con anfíbol y/o clorita asociados (subunidad AMT) y en las Andesitas Inferiores Basales con feldespato potásico-albita y epidota asociados (unidades B y C); este tipo de mineralización se presenta también en la parte basal de unidad de Toba, donde se sobreimpone con la mineralización de cobre. La mineralización ferrífera consiste en magnetita y menor pirita y hematita y se presenta como skarns pervasivos, brechas y vetillas, asociándose con cantidades menores a moderadas de calcopirita diseminada y en vetillas, la que en parte puede corresponder a vetillas más tardías de mineralización. Particularmente el skarn de magnetita en la base de la Toba, con minerales calcosilicatados asociados, contiene mineralización diseminada, en bandas e incluso masiva, que en buena parte pareciera ser más o menos contemporánea con la magnetita.

b) Tipos, hábito, asociaciones mineralógicas y minerales índices.

La mineralización cuprífera en las Andesitas Inferiores consiste esencialmente en calcopirita (Cpy), la cual se presenta acompañada de variables cantidades de magnetita (Mt), pirita (Py) y menor pirrotina (Po). Esta mineralización se dispone mayoritariamente en vetillas (60-90%) que varían de subverticales a subhorizontales, pero que convergen frecuentemente en torno a 30-50 grados debido a la fuerte influencia de los planos de foliación de la roca biotitizada, conformando vetillas cortas e irregulares o pseudovetillas. No es claro si estas vetillas aprovecharon la foliación para emplazarse o fueron deformadas, sin embargo, algunas vetillas de cuarzo ptigmáticas con menores cantidades de sulfuros y magnetita, parecen haberse formado antes o durante la deformación plástica de las rocas. Es probable que las vetillas se hubieran desarrollado antes, durante y despues del cizalle. Otros hábitos de mineralización corresponden a stockworks y/o brechas y menor diseminación en la masa fundamental de las metandesitas de biotita o en los skarns y brechas de magnetita Los minerales de ganga o alteración asociados a los minerales metálicos (Mt, Cpy, Py) presentes en las vetillas, consisten principalmente en cuarzo (Qz) y/o anfíbol (Anf), este último como relleno y/o halo, y cantidades variables y subordinadas de feldespato potásico (FK) y epidota (Ep), conformando asociaciones tales como Qz-Cpy-Py (Mt), Mt-Cpy (Py-Qz) y Cpy-Py (Mt-Qz); en especial las vetillas de Qz (sulfuros-Mt) pueden gradar a vetillas ptigmática con o sin Cpy, lo que probablemente refleja un incremento en la temperatura de formación de dichas vetillas. Por otra parte, las asociaciones de Anf-Cpy (Mt, Py, FK) y Mt-Cpy-Anf, tiende a desarrollarse con mayor frecuencia hacia el techo en el contacto con la unidad de Toba (rocas calcosilicatadas) y en las zonas de falla y/o fracturas de mediano a alto ángulo. Otro tipo de asociación consiste en vetillas de Calcita (Cpy, Py), las cuales tienden a desaparecer en profundidad, dando paso a la aparición de vetillas de Anhidrita (Py, Cpy) en las Andesitas Inferiores Basales, lo cual coincide más o menos con el límite inferior de la mineralización de cobre (aumenta proporción

de pirita en las vetillas). En conclusión los minerales índices en relación a la mineralizacoión de cobre serían Qz, Anf (no metálicos), Cpy, Mt y Py (metálicos).

La mineralización en la macrounidad de Toba corresponde a abundante Cpy asociada con Mt, Po y menor Py, la que se encuentra principalmente como una diseminación fina, en bandas (según bandeamiento de los skarns) e incluso masiva (60-100%), reemplazando en parte minerales calcosilicatados (especialmente asociada a skarn de anfíbol) y minerales de hierro formados previamente. Es importante destacar que el Au es particularmente alto en esta unidad, lo cual se debería al efecto concentrador que generan los minerales calcosilicatados, debido a las condiciones de oxidación-reducción existentes en este tipo de ambiente. El desarrollo de vetillas es subordinado a los otros hábitos de mineralización, consistiendo en Anf-Cpy y Cpy-Py (Anf), con angulos variables desde subhorizontales a subverticales. En conclusión los minerales índices asociados a la mineralización serían Anf, Cpy, Po y Au.

Las Andesitas Superiores generalmente son rocas estériles de mineralización cuprífera, pero se observa menor Py, Mt, Hm y local Cpy, los cuales se asocian a vetillas (90-100%) que varían de 60-90 grados de manteo. Los minerales de alteración asociados en variadas proporciones corresponden a Anf, Ep, Ab(?), Clor, Cal y Qz, los cuales definen asociaciones mineralógicas tales como Anf (Py), Ep-Anf, Clor-Py, Cal , Qz-Ep (Py), Py-Qz y Py-Mt. Otras asociaciones presentes cerca del contacto con la unidad de Toba, son Anf-Mt y Mt-Py. Como puede verse los minerales índices corresponden a una asociación de alteración propilítica y minerales metálicos de hierro sin cobre, los cuales serían indicativos de la mineralización cuprífera en profundidad.

Como se indicó anteriormente, en los Metasedimentos sólo se desarrollaron algunos cuerpos mineralizados mantiformes de pequeña envergadura, cuya relación con la mineralización infrayacente aún no está clara. La mineralización

de estos cuerpos se asocia a un skarn de escapolita piroxeno el cual grada a skarn de granate y horfels de piroxeno a medida que la ley de cobre decrece. Esta consiste en Cpy con cantidades variables de Mt, Py y menor Po, presentándose en bandas (70%), vetillas subverticales (20%) y diseminada (10%). La asociación de alteración más común es plagioclasa (albita)-minerales metálicos, donde la plagioclasa altera pseudomórficamente a la escapolita y los metálicos reemplazan al piroxeno. Otros minerales de alteración son Clor, FK (ambos alteran a la Esc), actinolita (altera al piroxeno) y calcita. Por otra parte, las corneanas de cuarzo asociadas a estos mantos mineralizados, presentan una serie de vetillas con sulfuros subordinados (Py y menor Cpy) cuya relación con Candelaria no es clara, debido a que estas podrían representar tambien, el evento retrógrado asociado a los mantos de skarns alojados en los Metasedimentos. Expuesto lo anterior, las vetillas co minerales metálicos asociados (Py, Mt, Hm y menor Cpy) presentes en los hornfels de cuarzo se asocian con Anf, Qz, Clor y Cal, constituyendo asociaciones como Anf (Py, Cpy), Qz (Py, Cpy), Clor (Py), Py, Mt (Py), Hm y Cal. Es importante destacar que la cantidad de súlfuros en las vetillas decrece en relación a las Andesitas Superiores, lo cual sugiriría una relación de estas vetillas en los Metasedimentos y la mineralización de Candelaria. En esta macrounidad los minerales índices en relación con una probable mineralización cuprífera en profundidad serían Anf, Clor, Cal, Py y Hm.

CAPÍTULO 4: EXPLOTACIÓN EN MINERA CANDELARIA.

4.1.- Método de Explotación.

El método de explotación utilizado en la mina es el denominado "Open Pit", conocido también como "Rajo Abierto" o "Cielo Abierto".

El "Rajo" fue planeado usando una técnica de diseño mediante programas basados en el análisis incremental, que permiten la evaluación de la rentabilidad de cualquier parte del yacimiento, independiente del balance de reserva. La unión de todos los incrementos rentables dio forma a un "Rajo" idealizado, dentro del cual debe incluir rampas y espacios de carguío adecuados.

En CCMC se produce un caso en particular, puesto que los profesionales de esta mina deben enfrentarse a diario a distintos desafíos que se presentan, los cuales tienen relación con caminos estrechos, fases angostas, interacción de fases por medio de las líneas de fuego, gran presencia de zonas de falla por lo que se deben monitorear ciertos sectores constantemente con el fin de evitar desprendimientos de materiales.

Figura 4.4 Fases de explotación actual.

4.2.- Condiciones Operacionales.

En CCMC se trabaja con ciertos estándares operacionales, por medio de los cuales se explota el rajo y se generan los accesos a lo distintas fases y sectores de la mina, a continuación se presentan algunos de estos parámetros relacionados con la operación de Candelaria:

- Altura de Bancos: 16 – 32 mts

La selección de la altura de bancos, se rige por el tamaño del equipo de perforación y de carguío a emplear, como además, por condiciones referidas a la mezcla de minerales.

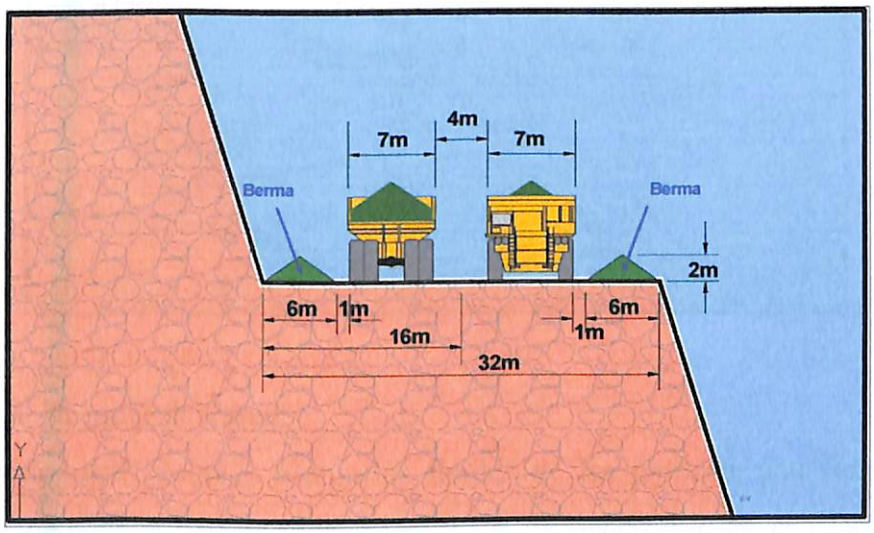
- Ancho de Bermas: Mínimo 11 mts.

Esto permite contener el desprendimiento de material desde los bancos superiores y así otorgar un mayor grado de seguridad a personas y equipos.

- Ancho de Rampas: 32 mts

En general, Los caminos utilizados en Minera Candelaria poseen pendientes de un 10% y anchos de 32 metros, estos con la finalidad de permitir el transito de camiones en 2 vías, y la pendiente necesaria para el trabajo optimo de estos.

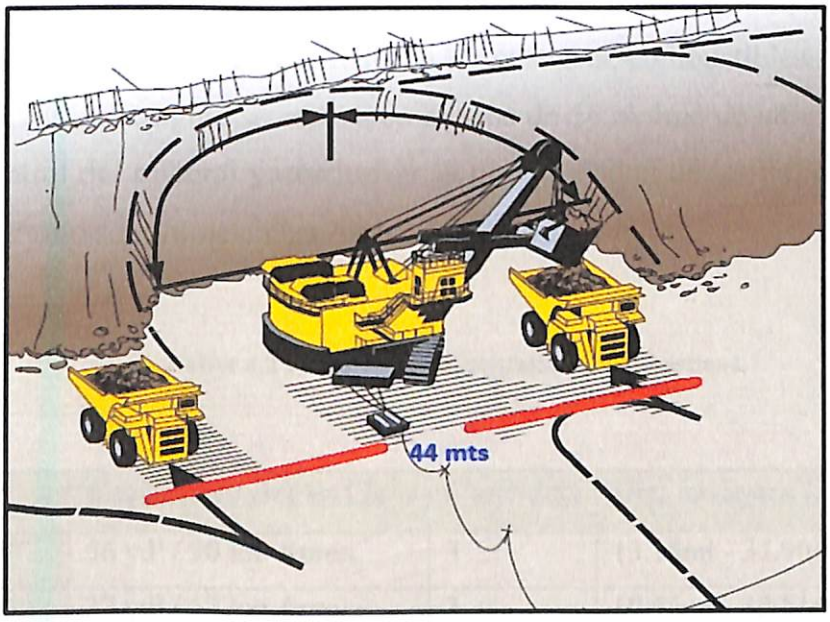
Figura 4.5 Esquema configuración y dimensiones rampa de diseño.



- Anchos de Extracción: 44 mts.

Estos con la finalidad que al momento que la pala realice el minado, este se ejecute por ambos lados (giro de la pala en 180°). De esta forma se otorga un mayor dinamismo en el carguío y así reduciendo las colas en los pisos de las palas.

Figura 4. 6 Ancho mínimo de carguío de material.



- Ángulo de Pared:

Los ángulos globales o ángulos finales de las paredes, son función de las propiedades geotécnicas de la roca de la pared de banco que en el caso de Minera Candelaria se caracterizan por estar zonificado.

4.3.- Flota de Equipos de Carguío y Transporte.

4.3.1.- Equipos de carguío.

4.3.1.1.- Palas eléctricas de cables.

El principal equipo de carguío corresponde a las palas P&H, las cuales mediante baldes de gran capacidad otorgan dinamismo en el proceso, y a su vez al ser alimentadas con energía eléctrica se reducen los costos de combustibles.

En CCMC, el carguío se realiza en bancos de 16 metros de altura, para lograr un mayor control del mineral y maximizar la productividad de las palas. La flota de equipos de carguío se resume en las siguientes tablas:

Tabla 4.2 Palas y sus principales características.

Modelo	Capacidad del Balde	Cantidad	Dimensiones (a-l-a)
P&H 4100A	56 yd^3 / 90 ton Aprox.	3	13.18mt - 34.90mt - 19.80mt
P&H 2800XPA	37 yd^3 / 62 ton Aprox.	3	10.46mt - 32.51mt - 10.24mt
P&H 2100	17 yd^3/ 32 ton Aprox.	1	8.85mt - 27.88mt - 15.57mt

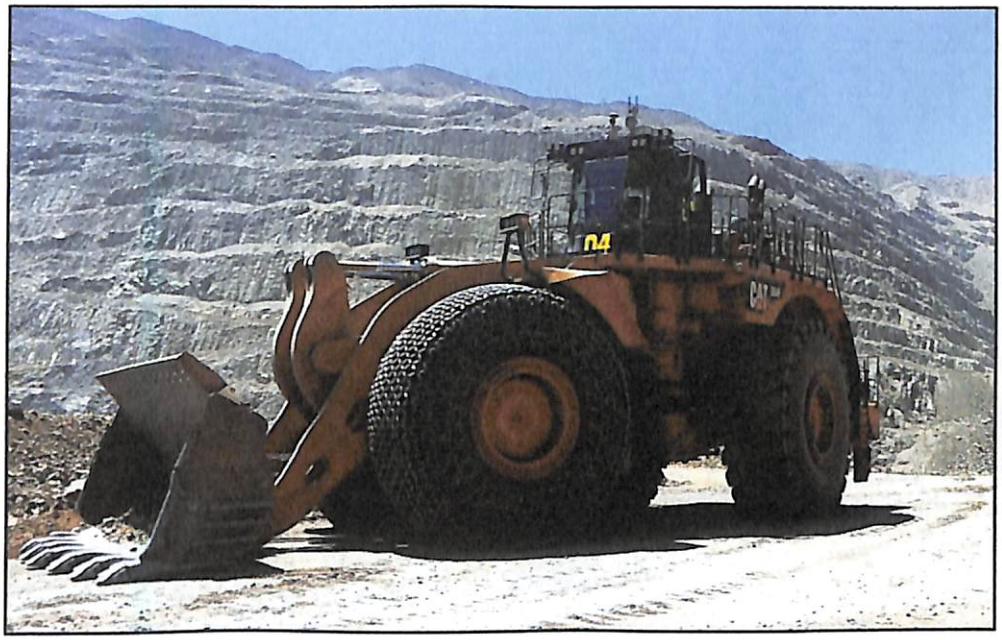
Figura 4.4 Proceso de carguío del material con pala de cable.

4.3.1.2.- Cargador Frontal.

Se cuenta con dos cargadores frontales de grandes dimensiones, los cuales son el CAT 994F el cual tiene una capacidad de carga de 35 ton, y el CAT 992 el cual tiene una capacidad de 21 ton. Estos se utilizan como equipos de apoyo al proceso de carguío, y su uso es mas restringido por el consumo de combustible.

Estos equipos por lo general se utilizan en los stocks, tales como, stock bolones, stock chancado, Alcaparrosa, stock piscina. Y también se utilizan en momentos críticos, como por ejemplo, cuando queda fuera de servicio una pala, esto con la finalidad de darle continuidad al proceso.

Figura 4.5 Cargador frontal CAT 994F.



Con la finalidad de cuidar la vida útil de los neumáticos de los cargadores frontales, las posiciones delanteras son protegidos por medio de una armadura de cadenas ya que en los frentes de carguío al momento de cargar se encuentran con rocas sueltas que los dañan.

4.3.2.- Equipos de Transporte.

Los equipos de transporte al igual que los equipos de carguío, cumplen un rol fundamental en el proceso minero, ya que sus costos son determinantes para el balance económico global. Son los encargados de transportar el material, tanto estéril como mineral desde la mina hacia la planta, botaderos y stock.

CCMC posee una flota considerable de camiones de alto tonelaje, la cual corresponde a camiones CAT 793 con una capacidad aproximada de 240 toneladas.

Figura 4.6 Camión de extracción en CCMC.

4.3.3.- Equipos de Apoyo.

Los equipos de apoyo a la producción cumplen un rol fundamental en la minería pues sin su colaboración se tornaría imposible o muy complicado desempeñar muchas de las labores mineras.

Por lo general estos apoyan en trabajos de mantención de caminos, construcción de rampas operativas, saneamientos de taludes, limpieza de pisos de palas. Estos trabajos son realizados por el selecto equipo de trabajo, de equipo pesado.

Figura 4.7 Equipos de apoyo en labores de movimiento de tierra.

4.3.3.1.- Bulldozer.

El bulldozer es un equipo utilizado en maniobras de empuje y movimiento de tierra, mediante el arrastre del material.

Tareas principales:

- Mantención de botaderos y caminos.
- Clausura de caminos o rampas.
- Apoyo en maniobras de vaciado a camiones de extracción.
- Limpieza en frentes de carguío y apertura de accesos.
- Apoyo de traslados de palas en descenso por rampas.
- Construcción de caminos en rampas.
- Trabajo en cono Stock Pile.

Figura 4.8 Bulldozer en labores de empuje de un Bolón.

4.3.3.2.- Retroexcavadora.

Las retroexcavadoras son muy utilizadas en la mina, sobre todo en lugares que es necesario trabajar el movimiento de tierras a nivel inferior al plano de apoyo, o un poco superior a éste. Algunas tareas comunes son la limpieza del Chancador Primario, excavación de pozos para desagüe mina, y eventualmente acuñar crestas de bancos, saneamiento de paredes de talud. En ciertos casos apoyar al carguío de la mina, y construcción de bermas.

4.3.3.3.- Whelldozer.

Similar al bulldozer, pero montado sobre ruedas, cumple funciones de apoyo tales como mantención y limpieza de caminos, preparación de terrenos, mantención de botaderos, movimientos de postes pasa-cables aéreos, construcción de bermas de seguridad.

Este equipo también apoya al carguío de las palas, puesto que le acumula material para darle la altura necesaria para que esta comience a cargar.

4.3.3.4.- Motoniveladora.

La principal finalidad de la motoniveladora es nivelar terrenos, y refinar taludes. Una de las características que dan gran versatilidad a esta máquina es que es capaz de realizar el refino de taludes con distintas inclinaciones. El trabajo de la motoniveladora suele complementar al realizado previamente por otra maquinaria de construcción, como excavadoras o escarificadoras.

Tabla 4.2 Equipos de apoyo CCMC.

Flota	N° de Equipos
Retreexcavadoras CAT 385C	1
Motoniveladoras CAT 16H-M/ 24M	4
Bulldozer CAT D10N-T-R	12
Whelldozer CAT 824 H-G	5
CAT 793 O-63	1

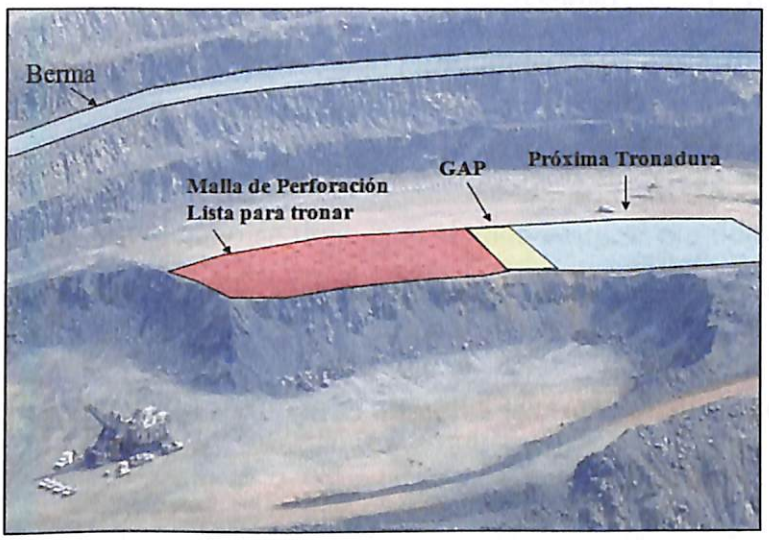
4. 4.- La perforación en Minera Candelaria.

4.4.1.- Diseño de las mallas de perforación.

Los diseños de las mallas de perforación varían principalmente si se encuentra en una malla de mineral o de estéril, se utilizan patrones que van desde 5x5 en mineral y hasta 9x8 en estéril (siendo BxS), todos estos patrones están aptos para ser perforados por nuestra flota tanto de Pit-Viper como de Bucyrus. Las mallas tienen algunas limitaciones, como lo es el "GAP", que es un espacio generalmente de 15

metros, que no se perfora, ya que se ve afectado por la tronadura, derrumbando los pozos si se realizaran en dicho sector.

Figura 4.9 Vista de diseño de dos mallas de perforación.



Para la planificación de las mallas deben existir ciertas normas y condiciones estándares, para la obtención de un adecuado diseño en lo que respecta a el burden y espaciamiento de los pozos.

Los parámetros utilizados son los siguientes:

- R.Q.D (Rock Quality Designation).
- Tipo de Roca (Litología).
- Dirección Preferencial del Sistema Estructural. (Roseta Estructural).
- Porcentaje de Cobre.
- Velocidad de Penetración.

4.4.2.- Flota de perforación de CCMC.

En CCMC se cuenta con dos tipos de flotas de perforadoras, las tipo diesel de marca Atlas Copco, modelo Pit-Viper 351, las perforadoras eléctricas de marca Bucyrus modelo 49 RIII. Ambas flotas con capacidad de perforar pozos con diámetros en 10 5/8" y 9 7/8" y alcanzando profundidades de hasta 20 metros y más.

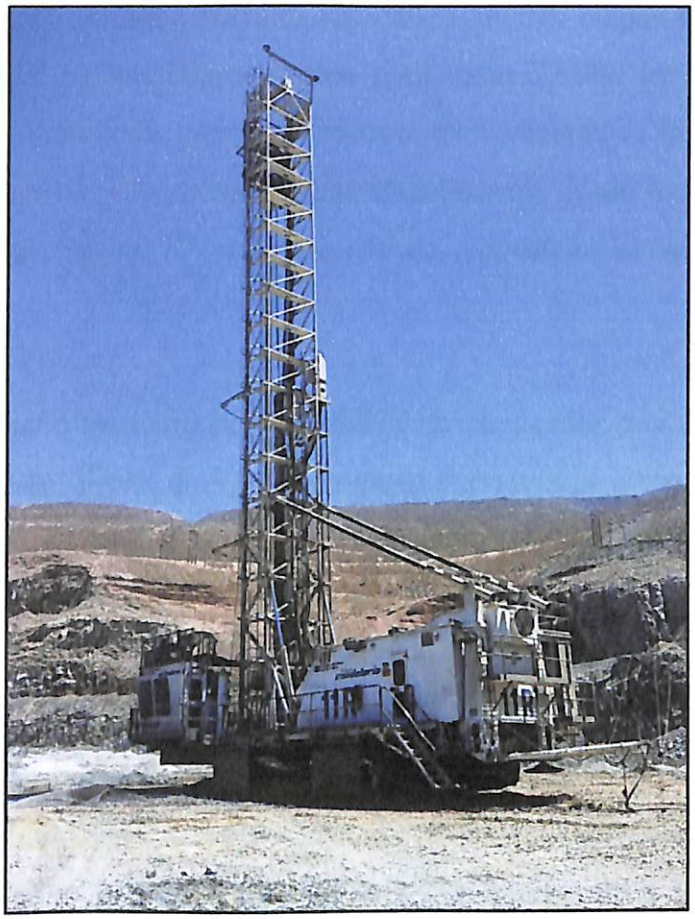
En la actualidad se cuenta con cuatro perforadoras Bucyrus y cuatro Pit-Viper, pero en un futuro no muy lejano se tiene considerado emigrar por completo a la flota otorgada por Atlas Copco, debido a las nuevas tecnologías que se han implementado.

En el siguiente cuadro resumen se observan las características de las flotas:

Tabla 4.3 Principales características equipos de perforación que operan en CCMC.

Equipo	Atlas Copco	Bucyrus
Modelo	Pit-Viper 351D	49 RIII
Tipo	Rotativa y DTH-Single Pass	Rotativa
Pull Down	125.000 lbs	140.000 lbs
Compresor	3.800 Cfm	2.430 Cfm
Peso Operativo	185.000 kgs	155.000 kgs
Altura Maxima	30 mts	30 mts

Figura 4.10 Perforadora Bucyrus 11R (eléctrica).



Los pozos de Precorte son realizados por la empresa externa Rocmin, que trabaja con equipos Atlas Copco modelo Roc L8, también montados sobre orugas. La perforación de precortes se realiza en diámetros de 6 1/2" y 7 1/2", tanto de forma vertical, como en ángulos que por lo general son de 72°.

4.5.- Procesamientos de minerales.

El tratamiento de los minerales se realiza en tres etapas que se dividen en chancado, molienda, y flotación, diseñada para tratar 72,000 toneladas por día, el procesamiento se inicia desde que los camiones provenientes de la mina o stock con un P80 promedio de 12 pulgadas descargan directamente desde la tolva al chancador primario. (En la Figura N° 4.12 se puede visualizar el diagrama de flujo concentrador)

a) El chancado primario corresponde a un chancador giratorio de 60" x 89" con una capacidad de diseño de 3,740 tph, posteriormente el mineral es transportado mediante una cinta transportadora a una pila de acopio de mineral que tiene una capacidad de 500,000 toneladas.

b) La molienda está compuesta por dos líneas de proceso, cuyos equipos corresponden a:

- Molino SAG de 36 x 15 ft. posee una capacidad de diseño de 28,000tpd, el material que sale del molino tiene una granulometría promedio bajo 3", luego este pasa por un harnero vibratorio, que clasifica el material, donde el sobre tamaño es enviado al chancador de pebbles.
- Chancador de Pebbles, tiene por objetivo evitar una recirculación del mineral hacia el molino SAG, permitiendo una mayor alimentación de mineral fresco. Los tres chancadores de pebbles tiene una capacidad de diseño de 410 tph,
- El material que sale del Chancador de Pebbles, es clasificado por harneros, el sobre tamaño es enviado a la denominada fase 3, llegando a 2 silos para posteriormente ser tratado en un molino de bolas, posteriormente el mineral de la fase 3, es enviado a una batería de

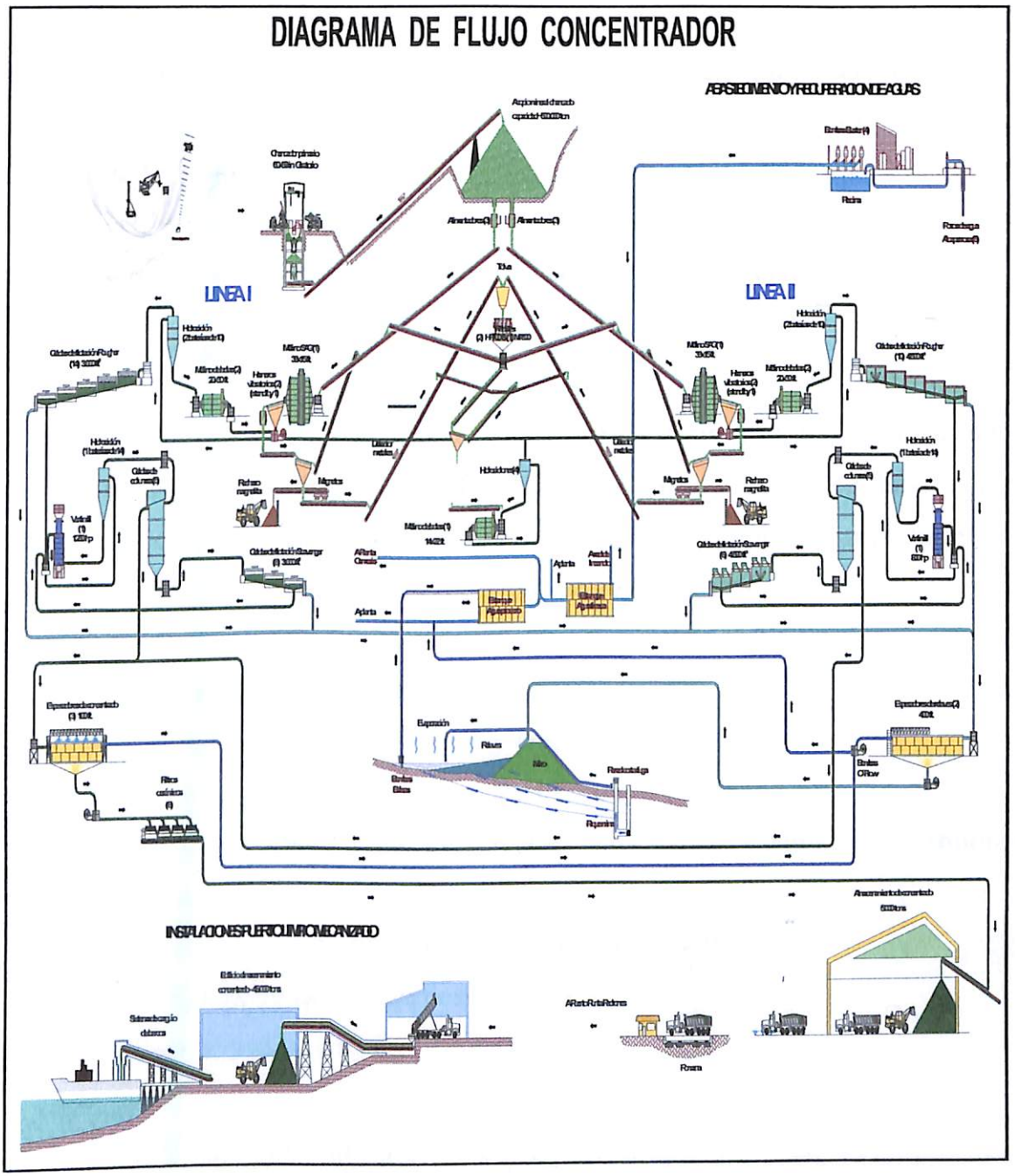
ciclones que clasifican el mineral que puede pasar a la flotación, el sobre tamaño es recirculado.

- Por otra parte, el bajo tamaño del SAG es enviado a una batería de ciclones que permite separar el mineral que se encuentra con una granulometría óptima para ser enviado a la flotación, el sobre tamaño es tratado en dos molinos de bolas de dimensiones 20 x 30 pulgadas hasta lograr la granulometría óptima para enviarlo a flotación.

c) Flotación.

- Está compuesta de 3 etapas que se inicia con el tratamiento del bajo tamaño de los hidrociclones, comenzando en las celdas de flotación Rougher donde se adicionan los reactivos y espumantes, compuesta de 2 fases, la primera con 14 celdas de 3000pies^3 y la segunda con 10 celdas de 4500 pies^3, el mineral obtenido en esta etapa es enviado a una batería de hidro ciclones que clasifican el concentrado de acuerdo a su tamaño, donde el sobre tamaño es enviado a un molino vertical para un proceso de remolienda, el bajo tamaño se envía a la flotación cleaner.
- El proceso de flotación cleaner y re-cleaner, consisten en celdas de columnas, compuesta 8 celdas cleaner y 2 de re-cleaner, cuyo objetivo es aumentar la ley del concentrado.
- Desde la flotación cleaner se envía el mineral a la flotación scavenger, compuesta por dos fases, la primera con 8 celdas de 3000 pies cúbicos, la segunda con 6 celdas de 4500 pies cúbicos.

Figura 4.11 Diagrama de Flujo Concentrador



Capítulo 5: SISTEMA DISPATCH.

5.1.- Definición Dispatch.

Es una herramienta de gestión que busca optimizar la asignación de camiones a palas, a su vez controlando la operación del resto de los equipos auxiliares, maximizando la utilización del tiempo y minimizando las perdidas operacionales en tiempo real. Además es un sistema de asignación dinámica, basado en esquemas de control de tiempos de ciclo pala-camión, asociado a un destino conocido.

5.1.1.- Operación básica del sistema Dispatch.

Básicamente el sistema está encargado de registrar cada uno de los eventos que se producen durante los distintos ciclos de operación. Es en base a esta información que el sistema es capaz de determinar la ruta óptima de transporte. Las operaciones básicas que desarrolla el sistema son las siguientes:

- Registro de eventos relevantes del ciclo de transporte.
- Transmisión instantánea de datos y posterior decodificación.
- Software del sistema registra y guarda los datos.
- Software procesa información y realiza asignaciones óptimas para camiones de extracción.
- Envió de asignación al camión de extracción respectivo.
- Posicionamiento de los equipos de riego.
- Registro de eventos del proceso de riego.

5.1.2.- Dispatch como herramienta.

Como un optimizador de rutas y administrador de la operación minera, el sistema se convierte en una importante herramienta de gestión y control, de esta forma el sistema puede ser descrito en seis funciones básicas:

- Colector de datos
- Almacenador de datos
- Solución de problemas en tiempo real
- Best path (mejor ruta)
- PL (programación lineal.)
- PD (programación dinámica.)

Cada una de estas funciones es relevante y es en ella, que el sistema basa las respectivas asignaciones.

5.2.- Modelo minero Dispatch.

Una de las grandes ventajas que presenta el sistema es la gran cantidad de información capaz de procesar rápidamente, además de reconocer cada uno de los lugares en los que se encuentran los equipos. Para optimizar esta gran cantidad de información y variables y entregar a los equipos la mejor asignación, el sistema está configurado dentro del siguiente modelo:

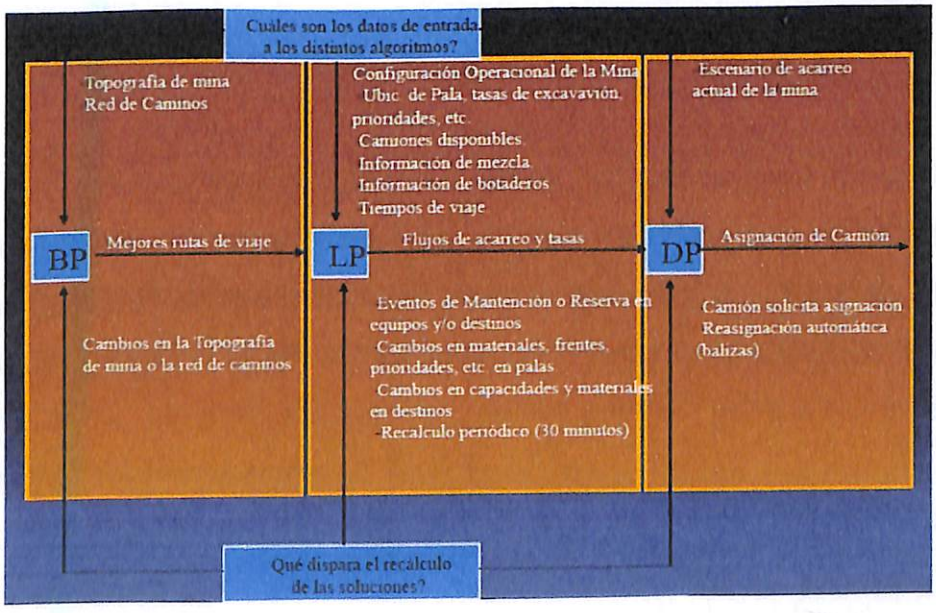
- Mina: lugar geográfico que está siendo explotado, este puede contener uno o más pits.
- Pit: lugar físico de explotación, es aquí en donde se encuentran operando los equipos.
- Región: dependiendo de la magnitud o necesidades del pit, este se puede dividir en distintos sectores de manera de puntualizar la operación en sectores específicos.
- Punto de carga: es el punto específico demarcado con coordenadas espaciales, en donde se encuentran los puntos de carga dentro del pit, generalmente estos puntos obedecen a la ubicación de los equipos de carguío.

- Punto de descarga: punto específico, demarcado con coordenadas espaciales, en donde se encuentran los puntos de descarga dentro del pit, generalmente estos puntos corresponden a botaderos, stock y chancado.
- Nodos intermedios: puntos virtuales, definidos por coordenadas espaciales. Estos nodos sirven de referencia de caminos, es decir entre cada par de nodos es posible conocer distancia y pendiente.
- Balizas: punto virtual dentro de las rutas de transporte del pit, incluyendo puntos de carga y descarga, definidos por coordenadas espaciales. Estas balizas son utilizadas en la detección de camiones de extracción en sus llegadas y/o salidas desde origen o destino, además las balizas permiten al sistema reasignar en ruta, si el algoritmo llegase a encontrar una mejor.

5.3.- Algoritmo del sistema Dispatch.

Para comprender el algoritmo utilizado por el sistema dispatch se debe tener en consideración que este sistema maneja una gran cantidad de información y variables, de manera de generar una asignación óptima y eficiente (Ver Figura N° 5.1)

Figura 5.1 Diagrama de Algoritmo de Optimización en Dispatch.



Los principales datos que debe manejar el algoritmo son los siguientes:

- Una red de rutas de transporte que contiene cada uno de los caminos.
- Pendientes y distancias de cada uno de los caminos.
- Tiempos de viajes (históricos y tiempo real) entre puntos de carga, botaderos y balizas (beacon) virtuales intermedias en ruta.
- Tiempos de maniobra y descarga en botadero y chancado.
- Estatus operacionales de equipos.
- Restricciones operativas tales como prioridad de palas, capacidad de botaderos, chancado, etc.
- Ranking match pala-camión.

Es sobre la base de esta información, ya sea histórica o en tiempo real, que el sistema realiza las asignaciones, mediante algoritmos que se encuentran en los tres subsistemas presentes:

- Mejor ruta (MR-Best Path): Cambios en la topografía
- Programación lineal (PL-Lineal Programming): Cambios importantes en las variables dependientes del tiempo.
- Programación dinámica (PD-Dynamic-Programming): Asignación en tiempo real.

5.3.1.- Mejor Ruta (MR).

El subsistema mejor ruta de viaje, determinado mediante el menor tiempo de transporte (tiempo-distancia), para lo cual utiliza el algoritmo de Dijktras. Este algoritmo calcula el tiempo mínimo de un nodo a otro (punto virtual de ubicación), mediante una red de nodos que describen un árbol direccionado. Una vez realizado el cálculo de la MR, se entrega al siguiente subsistema (PL) la siguiente información acerca de las rutas de transporte:

- Distancia total mínima
- Estimación del tiempo de viaje
- Puntos intermedios de viaje (puntos virtuales por donde debe pasar el camión)

5.3.2.- Programación Lineal (PL).

El algoritmo de programación lineal del sistema dispatch utiliza el método simplex, que resuelve un conjunto de ecuaciones lineales de restricciones, para minimizar las necesidades de camiones de extracción, sujeto a una función de prioridades y exigencias. El modelo de PL tiene como variables la tasa de alimentación del objetivo en [ton/h] o [m^3/h] para cada ruta, tanto de equipo de carguío como puntos de descarga. La PL calcula la razón de alimentación que minimiza el total de camiones requeridos para cubrir las necesidades de pala, sujeto a las restricciones de la mina:

- Continuidad de pala y puntos de descarga.
- Taza de excavación máxima de cada equipo de carguío.
- Capacidad máxima de vaciado en los puntos de descarga.
- Equipos disponibles.
- Tipo de material y ley del mineral.

Dispatch utiliza las soluciones entregadas por la programación lineal para generar asignaciones óptimas de equipos en tiempo real. Un problema que surge al despachar camiones de extracción en una mina a cielo abierto es la gran cantidad de variables que existen y que se relacionan entre sí. Para solucionar este problema la PL incluye una cantidad de variables relacionadas a un cierto número de ecuaciones matemáticas denominadas restricciones y una función objetivo. En resumen, este subsistema resuelve las ecuaciones lineales de restricciones maximizantés programada en base a prioridades de carguío, tazas de excavación, capacidad de vaciado y restricciones de material y/o mezclas.

5.3.3.- Programación Dinámica (PD).

Si bien es cierto, la Programación Lineal entrega una solución en cuanto al flujo de alimentación de cada ruta en [ton/h]. No lo hace para el problema de asignación de equipos.

Este problema es resuelto utilizando la estrategia de la programación dinámica (PD), un proceso de optimización basado en el principio Optimizante de bellmans.

El principio básico consiste en entregar una importante modalidad dinámica de cálculo para las variaciones operacionales que se suscitan, como variaciones en la disponibilidad de equipos (cambios de estatus), flujo de alimentación (puntos de carga y/o descarga), prioridad de palas, distancias de transporte. Para este proceso, el sistema genera dos listas, una en base a la PL, donde incluye rutas ordenadas por prioridad de tiempo y una lista de camiones que requieran asignación a través del tiempo. Es así como la programación dinámica (PD) establece las necesidades de camiones óptimos sobre la base de los que requerirán asignación de carguío o bien puedan variar está en ruta.

5.4.- Componentes del sistema Dispatch.

Dispatch requiere de numerosos y variados componentes para funcionar de manera óptima y confiable. Para lograr cumplir con el objetivo, debemos tener sistemas computacionales de oficina y de terreno, los que realizaran el trabajo de procesar los datos:

5.4.1.- Sistema computacional de oficina.

- Servidores HP.
  RedHat Linux 8.0.
  Software Intellimine de MMS.
- HUB PSW Ground Station conexión Ethernet.
- Antena GPS de alta precisión.
- Plataforma de comunicación: Red Mesh.
- Laptop de Administración con VPN y SSH.
- Laboratorio de Mantenimiento eléctrico (laptop).

Figura 5.2 Configuración del Hardware de Dispatch.

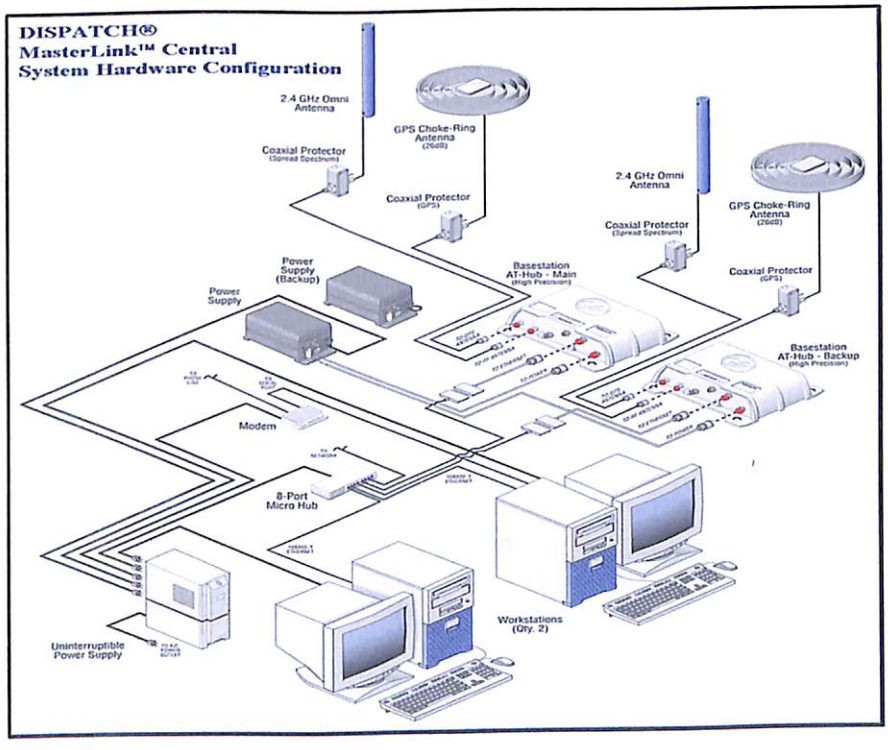
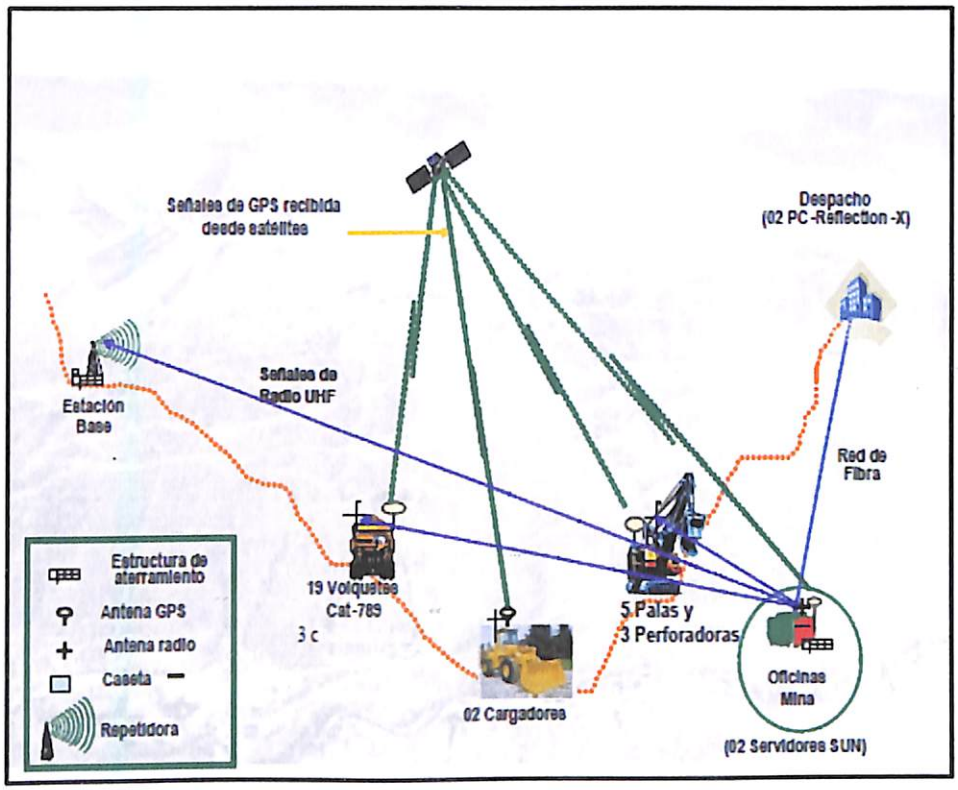


Figura 5.3 Continuación Configuración del Hardware de Dispatch.



5.4.2.- Equipo de campo.

- Consola grafica (Goic).
- HUB.
- Unidad central de proceso.
- Receptor GPS Ashtech o Topcon.
- Receptor HPGps externo.
- Antena GPS.
- Switch y antenas Cisco Mesh.

5.4.3.- Acces Points.

- Puntos Fijos de acceso a la red Mesh (Conexión a la red de la mina).
- Puntos de accesos móviles (Carritos Mesh).

Figura 5.4 Equipamiento hardware de campo.

Figura 5.5 Equipamiento hardware de campo.

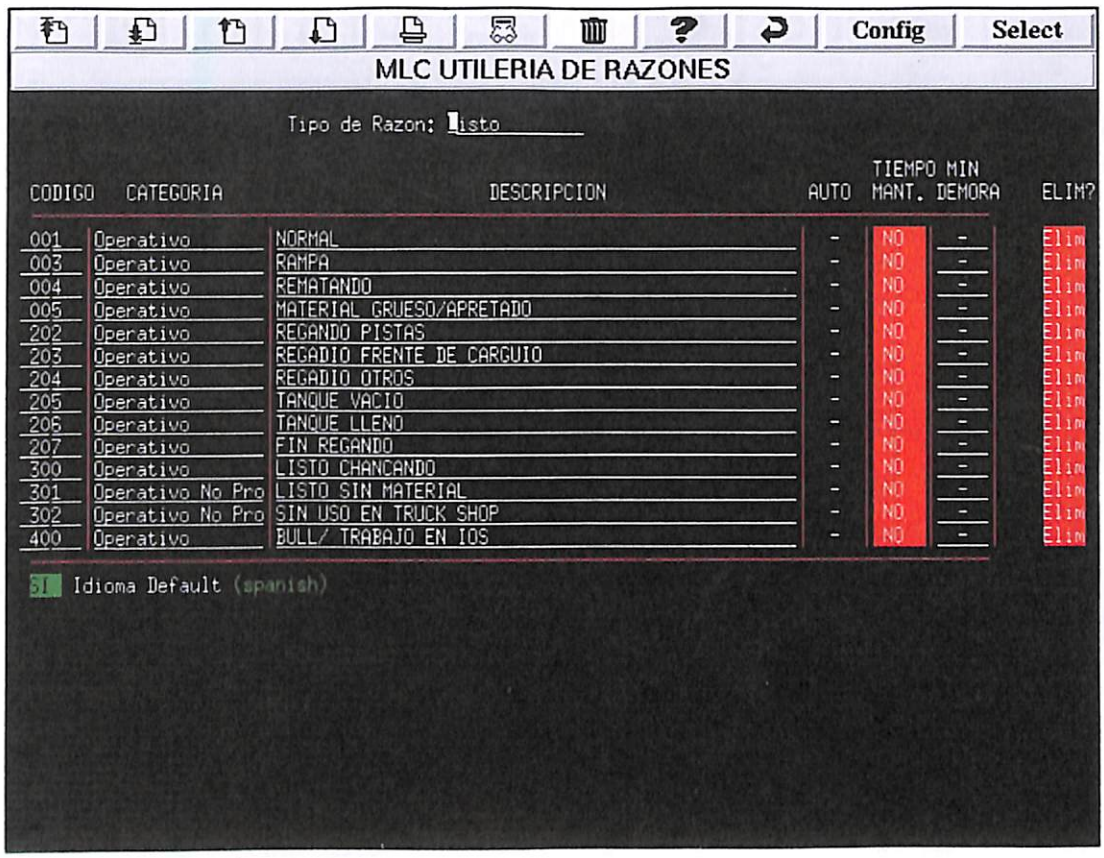
5.5.- Clasificación de estados en Dispatch.

La gestión y clasificación de tiempos es de suma importancia en un sistema de despacho. Para la correcta asignación de equipos se divide en cuatro estados: Listo, Demora, Disponible y Pane.

5.5.1.- Estado "Listo".

Hace referencia al tiempo que el equipo está realizando un trabajo y donde el operador ha ingresado la acción de listo seguido de su registro. Este tiempo es en si el que debería acumular el tiempo de ciclo del equipo y es incluido en el cálculo de la asignación. Se crean como operativos, tiempos que se asignan a trabajos especiales o a planes que se quiere controlar mediante asignaciones automáticas de tiempo, como se observa en la Figura 5.6

Figura 5.6 Ejemplo Estado listo.

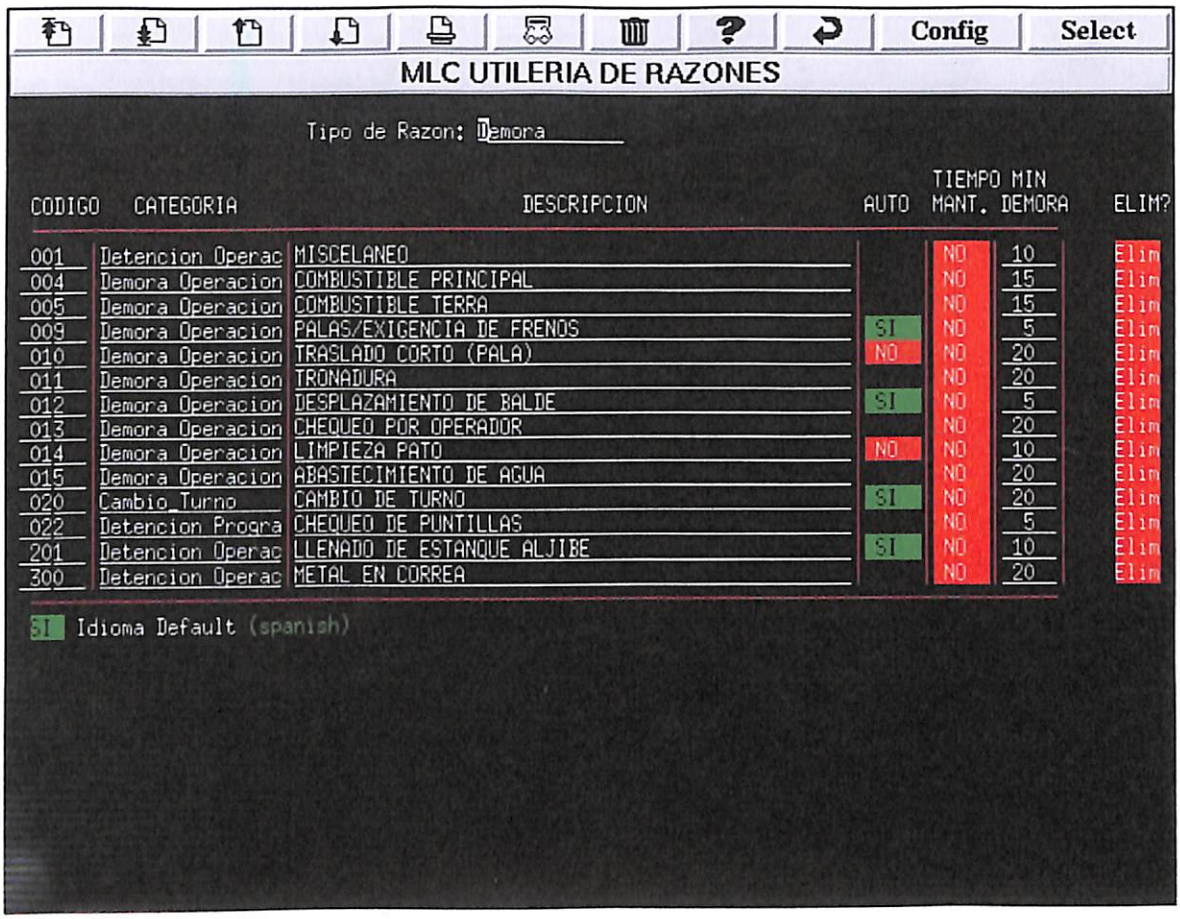


5.5.2.- Estado “Demora”.

Hace referencia a las demoras operativas. Pueden ser demoras programadas como no programadas. Este tiempo es tomado en cuenta para el cálculo de asignación dinámica, ya que a cada demora se emplazan tiempos estimados, de tal forma que la PL toma en cuenta este equipo como listo una vez que ha pasado el tiempo estimado.

Se suele clasificar un tiempo de inspección de equipos que es en si un tiempo corto por inspección de mantenimiento, como demora, para lograr que el sistema tome en cuenta el equipo en inspección, luego que pase el tiempo estimado. Claro que este tiempo se asigna en la misma pantalla de estatus para que se cargue al cálculo de los KPIs que afectarán a mantenimiento. A continuación en la figura 5.7, un ejemplo.

Figura 5.7 Ejemplo Estado de Demora.

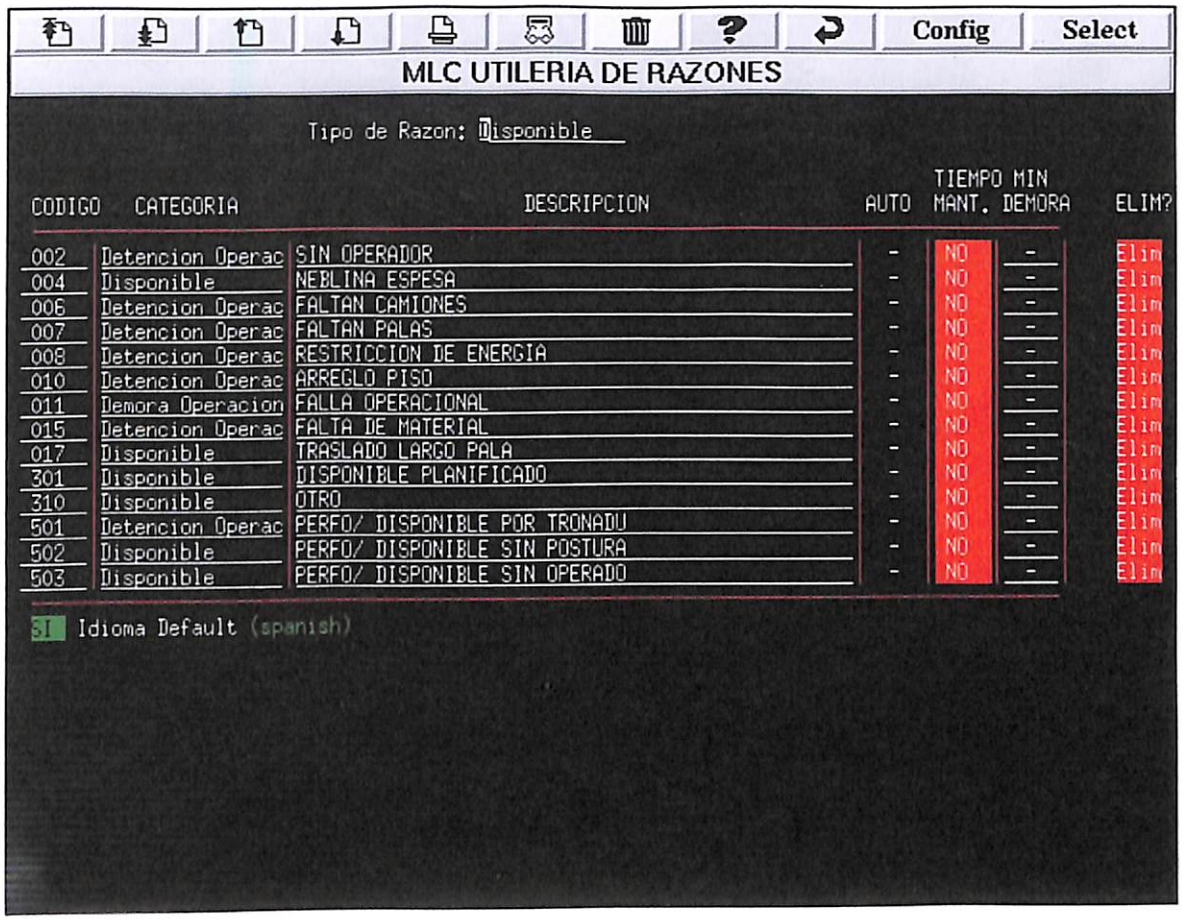


5.5.3.- Estado "Disponible".

Este estado se utiliza cuando un equipo esta disponible para trabajar, pero no hay un operador que pueda cubrir esta plaza. En algunas ocasiones este estado es planificado con la finalidad de no afectar los distintos procesos de la extracción, así disminuir las colas en los frentes de carguío, y los puntos de descarga, también a su vez disminuir los costos de combustible.

Uno de los disponibles que más afectan a nuestros KPI´s, es el disponible sin operador, ya que este influye directamente en el uso de la disponibilidad del equipo, como este estado observaremos otros ejemplos. Ver Figura N° 5.8

Figura 5.8 Ejemplo Estado de disponible.

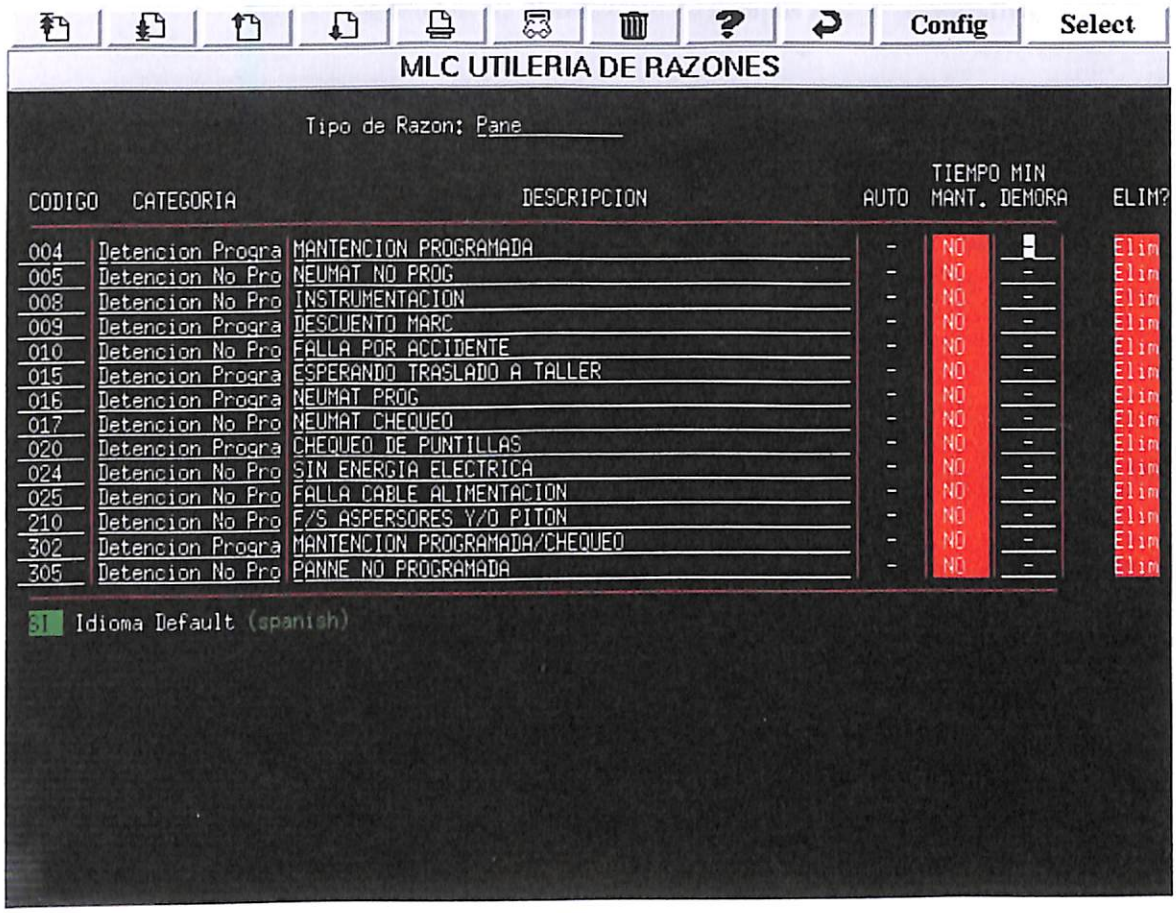


5.5.4.- Estado “Pane”.

Hace referencia a los tiempos que son asignados para que mantenimiento realice la gestión de soporte preventiva o correctiva en los equipos. Este tiempo no se incluye en el cálculo de las asignaciones.

Un equipo al entrar en este estado es sacado de la PL, de esta forma redistribuyendo la flota y realizando nuevos cálculos para llevar a cavo una asignación adecuada. Los tiempos de estado panes afectan directamente al área de mantención. En la Figura 5.9 un ejemplo.

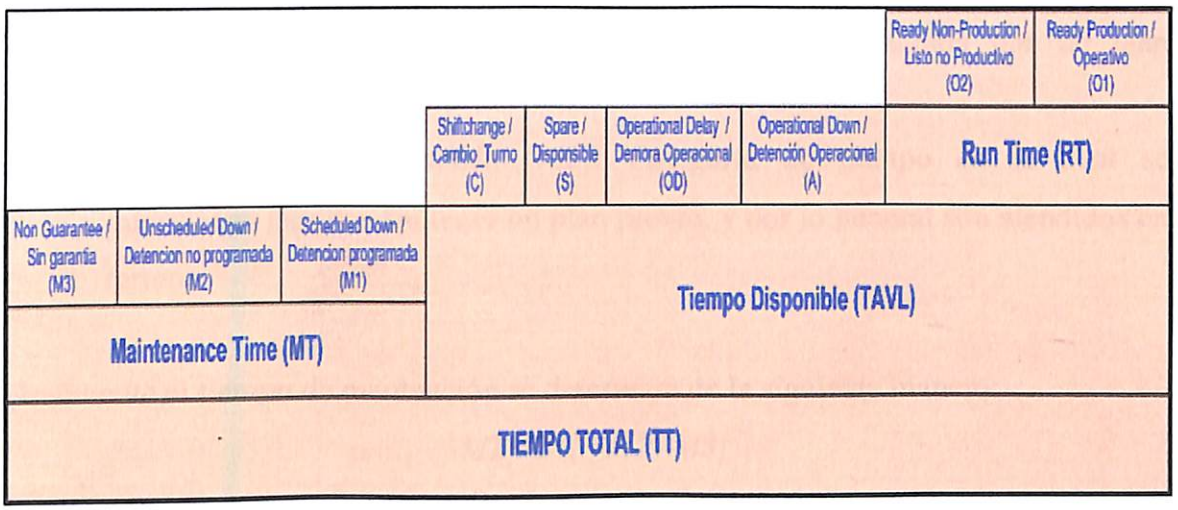
Figura N° 5.9 Ejemplo Estado de Pane.



5.6.- KPI´s (Key Performance Indicator) aplicados en Dispatch.

El manejo de KPI's está basado en la conceptualización corporativa de la distribución de tiempos. La base de esta distribución de tiempos es la definición de cada razón de tiempo, garantizando que el benchmarking entre faenas se realice teniendo las mismas variables y parámetros de comparación. El control de los KPI´s se realiza a través de un benchmarking a nivel de la corporación de Freeport McMoran, en la cual se definen metas para que las distintas faenas de la corporación alcancen el éxito cumpliendo con estas. A nivel corporativo de Frerport MacMoran el modelo de distribución de tiempos es como se muestra a continuación en la Imagen Figura 5.10.

Figura 5.10 Modelo de distribución de tiempos a nivel corporativo.



CCMC al situarse dentro de la corporación Freeport-McMoRan Copper & Gold, y al igual que el resto de las fanes pertenecientes recibe un cierto modelo de distribución de tiempos los cuales afectan directamente a los KPI´s y a las disponibilidad y uso de la disponibilidad. Estos se dividen en tres grandes grupos y a la vez en un cuarto tiempo que engloba las demás categorías:

5.6.1.- Tiempo total (TT).

Este es el tiempo total de los equipos, este incluye los tiempos de mantención, disponibles y el Run time: el cálculo de este se obtiene de la siguiente forma:

$$TT = O1+O2+A+M1+M2+OD+S+M3+C$$

5.6.2.- Tiempo Mantención (MT).

Es el tiempo durante el cual mantención interviene en los equipos, esto ya sea por mantenimiento preventivo o correctivo. Y a consecuencia de este tiempo los equipos quedan detenidos, con el fin de reparar algún desperfecto, así el equipo deja de intervenir en el proceso productivo y es sacado de la PL.

El cálculo de este tiempo engloba tres categorías de tiempo de mantención, las cuales describiremos a continuación:

- Detención Programada (M1): Esta categoría hace alusión al tiempo en que se interviene un equipo en forma programada, esta generada por un plan realizado por mantención.
- Detención No Programada (M2): Categoría de tiempo en la cual se intervienen equipos sin tener un plan previo, y por lo general son atendidos en terreno.

Finalmente el tiempo de mantención se determina de la siguiente manera:

$$MT = M1 + M2 + M3$$

5.6.3.- Tiempo Disponible (TAVL).

Tiempo en que el equipo esta habilitado y en buenas condiciones para operar, es el tiempo que la operación tiene para realizar su trabajo.

El tiempo disponible incluye tanto los tiempos de producción como los tiempos de demora provocados por los operadores, los cuales se describen a continuación:

- Detención Operacional (A)
- Demora Operacional (OD)
- Disponible (S)
- Cambio de Turno (C)

El tiempo disponible se calcula de la siguiente manera:

$$TAVL = A + OD + S + C + RT$$

5.6.4.- Run Time (RT).

Es el tiempo operativo y de producción en donde se llevan a cavo los distintos trabajos de explotación del rajo, este tiempo se divide en dos:

- Operativo (O1)
- Listo No Productivo (O2)

Este tiempo se calcula de la siguiente manera:

$$RT = O1 + O2$$

5.6.5.- Indicadores claves de desempeño.

Mediante las distintas categorías de tiempo que afectan a la corporación, se pueden obtener distintos datos los cuales nos llevan a obtener ciertos indicadores claves en el desempeño de la operación. La forma en que nosotros maximicemos estos indicadores nos llevaran al éxito en nuestro negocio minero.

En la búsqueda de maximizar estos indicadores se juntan dos áreas, la de mantención y la de operaciones mina. Mantención es el encargado de mantener el equipo en las mejores condiciones, de esta forma brindando la disponibilidad de equipos que la operación requiera. Mientras que la participación de la operación consiste en maximizar el uso de la disponibilidad entregada por mantención.

A medida que estos KPI´s se optimicen, aportaremos al mejoramiento continuo de la operación. A continuación definiremos cuales son los indicadores claves dentro de nuestro negocio:

- Physical Availability (Disponibilidad).

Porcentaje del tiempo total en el que el equipo esta disponible para la gestión de operaciones. La cantidad de tiempo disponible esta en función de la gestión de mantenimiento. Por lo tanto:

Physical Availability= (Total Time-Mantenance Time)/Total time

- Use Of Availability (Uso de la Disponibilidad).

Mide el uso del tiempo disponible. La utilización mide el uso que se le da al recurso. Es el porcentaje del tiempo disponible en que el equipo ha sido utilizado de forma efectiva. Se obtiene de la siguiente forma:

Use of Availability= Run Time/Available Time

- Utilización.

Es una medida de la utilización del Tiempo Disponible (Tiempo de Funcionamiento + Tiempo de Demoras Operativas). Mide la gestión de operaciones mina, es la fracción porcentual del tiempo disponible en donde el equipo se encuentra en producción pura, indica que tan eficientemente se gestiona el equipo. Por lo tanto:

Utilización= Run Time/Total Time

De la misma forma nos encontramos con ciertos indicadores que afectan directamente a la confiabilidad del mantenimiento, estos indicadores son los siguientes:

- MTBME.

Es el tiempo promedio de paradas de mantenimiento. Mide la frecuencia de las paradas por mantenimiento. ¿Cada que tiempo para por mantenimiento?

MTBME= Run Time/Maintenance Occurrences Count

- MTTR (medium time to repair).

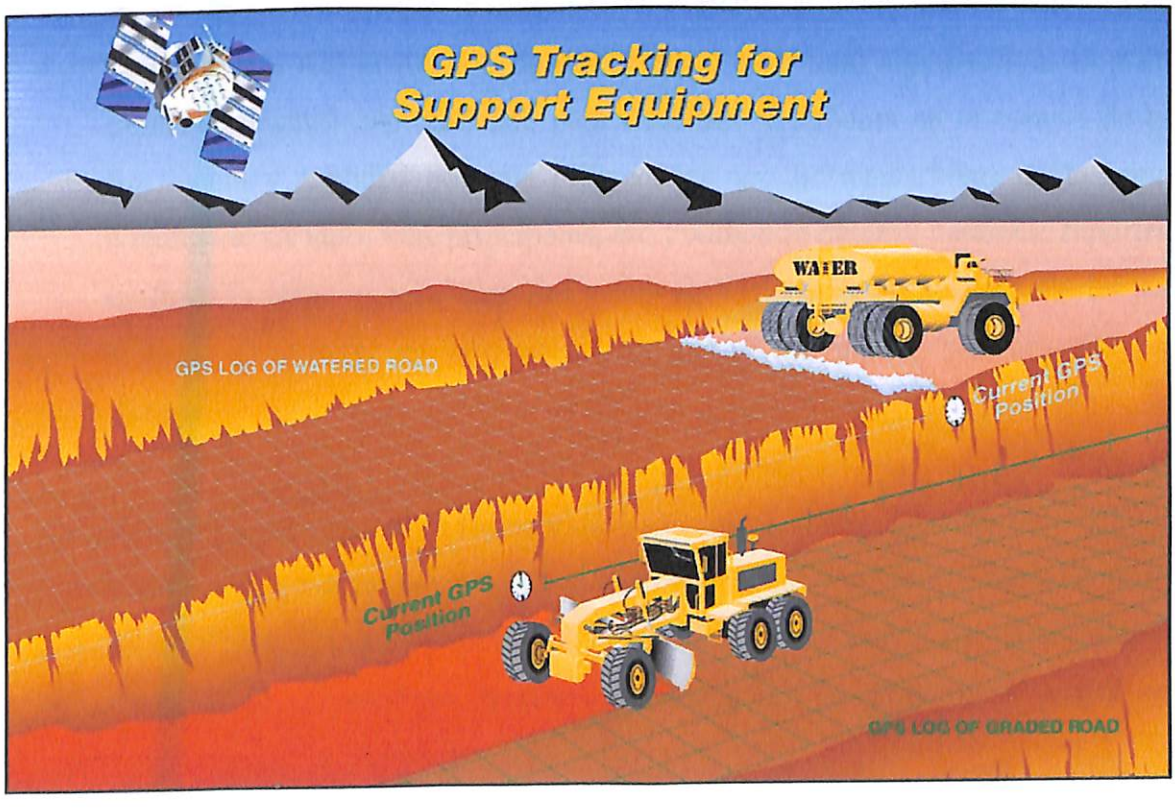
Es el tiempo medio de reparación, una medida promedio del Tiempo de Demora por Falla de un Equipo, esto indica qué tan rápido puede devolverse el equipo a producción después de una falla. El tiempo promedio para reparación indica cuanto demora mantenimiento en promedio para reparar una falla. ¿Cuánto se demoran en reparar una Falla? Por lo tanto:

MTTR= Maintenance Time/ Maintenance Occurrences

5.7. - Dispatch en equipos auxiliares.

En la constante búsqueda de la innovación Modular se adentra en el campo de los equipos auxiliares, así rastreando el estado de estos equipos en línea. Además, permitirá priorizar tareas y poder asignar remotamente un trabajo a los equipos, así como asignarles operadores.

Figura 5.11 Dispatch en equipos auxiliares.



Ventajas de Dispatch en equipos auxiliares:

- Eliminar los errores al automatizar los ingresos de información y reporte en equipos auxiliares. Todo esto origina que el cálculo de los KPIs (Disponibilidad, Utilización, tiempo entre fallas MTBF, tiempo para reparación MTTR, etc.), no tengan la confiabilidad y certeza que se requieren para un planeamiento conducente a la administración eficiente de estos recursos; por consecuencia no se puede tener un cálculo real, ni se puede estimar de forma correcta los costos operativos. En Cambio con dispatch podremos monitorear la performance de mantenimiento de forma adecuada y oportuna para la flota de equipos auxiliares.

- En el caso de los Aljibes el problema se agrava al no tener concordancia alguna entre la cantidad de galones de agua que se reporta utilizadas con la cantidad de horas reportadas. El agua es un aspecto ambiental significativo por lo cual hay que controlar en forma adecuada este recurso, actualmente y según los errores que se nombran en el registro de trabajo, tendríamos fuera de control la administración de este aspecto ambiental significativo. Con un módulo Dispatch especializado para cisternas se ayudará en el control de la frecuencia y cantidad de agua utilizada en las diferentes áreas de la mina (frentes de carguío, vías principales, etc.) pudiendo obtener mediante reportes en línea la relación agua-material y así también poder optimizar y tomar las mejores decisiones en el proceso productivo de planta, por ejemplo en chancado.

- Ayudará a monitorear en forma exacta la zona actual de descarga para apoyar al despacho en la reubicación de la baliza (beacon) y así tomar mayor control en el "Delta C" por la reubicación oportuna y adecuadas de estas balizas. Además, el dispatch en tractores representaría un importante apoyo en

proyectos como el control y mantenimiento de vías principales, construcción de rampas principales para la mina, etc.

- Apoyaría la medición de la productividad en los proyectos de la mina y así se podría hacer seguimiento real a los proyectos (horas estimadas, avance, etc.).

- Al tener dispatch en equipos auxiliares permitirá que el despachador se concentre en su real trabajo, que es el de estar pendiente del correcto trabajo del sistema en asignación dinámica, de las configuraciones oportunas que esto amerita, de la asignación de equipo en el cambio de turno y de la atención adecuada a las coordinaciones con la supervisión. Esto permitirá obtener el máximo beneficio del trabajo del despacho y no captar su atención en ingresar datos además de ahorrar tiempo de procesamiento de información.

- El sistema proporciona información sobre el estado del equipo en el turno, que permite determinar actividades incompletas y priorizar los trabajos en el turno entrante.

5.8.- Módulo Water Truck.

El módulo de Water Truck es una de las herramientas disponibles en Dispatch que sirve principalmente para controlar y administrar los vehículos de riego de agua existentes en la mina. La tarea de los camiones aljibes, es regar agua a lo largo de las rutas y caminos dentro de la mina con el objetivo de mantenerlos húmedos y así proporcionar mejores condiciones de operación a los demás equipos, principalmente los camiones que transportan mineral desde las palas a los botaderos.

Estos equipos también contribuyen con el control de polvo en la mina aportando de una manera significativa a la no contaminación ambiental.

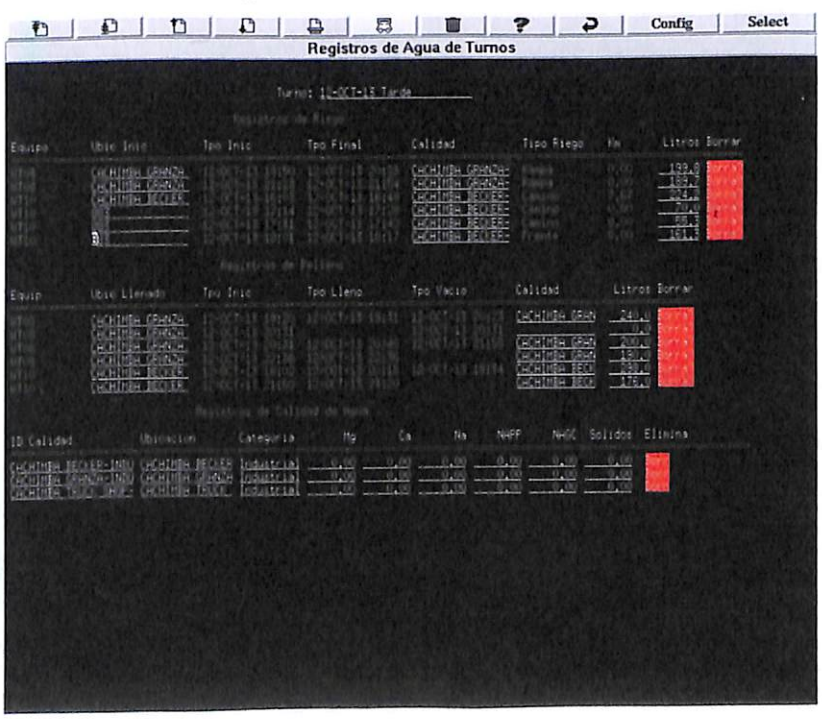
Al tener implementado el módulo de Water Truck es un aporte al tema de seguridad minera, dado que se podrá tener un control de regado más adecuado en vías en donde los vehículos que transitan por las pistas pueden sufrir incidentes o accidentes por falta o exceso de regadío.

5.8.1.- Water truck dentro del Dispatch.

El módulo Water Truck del DISPATCH permite monitorear y registrar las operaciones de los camiones aljibes asignados a ejecutar esta tarea, para ello requiere de un conjunto de archivos de código de programación y configuración que permite procesar y almacenar dicha información.

Información que será almacenada más tarde en la base de datos de POWEVIEW, para posteriormente procesarla y obtener los reportes necesarios con el fin de optimizar el proceso. Mediante este módulo se puede controlar y medir todo el proceso de riego de la mina.

Figura 5.12 Modulo wáter truck.



CAPITULO 6: MEDIO AMBIENTE EN MINERA CANDELARIA.

6.1.- Introducción.

En los trabajos realizados a diario en Minera Candelaria se producen ciertos focos de polución, estos a consecuencia de la remoción de materiales, carguío de camiones por medio de palas y cargadores, trabajos desbordes y los distintos tipos de trabajos que se realizan en la mina, emiten partículas que quedan en suspensión, de la misma forma el tránsito de camiones.

Dichas partículas en suspensión o también llamado material particulado respirable se ha clasificado de acuerdo a dos tamaños:

- PM10.
- PM2.5.

El PM10 se puede definir como partículas sólidas o líquidas, como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen dispersos en la atmósfera, cuyo diámetro es menor o igual a 10 μm. Las partículas definidas como PM2.5 corresponden a la fracción más pequeña y agresiva debido a que éstas son respirables en un 100% y por ello se alojan en los bronquios, bronquiolos y alvéolos.

Los efectos en la salud del tamaño de las partículas respirables están dados por el grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio.

La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor a 5μm se depositan en las vías aéreas superiores (nariz), en la tráquea y los bronquios. Aquellas cuyo diámetro es inferior, tienen mayor probabilidad de depositarse en los bronquiolos y los alvéolos y a medida que su tamaño disminuye son dañinas.

6.2.- Definiciones a conocer de la norma.

Antes de indagar en las consecuencias y cuanto aportan los distintos trabajos a la generación de material particulado PM10, lo primero es conocer las normas chilenas que restringen la generación, medición y restricciones sobre este. Para esto se debe conocer ciertas definiciones:

- Material particulado respirable PM10: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrones.
- Concentración: el valor promedio temporal detectado en el aire en microgramos por metro cúbico normal ($\mu g/m^3N$) de material particulado respirable.
- Concentración de 24 horas: corresponde a la media aritmética de los factores efectivamente medidos de concentración en cada estación monitora en 24 horas consecutivas. En el caso de utilizarse monitores con resolución temporal inferior a 24 horas, o perdida parcial de la información horaria, el número de valores a considerar en el cálculo de la media será mayor o igual al equivalente a 18 horas.
- Percentil: Corresponde al valor "q" calculando a partir de los valores efectivamente medidos en cada estación, redondeados al $\mu g/m^3N$ más próximo. Todos los valores se anotaran en una lista establecida por orden creciente para cada estación de monitoreo.

  $X1<<X2<<X3\ldots Xk\ldots<<Xn-1<<Xn.$

  El percentil será el valor del elemento de orden "k" para el que "k" se calculara por medio de la siguiente fórmula: $k=q*Xn$, donde $q= 0,98$ para el percentil 98, y "n" corresponde al numero de valores efectivamente medidos. El valor k será redondeado al número entero más próximo.
- Concentración mensual: Media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración de 24 horas en cada estación monitora, en un mes calendario. Solo se considerara como valor de concentración mensual válido, aquel que resulte de al menos el 75% de las mediciones programadas para el mes, de acuerdo a la periodicidad de monitoreo previamente definida.

- Concentración anual: media aritmética de los valores de concentración mensual en cada estación monitora, en un año calendario.

6.2.1- Definición de la norma primaria y de los niveles de calidad del aire para el material particulado respirable PM10.

Artículo 2° la norma primaria de calidad del aire para el contaminante material particulado respirable PM10, es ciento cincuenta microgramos por metro cubico normal (150 $\mu g/m^3N$) como concentración de 24 horas.

Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRP (Estación Monitora Representativa Poblacional), sea mayor o igual a 150 $\mu g/m^3N$.

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante material particulado respirable PM10, es cincuenta microgramos por metro cubico normal (50 $\mu g/m^3N$) como concentración anual.

Se considerara sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 $\mu g/m^3N$.

6.2.2.- Niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para material particulado.

Artículo 3° defínase como niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable PM10, aquellos que de acuerdo a los cuales el valor calculado para la calidad del aire, en concentración de 24 horas, que se encuentra señalado en la siguiente tabla.

Tabla 6.8 Niveles de emergencia para el material particulado.

Nivel	Material Particulado Respirable PM10 (µg/m³N) en 24 horas
Nivel 1	195 – 239
Nivel 2	240 – 329
Nivel 3	330 o superior

Estas son las normas que establece el Decreto Supremo N° 59/98 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia.

6.3.- La polución en minera candelaria.

En el rajo de CCMC como en las distintas minas a open pit, existen distintos trabajos que generan material particulado respirable, a consecuencia de esto se trabaja arduamentemente en la búsqueda de métodos con el fin de mitigar o controlar estas emisiones. Antes de generar planes de acción en contra de la polución lo primero que se debe conocer cuales son los focos que producen contaminación, y cuales son las cantidades que aportan a la contaminación del medio ambiente.

Para ello a continuación se dará a conocer los trabajos que generan el particulado y la forma de cálculo para determinar su participación:

6.3.1.- Actividades emisoras.

A continuación se presentara las principales actividades que generan material particulado respirable, y en que sectores se llevan a cabo:

- Rajo Candelaria: Este genera polución mediante las tonaduras, excavaciones y mantención de caminos, carguío de materiales, desborde de bolones y derrame de material entre bancos, transito de camiones de extracción, confecciones de rampas y saneamiento de paredes.

- Botaderos: Descarga de material, erosión eólica.

- Stock de Mineral: Carguío de camiones, descarga de material, erosión eólica.

- Panta de Procesamiento: Descarga de mineral, chancador primario, correas transportadoras.

- Stock Pile Mineral: Descarga de mineral, erosión eólica, motor de maquinaria.

- Caminos industriales: Emisiones fugitivas del camino y motor de los camiones.

Siendo estos los principales trabajos generadores de polución, se puede determinar mediante formulismo la incidencia de cada uno de estos en la concentración de material particulado respirable en el ambiente de la mina.

6.3.2.- Método de cálculo de emisiones.

Para los cálculos de emisiones se encuentra una ecuación general para determinación de las emisiones de cualquier actividad realizada en CCMC, los resultados de estas ecuaciones variaran de acuerdo a los factores de emisión que posee cada actividad. La formula mencionada es la siguiente:

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

Donde:

E : Emisión

Fe : Factor de emisión

Na : Nivel de actividad

Ea : Eficiencia de abatimiento

6.3.3.- Factores de emisión de PM10.

Los factores para material particulado respirable, considerados en el cálculo, se presentan a continuación:

1. Tronaduras. **(1)**

   $Fe = 0{,}00022 \times A^{1,5} \times k$ (Kg/Tron)

Donde:

A: Área horizontal (m^2).

k: Factor tamaño de particula.

2. Excavaciones. **(2)**

$$Fe = k \times 0{,}45 \times \left(\frac{f^{1,5}}{H^{1,4}}\right) \quad \left(Kg/_{hr}\right)$$

Donde:

f: Porcentaje de finos del material.

H: Humedad del material (%).

k: Factor tamaño de partícula.

3. Carga y descarga de Material. **(3)**

$$Fe = k \times 0{,}0016 \times \left(\frac{\left(\frac{v}{2{,}2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{H}{2}\right)^{1,4}}\right) \quad \left(Kg/_{ton}\right)$$

Datos:

v: Velocidad del viento en (m/s).

H: Humedad del material (%).

k: Factor tamaño de partícula.

4. Desborde de bolones y derrame de material entre bancos. **(4)**

$$Fe = k \times 0{,}0009 \times \left(\frac{\left(\frac{f}{5}\right) \times \left(\frac{v}{2{,}2}\right) \times \left(\frac{A}{2}\right)}{\left(\frac{H}{2}\right)^{2} \times \left(\frac{C}{4{,}6}\right)^{0{,}33}}\right) \quad \left(Kg/_{ton}\right)$$

Donde:

A: Altura caída del material.

C: Capacidad de la pala (m^3).

v: Velocidad del viento en (m/s).

H: Humedad del material (%).

k: Factor tamaño de partícula.

f: Porcentaje de finos del material.

5. Transito de camiones de extracción por circuitos de la mina. **(5)**

$$Fe = 281{,}9 \times \left[k \times \left(\frac{f}{12}\right)^{a} \times \left(\frac{W}{2{,}7}\right)^{b}\right] \quad \left({}^{g}/_{veh-Km}\right)$$

Datos:

k: Factor tamaño de partícula.

f: Porcentaje de finos del camino.

a: Factor tamaño de partícula.

b: Factor tamaño de partícula.

W: Peso del vehículo (ton)

6. Transito de vehículos livianos por los circuitos de la mina. **(5)**

$$Fe = 281{,}9 \times \left[k \times \frac{\left(\frac{f}{12}\right) \times \left(\frac{V}{48}\right)^{d}}{\left(\frac{H}{0{,}5}\right)^{c}}\right] \quad \left({}^{g}/_{veh-Km}\right)$$

Donde:

k: Factor tamaño de partícula.

f: Porcentaje de finos del camino.

c: Factor tamaño de partícula.

d: Factor tamaño de partícula.

H: Humedad del material (%).

V: Velocidad de los vehículos (Km/hrs).

7. Motor de camiones. **(2)**

$$Fe = 1{,}913275 \times V^{(-0{,}7054)} \quad \left({}^{g}/_{veh-Km}\right)$$

Donde:

V: Velocidad de los camiones (Km/hrs).

8. Motor de vehículos livianos. **(2)**

$$Fe = 0{,}00001085 \times V^2 - 0{,}00327295 \times V + 0{,}129444 \ \left({}^{g}/_{veh-Km}\right)$$

Donde:

V: Velocidad de los vehículos livianos (Km/hrs).

9. Motor de Maquinaria. **(2)**

$$Fe = FP \times P \times C \ \left({}^{g}/_{h}\right)$$

Donde:

FP: Factor según potencia.

P : Potencia Nominal (Kw).

C : Porcentaje de carga.

10. Erosión eólica. **(2)**

$$Fe = \left[1{,}9 \times \left(\frac{s}{1{,}5}\right) \times \left(\frac{p}{15}\right)\right] \ \left({}^{kg}/_{ha}\right)$$

Donde:

s: Porcentajes de finos del material.

p: Porcentaje del tiempo en el que el viento excede los 5,4 (m/s).

11. Planta de procesamiento. **(6)**

Chancador Primario	Fe = 0,004 (kg/ton)
Correas Transportadoras	Fe = 0,002 (kg/ton)

***Los números (1), (2), (3), (4), (5), (6) hacen alusión a los factores obtenidos y mediante los autores y tablas de los cuales fueron sacados. Para ver los detalles dirigirse al anexo N°1 "Factores de emisión de PM10"**

6.4.- Instrumentos de medición.

Para llevar un control de las emisiones de material particulado en CCMC se cuenta con dos estaciones monitoras de PM10, las que tiene distintas características y formas de entregar datos del particulado en el ambiente. Estas se encuentran ubicadas en distintos sectores de la mina y enfocadas a obtener datos específicos en las tareas de Minera Candelaria.

Los tipos de estaciones monitoras son las siguientes:

- Monitor PM10 por atenuación Beta (Bam 1020).
- Equipo muestreador de alto volumen PM10 (Hi-Vol).

6.4.1.- Monitor PM10 Por atenuación Beta (BAM 1020).

En CCMC se cuenta con un Monitor Beta para llevar el registro de la concentración del particulado en el ambiente. Este equipo se encuentra a un costado de la torre de despacho, y ubicadas en las siguientes coordenadas UTM: coordenada norte 6.955.299, coordenada este 371.850. Esta recibe las emisiones completas del rajo, dicho equipo trabaja de la siguiente manera.

El monitor BAM 1020 utiliza el método de atenuación de radiación beta para medir la concentración de partículas en ambiente.

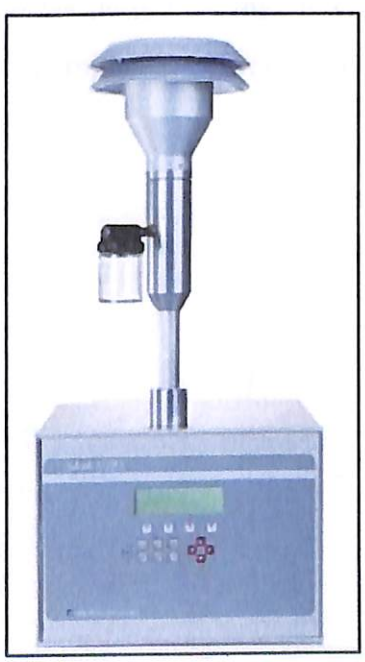
Cada hora, una pequeña fuente de C14 (carbono-14) emite una corriente constante de electrones de alta energía (conocidos como rayos beta) a un punto de la cinta de filtro de muestra. Estos rayos beta son detectados y contados por un detector de centelleo sensible para determinar una lectura de cero. El instrumento hace avanzar de forma automática este espacio de la cinta a la boquilla de muestra, donde, a continuación, una bomba de vacío extrae una cantidad de aire cargado de polvo a través de la cinta de filtro, cargándola con polvo ambiental.

Al final de cada hora, el espacio cargado de polvo se coloca de nuevo entre la fuente y el detector beta, produciendo así una atenuación de la señal de rayos beta, que es utilizada para determinar la masa de materia particulada en la cinta de filtro y la concentración volumétrica de partículas en el aire ambiente.

Los datos de medición, archivos de configuración, registros de errores y estadísticas de flujo se almacenan en el registrador interno y están disponibles a través de la salida RS-232 utilizando programas comunes de adquisición y/o el software Airodis.

El BAM 1020 puede realizar una evaluación continua prefijada por el usuario sobre una serie de criterios para la validación de datos como pueden ser estadísticas de caudal y una serie de códigos de error como pueden ser alimentación, caudal, hardware, cinta, boquilla, conteo beta o errores de chequeo de span.

Figura 6.9 Monitor PM10 por atenuación beta (BAM 1020).



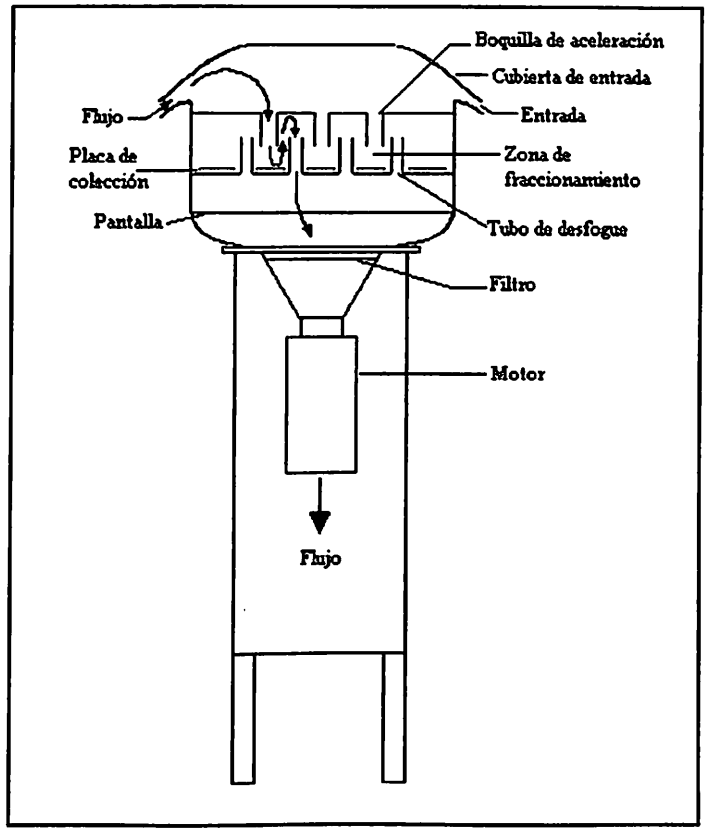
Los datos obtenidos por este monitor son procesados y reportados on line, estos se actualiza cada una hora (correspondiente a la toma de muestras). De esta forma en operaciones se mantiene en constante conocimiento de la concentración de las partículas en suspensión.

6.4.2.- Equipo muestreador de alto volumen PM10 (Hi-Vol).

Las emisiones de particulado en el aspecto global de Minera Candelaria son registradas por un equipo muestreador de PM10, más conocido como Hi-Vol. Este equipo está ubicado en la cercanía de Gerencia, y ubicada en las siguientes coordenadas UTM: coordenada norte 6.953.934, coordenada este 371.784. Esta entrega datos cada tres días de los promedios diarios.

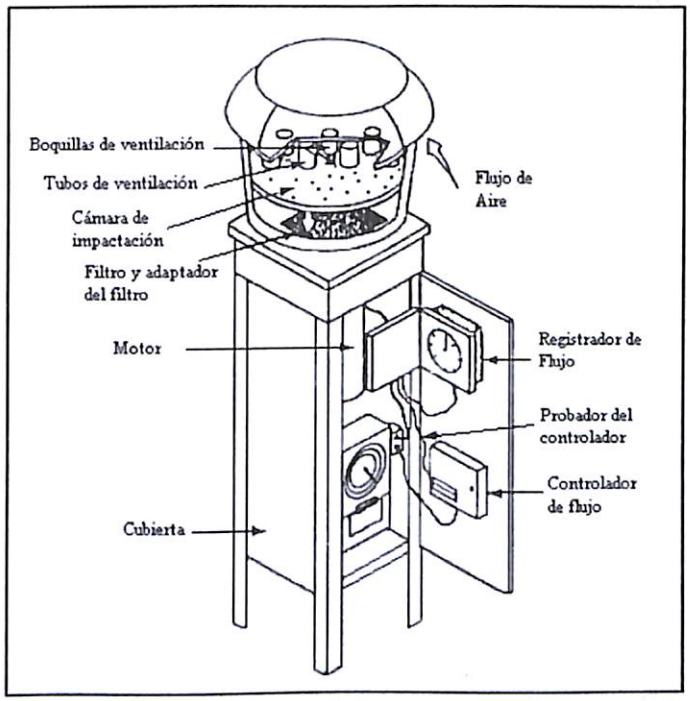
El muestreador de alto volumen PM10 se basa en el principio de impactación inercial para clasificar las partículas según el tamaño deseado. El equipo consiste en un conjunto de tubos inyectores circulares que se colocan en un plato de impactación. Las dimensiones del impactador permiten que las partículas de diámetro menor o igual a 10 micrómetros sigan las líneas de la corriente del flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectores, mientras que las partículas mayores, con suficiente inercia, se salgan de las líneas de corriente y se impacten contra el plato. Las partículas menores son depositadas en un filtro de cuarzo.

Figura 6. 2 Partes del compartimiento de impactación del equipo PM10.



El equipo consta básicamente de un compartimento de impactación, una bomba de succión, un portafiltros, un registrador del flujo (o un dispositivo de medición del flujo en general) y un programador de tiempo de muestreo.

Figura 6. 3 Elementos del equipo muestreador de alto volumen.



La concentración de la masa de las partículas respirables PM10 se calcula por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y el total del flujo de aire.

6.4.2.1.- Calibración del equipo PM10.

Con el fin de garantizar que el muestreo de las partículas respirables sea representativo, se requiere que el equipo muestreador trabaje siempre bajo unas mismas condiciones, para lo cual es necesario antes realizar un proceso de calibración del equipo.

El equipo muestreador de alto volumen PM10 de flujo constante, está provisto de un dispositivo de control de flujo, cuya acción sobre el circuito eléctrico conectado al motor regula su velocidad y por lo tanto su capacidad de succión.

La calibración se fundamenta en la posición del sensor que permita una aspiración constante de aire en el rango de 1.02 a 1.24 m3/min a condiciones actuales o reales. Un caudal de 1.13 m3/min garantiza la separación de partículas menores de 10 micrómetros. Por lo tanto la calibración del PM10 consiste básicamente en una verificación de flujo.

El equipo debe ser calibrado en los siguientes casos o eventos:

- Al iniciar la fase de muestreo.
- Después de cambiar motor o de reparar el mismo.
- Cuando hay cambio de escobillas.
- Cuando se varía el sitio de muestreo.
- Periódicamente por lo menos una vez cada tres meses.

La calibración del equipo PM10 se realiza con un kit de calibración el cual puede ser un juego de platos o un variador de resistencia de flujo. El juego de platos consiste en un tubo metálico y cinco platos con diferentes números de orificios que permiten varios flujos. El variador de resistencia de flujo es un tubo metálico con un par de discos incorporados que permiten obtener varias aberturas al girar uno de los discos con un eje central que tiene dicho tubo. Cada uno de estos kit de calibración trae su ecuación de calibración con su respectiva curva, la cual se obtiene a través de un patrón primario o medidor de volumen estándar de desplazamiento positivo, Rootsmeter.

El equipo a utilizar para la calibración es el siguiente:

- PM10 a calibrar.
- Kit de calibración con sus respectivas curvas.
- Termómetro.
- Barómetro.
- Manómetros.

6.4.2.2.- Determinación de la concentración de partículas respirables.

La concentración de partículas respirables a condiciones estándar (P=760mmHg, T=298K) se determina mediante la relación de la masa de partículas colectada y el volumen de aire a condiciones estándar que es succionado por el equipo durante el tiempo de muestreo (generalmente de 24 horas). Las unidades más utilizadas para presentar los datos de concentración de partículas suspendidas es el $\mu g/m^3$, ya que permite hacer una comparación directa con los valores límites establecidos en las normas de calidad de aire chilenas.

El valor de la masa de partículas colectada, calculado a partir de la diferencia de pesos del filtro limpio y el filtro impactado, debe ser corregido de acuerdo con la diferencia de peso obtenida para el filtro testigo. Esta diferencia puede ser positiva o negativa.

CAPÍTULO 7: LOS EQUIPOS ALJIBES.

7.1.- Camiones Aljibes

La Compañía Contractual Minera Candelaria cuenta con una flota de camiones aljibes, la cual esta compuesta por cinco camiones CAT 773 B, C y D y un camión CAT 777 F. Ambos modelos son camiones de extracción modificados, a los cuales se le remplazan su tolva de transporte por estanques cisterna para el almacenamiento del agua, mediante esta se regarán las distintas rutas y frentes de carguío.

7.1.1.- Aljibes modelo 773.

La flota de 773 esta compuesta por las unidades:

- WT 03 (CAT 773B).
- WT 05 (CAT 773B).
- WT 07 (CAT 773E).
- WT 08 (CAT 773F).
- WT 09 (CAT 773F).

Cabe mencionar que las unidades 03 y 05 son las más antiguas de la flota, mientras que las unidades 07, 08 y 09 fueron adquiridas mas recientemente. Estos camiones modificados albergan un estanque de agua con capacidad de 13000 Galones, correspondientes a 49205 litros.

(*) Para observar imágenes de los camiones aljibes, dirigirse al Anexo N°3.

En Minera Candelaria se cuenta con una disponibilidad del 80,8% por parte de mantención lo que entrega cuatro aljibes operativos del total de cinco equipos 773 con que se cuenta. Esto entrega una idea de la confiabilidad del equipo, y a su vez, da indicios del tamaño de flota que se requiere para la operación, esto se complementa con las rutas y sectores a cubrir con el riego.

7.1.2.- Aljibe modelo 777.

Este modelo de la flota esta compuesto solamente por una unidad:

- WT 10 (CAT 777F).

Este equipo fue recientemente adquirido por Minera Candelaria y entrando en operación en Febrero de 2013. El 777F cuenta con dimensiones superiores a los 773, por lo que su estanque es de mayor capacidad. En el cual puede almacenar hasta 20000 galones de agua, lo correspondiente a 75700 litros.

Al ser un equipo relativamente nuevo se explica su alta disponibilidad por parte de mantención, de esta forma otorgándole una gran confiabilidad al equipo.

7.2.- El sistema de riego.

Como fue mencionado anteriormente en las características de los equipos, los camiones aljibes cuentan con un estanque de almacenamiento de agua el cual varía según el modelo. Estos estanques son fabricados y proporcionados por MEGA CORP. Los cuales son especialistas en la producción de estanques para aljibes.

- 773, estanque de 49205 litros.
- 777, estanque de 75700 litros.

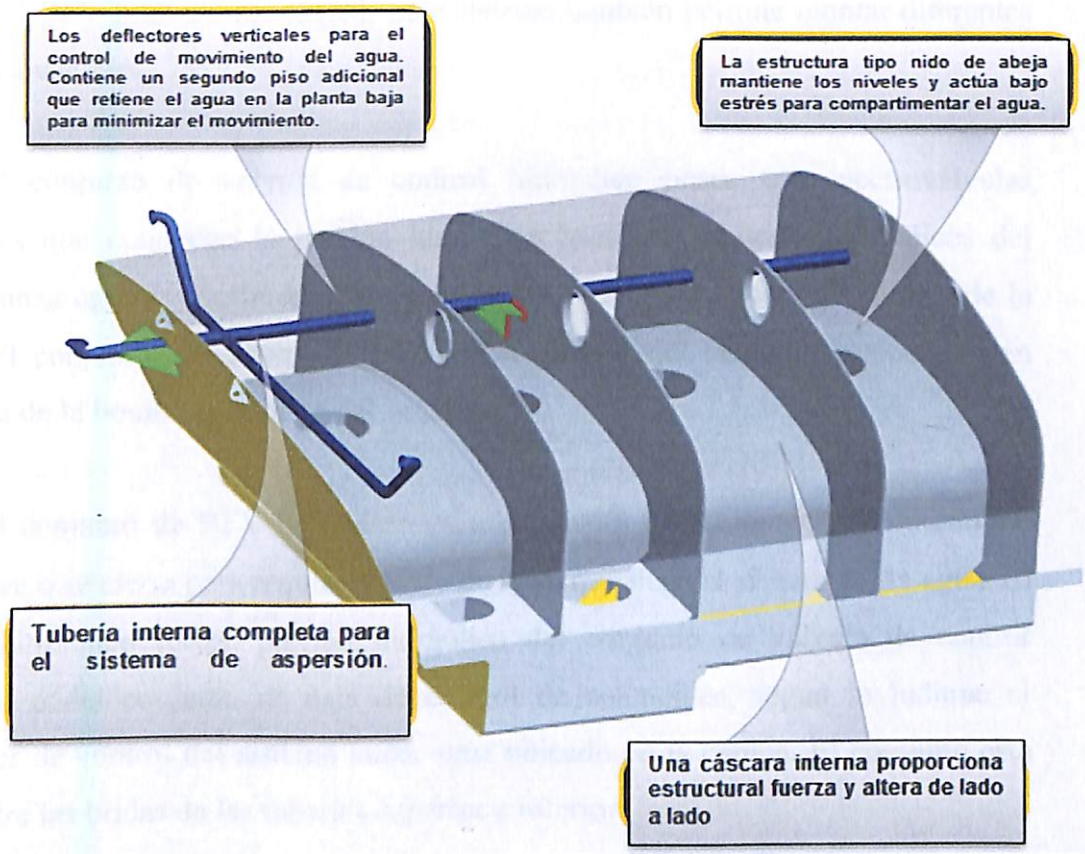
El sistema de riego cuenta con distintas partes que lo componen las cuales se darán a conocer a continuación.

7.2.1.- Tanque de agua.

Los tanques que portan la flota de aljibes de Minera Candelaria, están fabricados con material de acero, estos constan de un túnel de agua, un piso principal, deflectores verticales, tabiques, revestimientos exteriores, tuberías internas y externas. El tanque posee un diseño que se conoce como sistema de estabilización de sobrepresión Magnum.

La estructura del tanque está construida alrededor y sobre la superestructura del túnel. El túnel sirve de apoyo para la placa del piso, la estructura de pivote, los deflectores y el sistema de montaje de la bomba de agua. Las placas del piso transportan las cargas, y los deflectores y tabiques aumentan la resistencia del tanque y regulan la sobrepresión del agua. Las tuberías interna y externa también se utilizan para conducir el agua desde la bomba de agua hasta los aspersores, el pitón, la barra rociadora, el carrete para manguera, la barra de descarga y el desagüe del tanque.

Figura 7.1 Piezas de los estanques de aljibes.



7.2.2.- Sistema lanza agua (pitón).

El sistema está compuesto por un pitón hidráulico, un conjunto de válvula de control hidráulico o una caja de lógica, un conjunto de válvulas mariposa, una boquilla y controles.

El pitón hidráulico es una vía de salida del agua, que mueve un chorro de agua en sentido vertical (hacia arriba y hacia abajo) y lo hace girar (de derecha a izquierda) este se ocupa para el riego de las distintas frentes de carguío, y en ciertas ocasiones riego de granza para tapar los pozos con explosivos. Los motores hidráulicos desplazan la vía de agua en función del flujo hidráulico proveniente del conjunto de válvula de control hidráulico, según lo indique la palanca de control de la cabina. El

sistema lanza agua se enrosca en una tubería embridada montada directamente encima del BFV (válvula mariposa). Este sistema también permite montar diferentes boquillas ajustables.

El conjunto de válvula de control hidráulico posee tres electroválvulas hidráulicas que conducen la presión hidráulica hacia los motores hidráulicos del sistema lanza agua y el cilindro del BFV, según lo indique la caja de control de la cabina. El conjunto está montado en la brida inferior del tanque y recibe presión hidráulica de la bomba hidráulica del vehículo.

El conjunto de BFV hidráulico es una válvula de accionamiento hidráulico que se abre o se cierra para regular el flujo de agua que llega al sistema lanza agua. El cilindro hidráulico recibe presión hidráulica del conjunto de válvula de control hidráulico o del conjunto de caja de control de solenoides, según lo indique el interruptor de control del sistema lanza agua ubicado en la cabina. El conjunto está fijado entre las bridas de las tuberías superior e inferior.

Figura 7.2 Boquilla lanza agua (pitón).

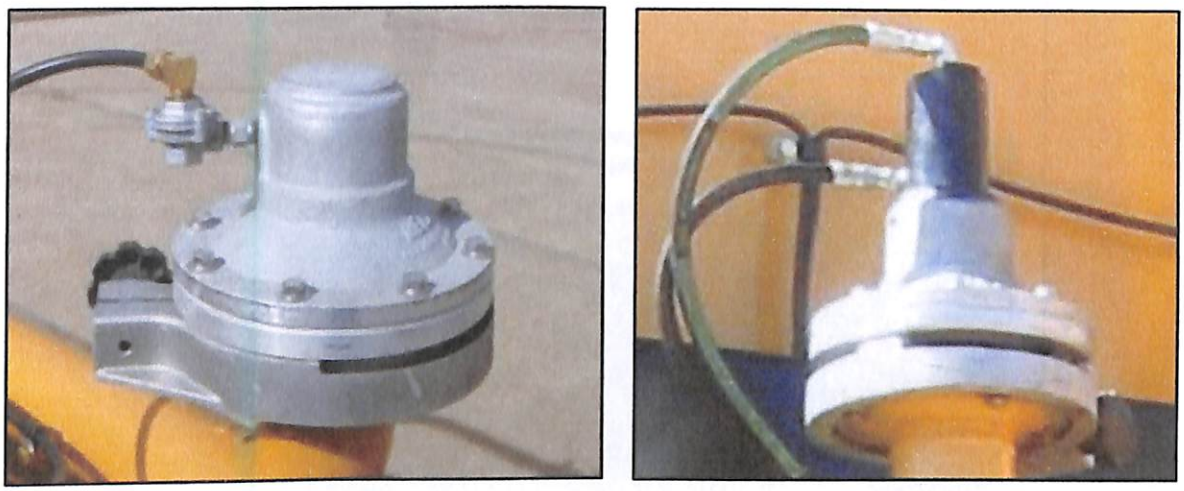
7.2.3.- Sistema rociador (aspersores).

El sistema rociador se compone de seis aspersores (dos en los costados y cuatro en la parte trasera) de accionamiento hidráulico o neumático, controles de cabina, un conjunto de caja de control de solenoides y mangueras hidráulicas o neumáticas.

Los aspersores neumáticos tienen un cuerpo de válvula de aluminio de dos piezas y un anillo ajustable montados en el tubo colector de un suministro de agua. La parte superior del cuerpo de la válvula es una cámara de aire con un conjunto de diafragma y disco guía fijado a la base. La cámara de aire recibe aire presurizado de la caja de control de solenoides, según lo indique el interruptor de control de la cabina. Cuando se presuriza la parte superior del cuerpo de la válvula, el disco guía sella la abertura de la parte inferior de la válvula e interrumpe el flujo de agua.

Los aspersores hidráulicos tienen un cuerpo de válvula de aluminio de dos piezas, un cilindro hidráulico y un anillo ajustable montados en el tubo colector de un suministro de agua. La parte superior del cuerpo de la válvula contiene un cilindro hidráulico que recibe presión hidráulica de la caja de control de solenoides del sistema, según lo indica el interruptor de control de la cabina. Cuando se presuriza la parte superior del cuerpo de la válvula del cilindro hidráulico, el cilindro se extiende para tocar el disco guía, sellar la abertura de la parte inferior de la válvula e interrumpir el flujo de agua. Cuando el sistema de control de la cabina y la bomba de agua están desactivados, la parte superior del cuerpo de la válvula acciona un resorte que ejerce presión sobre el disco guía para sellar la abertura de la parte inferior de la válvula e interrumpir el flujo de agua. Si se activa el interruptor de la cabeza rociadora, la presión hidráulica retrae el cilindro hidráulico, el agua presurizada proveniente del tubo colector desengancha el disco guía y el agua comienza a circular desde la parte inferior de la válvula.

Figura 7.3 Boquillas rociadoras (aspersores).



7.2.4.- Consola de control de riego.

Consola de control Multi-función que se monta en la cabina del camión aljibe para controlar todas las funciones del tanque de agua. Los controles están disponibles para el pitón, regadío intermitente por medio de los aspersores, bomba de agua, luces de trabajo, sistema, los difusores, barra de pulverización, barra de riego por gravedad y la válvula de drenaje del tanque. La consola de control también proporciona indicaciones de nivel de agua en el tanque y la caja de fusibles de soporte. Los controles de la cabina requieren una alimentación de 24 VDC desde el camión aljibe para operar.

Figura 7.4 Consola de control de riego.

7.2.5.- Otros componentes del tanque.

- Barra de descarga: Es una barra rociadora que contiene varias hileras de orificios de drenaje de 3/8" que surten el agua. Un BFV de accionamiento hidráulico regula el suministro de agua que llega a la barra de descarga. El BFV se controla eléctricamente desde la consola de control de la cabina y se activa por medio de un cilindro hidráulico. Las barras de descarga se alimentan por gravedad o presión.

- Carrete para manguera: Es un conjunto de carrete ubicado en el extremo trasero inferior del tanque de agua y equipado con una manguera de goma reforzada de 1" o 1,5" de diámetro y una boquilla extintora de incendios. Para poder funcionar, el conjunto de carrete para manguera debe recibir agua presurizada del colector presurizado situado en la parte posterior del tanque.

- Desagüe del tanque: Para vaciar el agua del tanque se utiliza un BFV hidráulico fijado a la tubería de presión del tanque de agua. El BFV se

controla eléctricamente desde la consola de control de la cabina y se activa por medio de un accionador hidráulico. Los desagües del tanque se alimentan por gravedad o presión.

7.3.- Lugares de abastecimiento (Cachimbas).

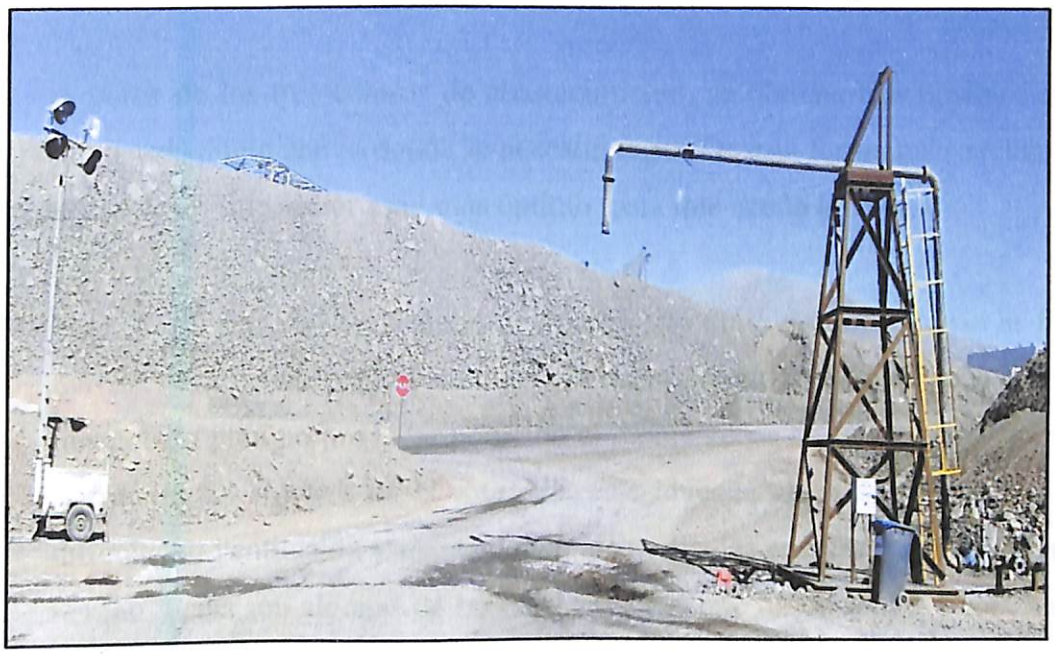
Se cuenta con tres cachimbas fijas de abastecimiento, estas distribuidas en distintos sectores de la mina, y con la infraestructura necesaria para suministrar el agua mediante gravedad. Estas tienen las siguientes características:

- Cachimba Truck Shop: Esta está ubicada en el sector posterior a truck shop, camino hacia la torre Dispatch. Esta cachimba esta adecuada para almacenar la flota de aljibes 773, esto debido a la altura de la boquilla de alimentación. Esta torre de abastecimiento entrega un caudal aproximado de 120 lts/seg, con lo que logra el llenado de estanque del 773 en 7 minutos en promedio.

- Cachimba Granza: Ubicada en el ingreso mina, frente al depósito de la granza para la tronadura. Esta sector de abastecimiento tiene características similares a la cachimba truck shop, esto quiere decir, alimenta a la flota de 773, y el caudal que entrega es de 120 lts/seg.

- Cachimba Becker: La ubicación de esta es en la rampa Becker, frente al sector de la subestación móvil N°5. Esta cachimba abastece solamente al aljibe 10, puesto que este es el modelo 777 de dimensiones superiores a los 773. El caudal de abastecimiento de esta es de 120 lts/seg, por lo que se demora 10:30 mins. en promedio en llenar el estanque de 75600 lts.

Figura 7.5 Cachimba Granza.



7.4.- Rutas a regar.

Para determinar las distintas rutas de riego se debe definir el punto de inicio el cual tiene relación a lugar de carga de agua, a contar de estas se va a definir hasta los accesos a los que se quiere llegar, sectores de carguío, botaderos, stock, etc.

Las rutas de transporte es uno de los principales sectores a regar, puesto que con el constante tránsito de camiones de extracción y de vehículos menores el deterioro de estas es notable y posteriormente causando el levantamiento de polvo por el estado de los caminos. Un buen riego de pistas, garantiza una correcta mantención y compactación de los caminos, ya que al humedecer la pista las partículas del agua penetran en la superficie así formando una especie de barro la cual será compactada por los camiones de extracción al circular por el sector.

7.4.1.- Perfiles de riego.

A partir de los tres centros de abastecimiento, se obtiene tres posibles rutas para llegar a cada punto activo donde se necesita regar. De esta forma más adelante se podrá definir desde que sector es el más óptimo para que acuda la flota.

- Fase 8: Es uno de los sectores más críticos donde debe concurrir la flota, mayores distancias, carguío de mineral el cual después va al chancado (debe ir humectado para no provocar polución al momento de llegar al cono), accesos por dos lados a partir de la cota 320, está ubicada al fondo del rajo lo que dificulta su ventilación y manteniendo las partículas en suspensión por mayor tiempo. Estas son algunas de las características que hacen crítica a esta fase y por lo tanto deben concurrir constantemente los camiones aljibes.
  Las distancias desde los puntos de abastecimiento hacia la fase 8 son los siguientes:

Tabla 7.1 Distancia Cachimbas – Fase 8.

	Inicio de ruta		
Destino	Cachimba Becker	Cachimba Granza	Cachimba Truck Shop
Fase 8	5500 mts	5900 mts	6500 mts

- Fase 9: Esta fase es la que está más cercana a los centros de abastecimiento de agua de los aljibes. La fase 9 se encuentra trabajando en la remoción de estéril, material que está destinado a los botaderos por lo cual requiere que el material sea humectado, para que al momento de la descarga no se genere polución.
  Al tener una corta distancia desde las cachimbas, entrega una leve ventaja ya que pueden concurrir aljibes desde la cachimba más lejana en este caso la de Truck Shop.

Las distancias desde los puntos de abastecimiento hacia fase 9 son los siguientes:

Tabla 7.2 Distancia Cachimbas – Fase 9.

	Inicio de ruta		
Destino	Cachimba Becker	Cachimba Granza	Cachimba Truck Shop
Fase 9	2800 mts	3300 mts	3900 mts

- Fase 10: Este sector está mostrando sus primeros avances, por lo que sus desarrollos son escasos y a consecuencia de esto no es necesario mantener miembros de la flota fija a este sector. Con lo que si hay que tener una mayor cautela es al momento del carguío, ya que, esta fase se encuentra en la zona más alta de la mina quedando expuesta a la visión de la comunidad aledaña.
  Las distancias a recorrer hasta este sector son:

Tabla 7.3 Distancia Cachimbas – Fase 10.

	Inicio de ruta		
Destino	Cachimba Becker	Cachimba Granza	Cachimba Truck Shop
Fase 10	3400 mts	5900 mts	6500 mts

- Fase 11 y Botadero Tigresa: Sectores aledaños, la fase 11 se encarga de remover material de los botaderos antiguos para así despejar los bancos que se encuentran más abajo, al remover material de botaderos el carguío de la pala 12 genera bastante polución, a raíz de esto los camiones aljibes deben concurrir contantemente para controlar el foco de emisión.
  En lo que respecta al botadero Tigresa, los aljibes deben velar por mantener regados los accesos y pistas relacionadas a estas para evitar el levantamiento de polvo causado por el tránsito de camiones de extracción.

Tabla 7.4 Distancia Cachimbas – Fase 11, Botadero Tigresa.

Destino	Inicio de ruta		
	Cachimba Becker	Cachimba Granza	Cachimba Truck Shop
Fase 11	2900 mts	5400 mts	6000 mts
Botadero Tigresa	2600 mts	5100 mts	5700 mts

- Botadero 780 sur: Hacia este sector se dirigen no solo los camiones con estéril, sino que también los camiones con bolones, ya que también se encuentran en este sector el stock bolones. La función de los aljiberos es mantener regado las pistas de acceso y pistas de descarga para no generar polución.

  Las distancias para llegar a este sector son las siguientes:

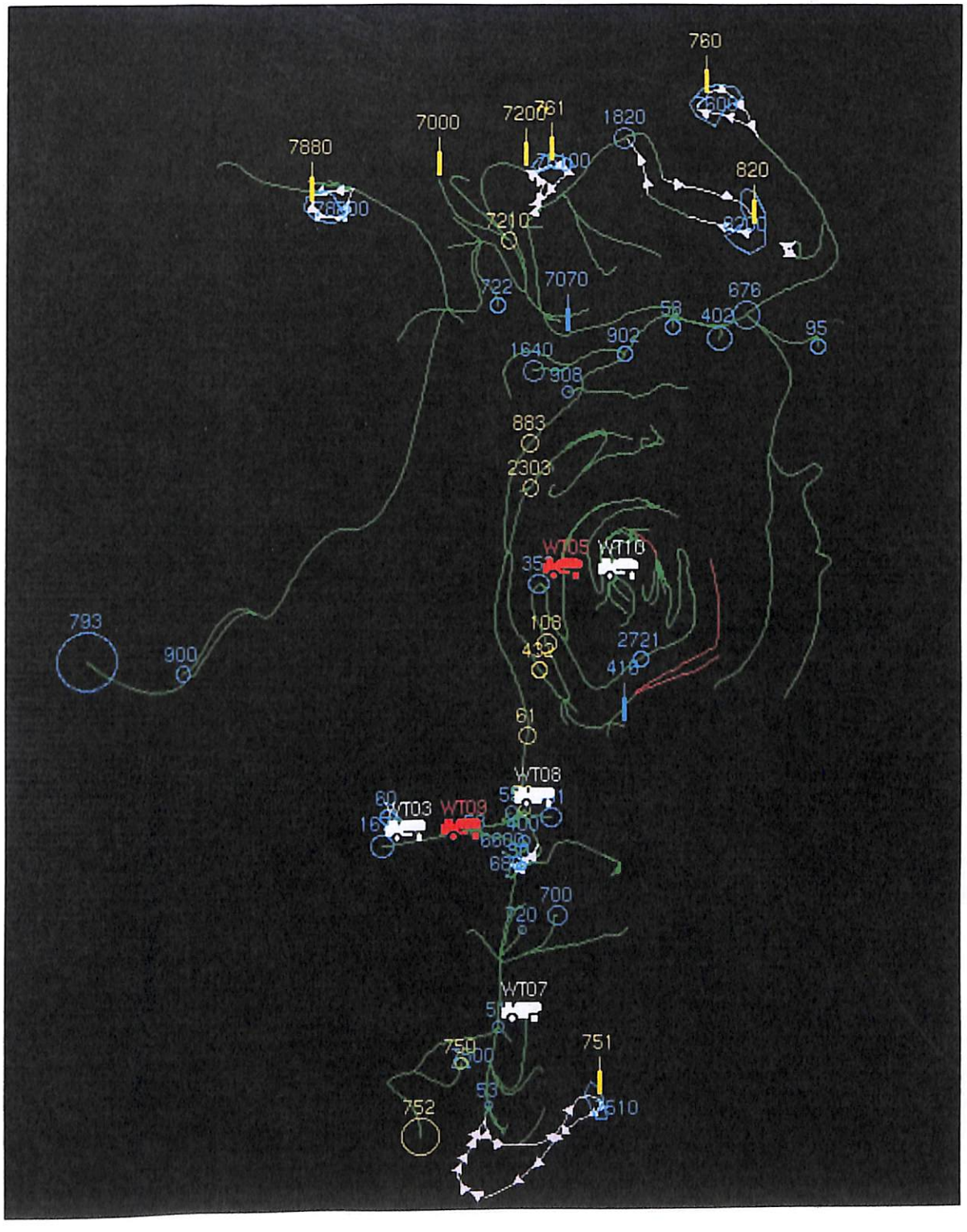
Tabla 7.5 Distancia Cachimbas – Botadero 780 sur.

Destino	Inicio de ruta		
	Cachimba Becker	Cachimba Granza	Cachimba Truck Shop
Botadero 780S	5000 mts	2800 mts	3400 mts

Mediante las distancias entregadas anteriormente a los distintos sectores de la mina que debe acudir la flota de aljibes. Se distribuirá la flota de la manera más óptima, con el fin de mejorar el proceso mediante el Dispatch se podrá asignar a cada uno de los aljibes a tareas específicas.

Hacia el sector de fase 10, fase 11, botadero tigresa, la preferencia es para el aljibe 10, puesto que este carga en la cachimba Becker siendo la distancia promedio de 3 km. aproximadamente, contando con una distancia más reducida.

Figura 7.6 Rutas de CCMC, entregadas por la PitGraf.



CAPITULO 8: CONTROLANDO EL PROCESO.

Previo a la instalación del sistema Dispatch en los camiones aljibes, se realizo el levantamiento de la línea base respecto a la forma de operar de estos equipos. Esta línea base tenía relación directa al bajo control sobre la operación de riego que existía hace unos meses atrás.

En la operación de riego existen distintos tiempos, los cuales necesitan ser medidos, para saber que tan efectivos están siendo los operadores en la misión de mitigar las emisiones de material particulado dentro del rajo. Algunos de los tiempos a controlar son:

- Tiempo de riego sobre las pistas del rajo.
- Tiempo de riego sobre las frentes de carguío.
- Tiempo de llenado de estanque en cachimba.

Dentro de este capitulo se explicara el detalle de estos y de los demás tiempos que afectan a esta operación, como también se explicara el detalle de como trabaja el sistema Dispatch sobre el control de cada uno de estos.

8.1.- Línea base de la reportabilidad.

En la operación de la flota de aljibes previo a la instalación de Dispatch, no existían los registros de las acciones de los operadores, solo se contaba con la comunicación radial con el despachador. A este le comunicaban cuando el equipo estaba disponible y cuando quedaba fuera de servicio, lo que traía ciertos problemas ya que no existía control sobre las horas que los equipos estaba disponible y cuando estaba fuera de servicio.

En lo que respecta al registro del riego, para este se realizaba un registro manual en el cual los operadores mediante un reports entregaban el desglose de los sectores regados, ya sea pistas o frentes de carguío. Lo que en si es confuso puesto que no se especificaba el sector regado, cual fue el lugar especifico de la mina que se rego, y cuanto fue el tiempo en que realizo esta acción.

Figura 8. 10 Reporte control de uso de agua.

Minera candelaria

REPORTE CAMIÓN ALJIBE

CONDUCTOR: _____ N° DE ALJIBE: _____

FECHA: ___/___/___ GRUPO 1 2 3 4 TURNO A B C

Niveles	
Correas	
* Neumáticos	
Filtro de aire	
Vidrios, espejos, barandas	
Cinturón de seguridad	
Escaleras	
Limpieza de cabina	

Asiento del operador	
* Frenos	
Alarmas	
Aire comprimido	
* Dirección	
Suspensiones	
* Bota - Piedras	
Vidrios limpios y operativos	

Aire acondicionado	
Transmisión	
* Extintores	
Luces, limpiaparabrisas	
Bomba de agua	
Estanque, carrete, manguera, pitón	
Estructura general	
* Elementos sueltos en cabina	

* Detener equipo si anomalía afecta la seguridad

OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA LISTA DE CHEQUEO

Horómetro inicial	Horómetro final	Horómetro al abastecer	Litros de combustible

CONTROL USO DE AGUA

Ruta asignada	

Sectores	Detalle de riego y abastecimiento por viaje														TOTAL DE VIAJES
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	
Pistas															
Frentes de carguío															
Otros															

Observaciones relacionados con abastecimiento de agua y riego	REVISIÓN SUPERVISOR

COMERCIAL MYR LTDA. FONO 553 73 72

Y al final del turno se entregaban los datos por frecuencia de sus trabajos realizados, número de vueltas, número de llenados de estanque y en que cachimba se lleno. Posterior a esto el despachador era el encargado de realizar un reporte manual ingresando los datos a una plantilla Excel donde se almacenaban los datos entregados al final de turno.

Figura 8. 2 Reporte control de viajes diarios.

CONTROL DE VIAJES DIARIOS Fecha 23-Jun-13

Capacidad del estanque

Aljibes		
	03, 05, 07, 08, 09	49205 Lts
	10	75000 Lts

	TURNO A					TURNO B					TURNO C						
EQUIPO	Becker	T. Shop	CHANC	Pistas	Frente carg.	Becker	T. Shop	CHANC	Pistas	Frente carg.	Becker	T. Shop	CHANC	Pistas	Frente carg.	Viajes	Lts. Consumidos
ALJIBE 03								6	5	1			5	2	3	11	541255
ALJIBE 05		2			2			6	2	4			6	3	3	14	688870
ALJIBE 07																0	0
ALJIBE 08		5		3	2											5	246025
ALJIBE 09			1	1				5	3	2			5	2	3	11	541255
ALJIBE 10	6			4	2	6			2	4	5			2	3	17	1275000
																Total	3292405

8.1.1.- Línea base de la operación.

Mediante un levantamiento realizado en terreno, se cronometraron las distintas acciones que realizaban los operadores, estas tiene relación directa al tiempo de llenado de estanque en cachimba, tiempo de regadío de las pistas, y también tiempo de regadío de las frentes de carguío.

Sobre los tiempos de llenado de estanque no existe un control específico, puesto que al momento de realizar el relleno, no existía alguien que controlara este proceso. A raíz de esto muchas veces los operadores no optimizaban este tiempo, ni

tampoco utilizaban el adecuado, lo ideal es que el tiempo de llenado sea de 10 minutos aproximados para la flota de 773, y entre 15 a 20 minutos para el 777.

Figura 8. 3 Abastecimiento de estanque de camión aljibe.

En relación a los tiempos de vaciado de estanque, este se veía afectado por varios factores, algunos pertenecientes a la operación y otros a agentes externos. En lo que respecta a la operación, el tiempo de vaciado en regadío se ve perjudicado por el tránsito de vehículos en la mina, y en los tiempos que el operador da la apertura a los grifos de riego. Por parte de mantención, también incide en la variación de tiempos de vaciado de estanque, ya que no existe una estandarización del sistema de riego (ajuste de los aspersores y otros componentes). En base a esto los tiempos cronometrados de vaciado de estanque son los siguientes:

Tabla 8. 1 Tiempo de vaciado de estanque en el riego.

Aljibe	Tiempo cronometrado de vaciado de estanque, en regadio de pistas
WT 03	38:46
WT 05	40:15
WT 07	25:43
WT 08	60:40
WT 09	42:44
WT 10	24:00

8.2.- Procesos a controlar mediante Dispatch.

Con la instalación del sistema Dispatch se busca controlar los distintos procesos que se analizan en la operación de riego, al lograr medir estos tiempos se lograran optimizar las distintas acciones de la operación y así maximizar el uso de los camiones aljibes obteniendo la mitigación del PM10 dentro del rajo. Las acciones a medir son las siguientes:

- Duración del cambio de turno: Es de gran importancia controlar esta acción, dado que en los cambios de tunos al primer sector que se debe acudir es al riego de las frentes de carguío. Mientras más rápido se realice esta mayor oportunidad de mitigar el particulado, mediante el sistema Dispatch se podrá medir y controlar el proceso.

- Tiempo de llenado de estanque: Tiempo que es necesario medir y controlar mediante Dispatch, ya que en este encontramos una importante oportunidad de mejora al momento de optimizar el proceso. Una vez establecidos los tiempos se puede buscar reducirlos para así poder sumar una o dos vueltas más a la operación de riego

- Tiempos de riego en frentes de carguío: Al momento de generar los planes de acción se requiere del control de esta acción, ya que así se pueden estimar los recursos a esta tarea. Saber durante cuanto tiempo se debe atacar una frente para no generar polución, o para enviar el material húmedo hacia chancado y no general la emisión de particulado a la llegada al cono. Estas son tareas a controlar para mantener un buen estado del ambiente de la mina.

- Tiempo de riego de pistas: El transito de camiones de extracción por los distintos circuitos de la mina genera un desgaste en las pistas, descompactando el material, y a su vez, generando una emisión de particulado que se lleva a cabo en distintos sectores de la mina. El no tener un control de esto puede ser caótico, ya que se puede escapar de las manos siendo imposible controlar estas emisiones con la flota de aljibes, para esto con el sistema Dispatch se controlaran los tiempos y posteriormente realizar una optima distribución de la flota una vez analizados los datos.

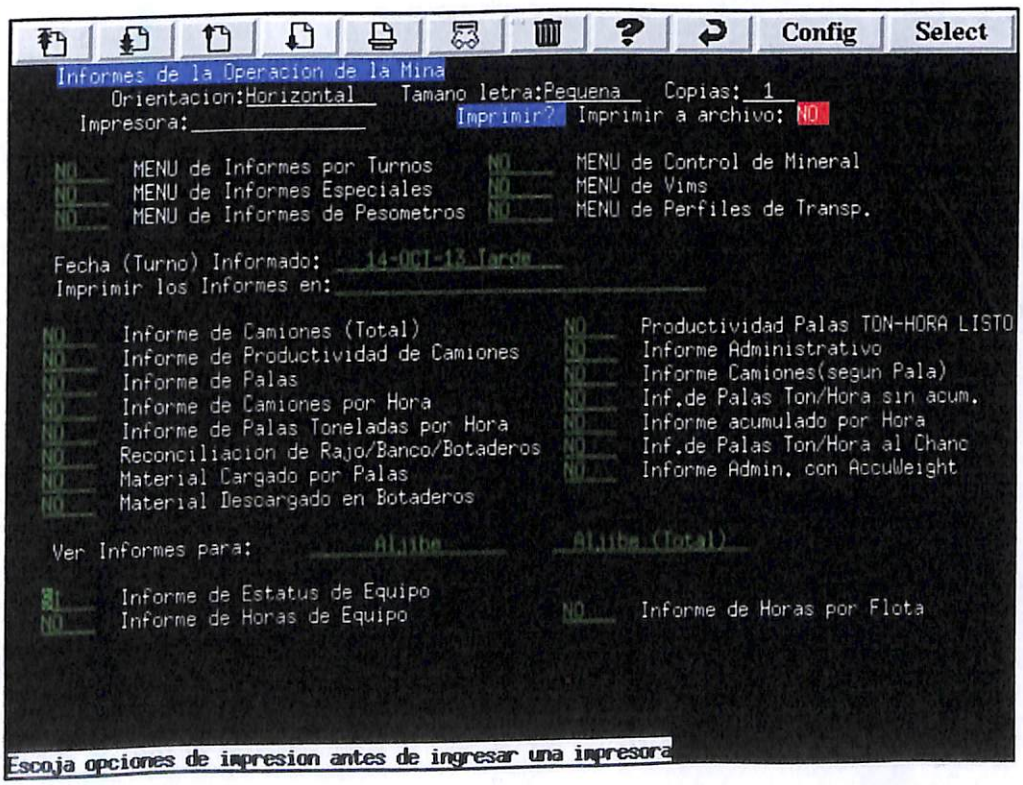
- Tiempo sin operador: En pro de la producción muchas veces se privilegia la operación de carguío y transporte, lo que es justificable para el negocio, pero muchas veces para darle pie a esta acción se desmedra la operación del riego, dejando disponibles los equipos de aljibe para así cubrir los camiones de extracción. Al controlar este proceso se obtendrán algunas explicaciones con respecto a las excedencias de material particulado que ocurren en el rajo.

Aplicar las nuevas tecnologías permite controlar estos tiempos y procesos, contribuyendo en el mejoramiento continuo y en la optimización constante del proceso de riego, lo que va de la mano con la mitigación del material particulado.

8.3.- Desarrollo e implementación de gestión mediante Dispatch.

Dispatch contempla un conjunto de reportes por defecto, sin embargo estos reportes se pueden modificar como también se pueden generar otros para cubrir las necesidades de la operación. Para el desarrollo de estos reportes se emplea forms, que es la programación estándar de modular para crear reportes e interfaces con el usuario. Los reportes proveen un recuento histórico de turnos anteriores, del turno actual, y/o de un grupo de turnos. Modular también presenta reportes e interfaces en TCL, que es un leguaje con características gráficas que proporcionan bondades más amigables a los objetos que se generan con este leguaje. Es muy común que se utilicen objetos en C donde se definan parámetros que luego interactúan en los reportes. Por lo que estos reportes tienen características de herencia, que permite rehusar código en otros reportes mediante la declaración de las cabeceras en C.

Figura 8. 4 Sistema de Reportes Dispatch.



El despachador y el personal de operaciones de la mina utilizan estos reportes a diario para monitorear la operación minera y simultáneamente para incrementar la productividad, reducir costos operacionales y obtener oportunidades de mejora para el control de la polución.

El Sistema de Archivos Virtuales de Dispatch (DVF) es una librería basada en unix (sistema operativo), diseñada para formar parte del sistema de administración minera Dispatch de Modular Mining Systems. Es una herramienta de conversión de datos que permite tener acceso a datos de producción de Dispatch que pueden ser migrados a un servidor con DBMS (sistema de gestión de base de datos) SQL Server (lenguaje de consulta estructurado), para luego usando una herramienta de programación se pueda desarrollar una solución para la realidad de la mina.

8.3.1.- Automatización mediante Macros y SQL.

El tener los datos en un DBMS como SQL Server, permite la opción de poder gestionar la información mediante la conexión de SQL con EXCEL y poder llenar plantillas en forma automatizada. El ahorro de tiempo en la elaboración de tediosos informes así como el evitar los errores por digitación de cifras o por obtenerlas con un procedimiento drag and drop, compensa el tiempo destinado en automatizar trabajos que muchas veces son rutinarios, como pueden ser reportes de producción, reportes de costos, informes de productividades, cálculo de KPIs, etc.

Figura 8. 5 Ejemplos Ilustrativo de Automatización de la Performance mediante Macro y SQL.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	shiftdate	unit	shift#	eqmt	name	starttime	endtime	SumOfduration
3669	6/21/2013	18	2	WT09	NORMAL	25950	26432	482
3670	6/21/2013	18	2	WT09	UNDEF	26432	26863	431
3671	6/21/2013	18	2	WT09	LLENADO DE ESTANQUE ALJIBE	26863	27180	317
3672	6/21/2013	18	2	WT09	NORMAL	27180	28087	907
3673	6/21/2013	18	2	WT09	CAMBIO DE TURNO	28087	28800	713
3674	6/21/2013	18	2	WT10	NORMAL	0	28800	28800
3675	6/21/2013	18	3	WT03	NORMAL	0	28800	28800
3676	6/21/2013	18	3	WT05	NORMAL	0	3912	3912
3677	6/21/2013	18	3	WT05	UNDEF	3912	11196	7284
3678	6/21/2013	18	3	WT05	NORMAL	11196	14966	3770
3679	6/21/2013	18	3	WT05	UNDEF	14966	18707	3741
3680	6/21/2013	18	3	WT05	LLENADO DE ESTANQUE ALJIBE	18707	19435	728
3681	6/21/2013	18	3	WT05	UNDEF	19435	20115	680
3682	6/21/2013	18	3	WT05	NORMAL	20115	26038	5923
3683	6/21/2013	18	3	WT05	UNDEF	26038	28800	2762
3684	6/21/2013	18	3	WT07	REP MEC NO PROGRAMADA	0	28800	28800
3685	6/21/2013	18	3	WT08	NORMAL	0	9942	9942
3686	6/21/2013	18	3	WT08	REP MEC NO PROGRAMADA	9942	19811	9869
3687	6/21/2013	18	3	WT08	SIN OPERADOR	19811	20029	218
3688	6/21/2013	18	3	WT08	SIN OPERADOR	20029	28800	8771
3689	6/21/2013	18	3	WT09	CAMBIO DE TURNO	0	4509	4509
3690	6/21/2013	18	3	WT09	NORMAL	4509	4514	5
3691	6/21/2013	18	3	WT09	UNDEF	4514	4519	5
3692	6/21/2013	18	3	WT09	NORMAL	4519	5995	1476

Datos aljibes | Viajes y paretos aljibes | UyD aljibes | Sheet1 | Sheet2 | Sheet3 | Sheet4

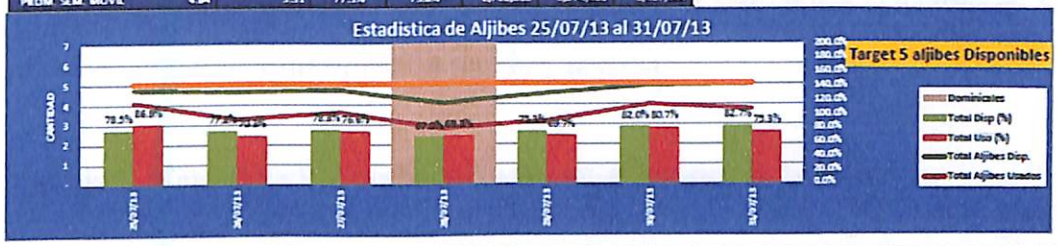
REPORTE ALJIBES MINA
GERENCIA MINA
Departamento Operaciones Mina

FREEPORT-McMoRan COPPER & GOLD

Estadistica de Aljibes 25/07/13 al 31/07/13

PROMEDIO SEMANA MOVIL

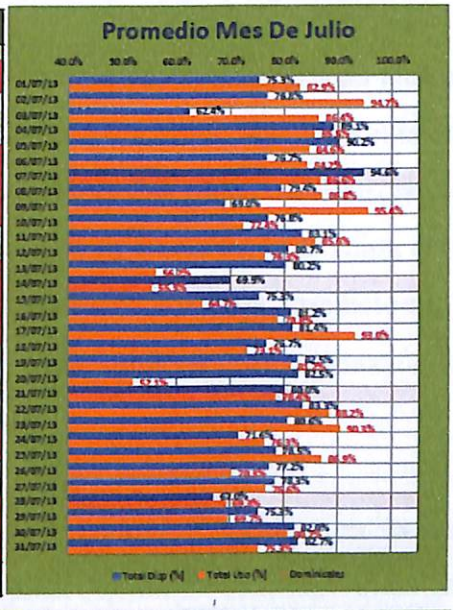
Fecha	Total Aljibes Disp.	Total Aljibes Usados	Total Disp (%)	Total Uso (%)	Lts. Agua Total	Lts. Agua Pistas	Lts. Agua Frentes
25/07/13	4.71	4.09	78.5%	86.9%	3,634,455	1,457,510	2,176,945
26/07/13	4.63	3.26	77.2%	70.3%	1,701,150	963,075	738,075
27/07/13	4.70	3.60	78.3%	76.6%	3,018,200	1,459,895	1,558,305
domingo,28/07/13	4.02	2.78	67.0%	69.3%	1,993,995	885,690	1,108,305
29/07/13	4.52	3.15	75.3%	69.7%	2,497,970	1,063,870	1,434,100
30/07/13	4.92	3.97	82.0%	80.7%	3,069,790	1,682,510	1,387,280
31/07/13	4.96	3.74	82.7%	75.3%	3,067,405	1,408,305	1,659,100
PROM. SEM. MOVIL	4.64	3.51	77.3%	75.6%	2,711,852	1,274,408	1,437,444



Promedio Mes De Julio

Fecha	Total Disp (%)	Total Uso (%)	Lts. Agua Total	Lts. Agua Pistas	Lts. Agua Frentes	Pm10 (*)
01/07/13	75.3%	82.9%	3,536,045	1,804,330	1,731,715	146.75
02/07/13	76.8%	94.7%	2,368,995	1,307,510	1,061,485	207.47
03/07/13	62.4%	86.4%	2,026,945	1,136,485	890,460	186.15
04/07/13	89.1%	85.5%	2,612,635	934,895	1,677,740	133.27
05/07/13	90.2%	84.6%	3,707,070	1,926,150	1,780,920	128.38
06/07/13	76.7%	84.2%	3,611,045	2,101,945	1,509,100	141.39
07/07/13	94.6%	86.6%	3,805,480	2,073,765	1,731,715	172.81
08/07/13	79.4%	86.8%	4,028,095	2,052,740	1,975,355	195.72
09/07/13	69.0%	95.4%	3,634,455	1,682,510	1,951,945	150.84
10/07/13	76.8%	72.4%	3,365,020	1,830,125	1,534,895	260.43
11/07/13	83.1%	85.6%	4,051,585	2,172,175	1,879,330	273.67
12/07/13	80.7%	76.3%	3,634,455	1,926,150	1,708,305	147.71
13/07/13	80.2%	56.2%	3,088,430	1,677,740	1,410,690	135.17
14/07/13	69.9%	55.5%	1,703,535	1,084,895	618,640	194.63
15/07/13	75.3%	64.7%	3,210,250	1,801,945	1,408,305	234.92
16/07/13	81.2%	78.8%	1,975,355	913,870	1,061,485	206.87
17/07/13	81.4%	93.0%	2,448,765	1,309,895	1,138,870	229.98
18/07/13	76.7%	73.1%	3,264,225	1,682,510	1,581,715	187.50
19/07/13	82.5%	81.2%	3,311,045	1,799,560	1,511,485	122.71
20/07/13	82.5%	52.1%	2,301,150	1,263,075	1,038,075	48.63
21/07/13	80.0%	78.4%	2,280,125	1,066,255	1,213,870	73.46
22/07/13	83.3%	88.2%	2,816,610	1,185,690	1,630,920	83.60
23/07/13	80.6%	90.3%	3,334,455	1,553,535	1,780,920	130.78
24/07/13	71.6%	76.3%	3,039,225	1,530,125	1,509,100	292.74
25/07/13	78.5%	86.9%	3,634,455	1,457,510	2,176,945	171.48
26/07/13	77.2%	70.3%	1,701,150	963,075	738,075	76.95
27/07/13	78.3%	76.6%	3,018,200	1,459,895	1,558,305	80.67
28/07/13	67.0%	69.3%	1,993,995	885,690	1,108,305	173.54
29/07/13	75.3%	69.7%	2,497,970	1,063,870	1,434,100	191.29
30/07/13	82.0%	80.7%	3,069,790	1,682,510	1,387,280	172.35
31/07/13	82.7%	75.3%	3,067,405	1,408,305	1,659,100	207.67
Promedio Acum. Al 07/31/13	78.7%	78.6%	2,972,190	1,507,701	1,464,489	166.05

(*) Según estacion de monitoreo Beta Mina



Es una ventaja un informe en excel teniendo una plantilla de reporte bien estructurada y con buenos acabados, que actualice información automáticamente y de forma rápida y confiable.

Muchas veces la sola idea de ingresar a programar en un DBMS o en un lenguaje de programación 4 GLS, no es una tarea muy amigable, sin embargo muchas veces es necesario, por lo menos la parte de aprender a estructurar consultas en SQL. Lo principal es obtener información rápida y precisa.

8.4.- Módulo Water Truck y sus beneficios para el control de la polución.

El módulo de Water Truck es una de las herramientas disponibles en Dispatch que sirve principalmente para controlar y administrar los camiones aljibes existentes en la mina. La tarea de estos aljibes es regar a lo largo de las rutas, caminos, accesos de fase, pistas de botaderos, frentes de carguío que se encuentren en la mina con el objetivo de mantenerlos húmedos, y así proporcionar mejores condiciones de operación a los demás equipos, principalmente los camiones de extracción que transportan mineral desde las palas a los botaderos.

Estos equipos también contribuyen con el control de polvo en la mina aportando de una manera significativa a la no contaminación ambiental, e intentando disminuir los índices de PM10.

Al tener implementado el módulo de Water Truck es un aporte al tema de seguridad minera, dado que se podrá tener un control de regado más adecuado en vías en donde las rutas sean complicadas (curvas o caminos estrechos), para que los equipos que transiten en la mina no puedan sufrir incidentes o accidentes por falta o exceso de riego.

Este nuevo módulo permite monitorear y registrar las operaciones de los camiones aljibes asignados a ejecutar la tarea de mantener el riego dentro de la mina, para ello requiere de un conjunto de archivos de código de programación y configuración que permite procesar y almacenar dicha información, la cual es subida a la base de datos de Power View, para así posteriormente trabajar en la obtención de reportes con el análisis de los distintos KPI's de la operación de riego.

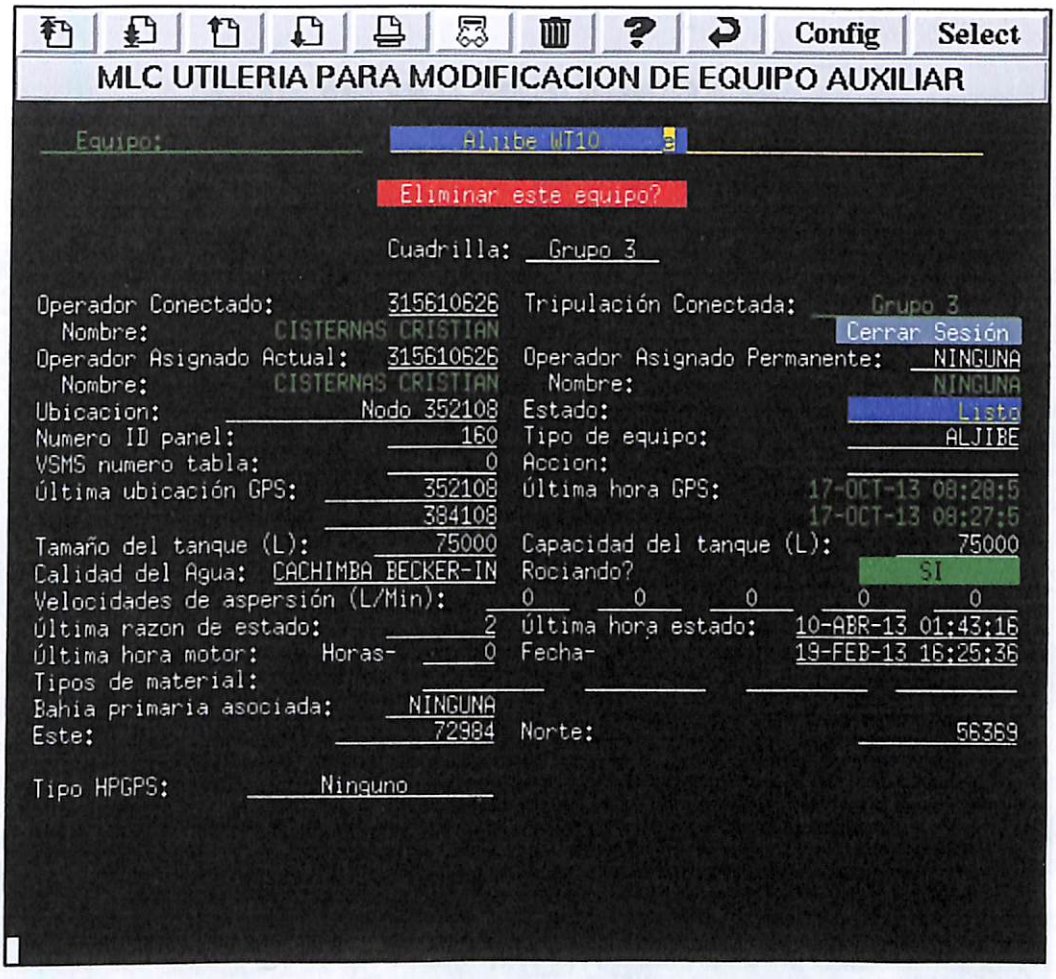
8.4.1.- Funcionamiento del módulo y configuración.

El módulo Water Truck crea registros de regado, este ya sea regado en pista o frentes de carguío, y rellenado de agua en las cachimbas en la base de datos de turno, para ello es necesario que tenga configurado sus parámetros inherentes al equipo que están dentro de la pitdat. A continuación se detallarán cada uno de los módulos de trabajos del wáter truck:

- Los módulos de configuración permiten tener acceso a los datos de la BD pitdat.ddb, para el caso del water truck, el módulo para equipos auxiliares se ampliaría para poder visualizar los datos necesarios.

  A este módulo de configuración de equipos auxiliares, se le agregaron características distintas que diferencian a los equipos aljibes, puesto que, nos entregan datos en tiempo real de estado del equipo (regando, cargando agua, estanque vacío, etc.), tamaño del estanque (este va a variar según el modelo), ubicación del equipo mediante GPS.

Figura 8.6 Módulo de configuración del equipo aljibe.



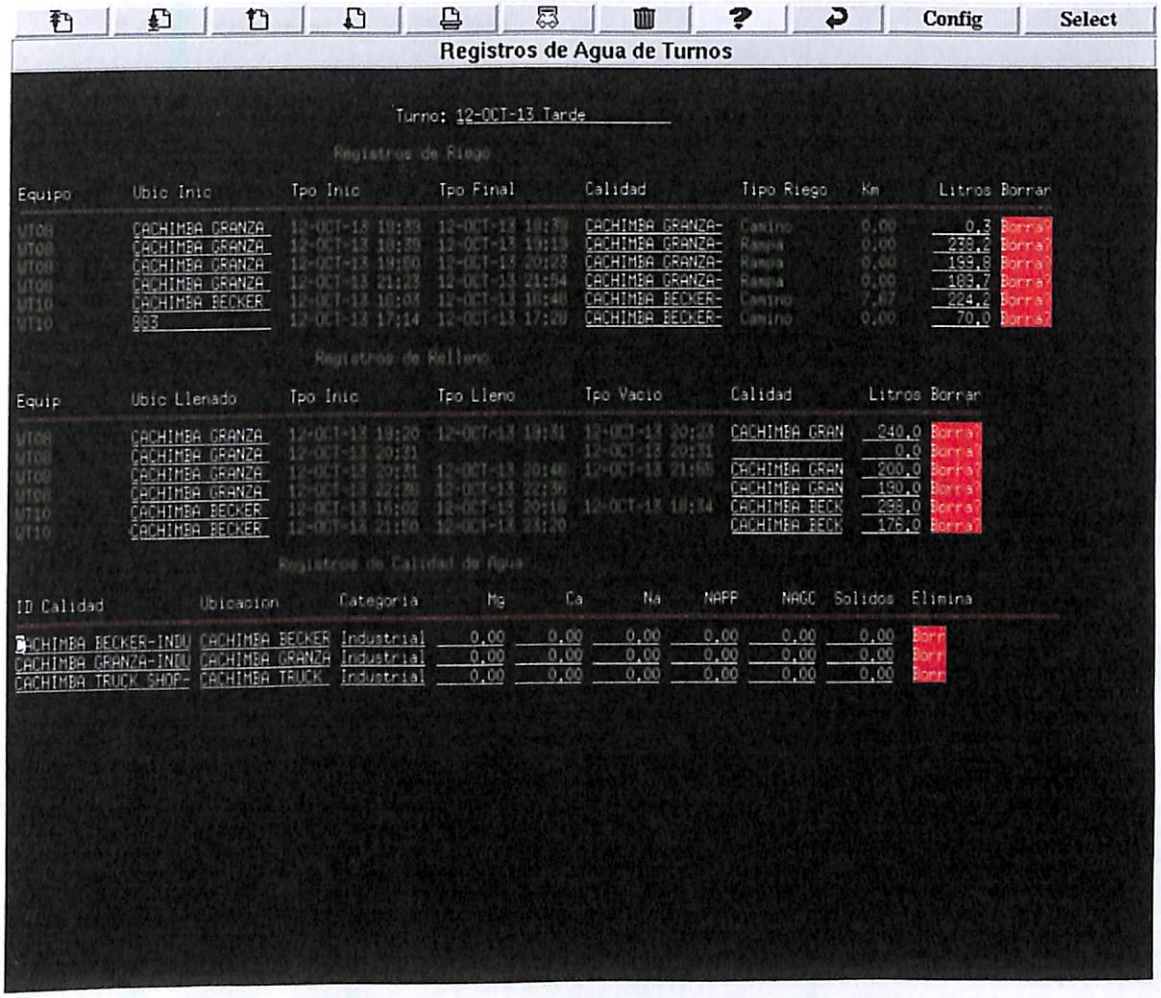
8.4.2.- Módulo de reporte water truck.

Todas las acciones que registren los operadores de los camiones aljibes durante el turno quedan registradas en las bases de datos de Dispatch, a las que el administrador o el despachador pueden corroborar en línea.

Es de vital importancia para el proceso de regado de la mina saber en que sectores y que acciones están realizando los equipos aljibes, de esta forma el tomar planes de acciones será más rápido, a la hora de localizarse un foco de emisiones de

material particulado se recurrirá al equipo mas cercano a este, transformándose este en la principal arma de mitigación.

Figura 8.7 Registros de acciones del equipo aljibe.



En la figura 8.7 se observa los tipos de registros; el Registro de Regado detalla información del equipo (equipo que realizo la acción, ejemplo WT10), ubicación donde inicia el regado, hora de inicio y fin del regado, categoría de agua, tipo de regado (Spray), la cantidad de agua consumida durante esa operación, los 3 tipos customizados por el cliente (Frente carguío, regando pistas y Otros), y la ubicación según los 3 tipos customizados, por ejemplo nodo 883, de aquí se observa todas las operaciones durante el turno.

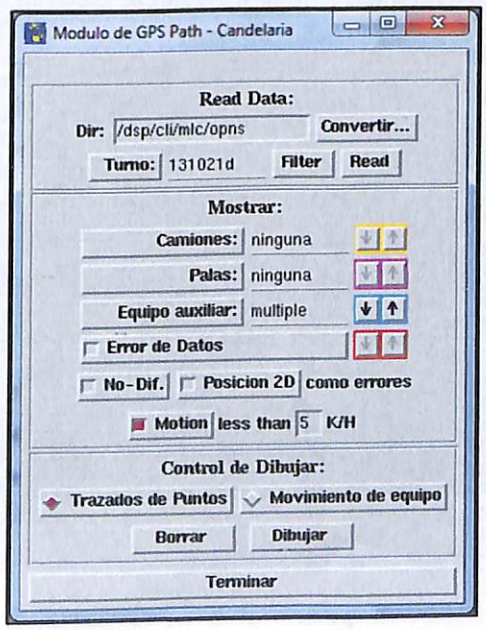
El Registro de Rellenado de Agua detalla el lugar, hora de inicio y fin de carga, hora en que quedó vacío, la categoría de agua y la cantidad de agua cargada en el camión aljibe. Este último valor es calculado como diferencia entre la capacidad del tanque y el consumo estimado.

8.4.3.- Registros en la PitGraf.

En este módulo se pueden realizar los seguimientos a los equipos aljibes, para visualizar por los distintos sectores de la mina que realizaron su trabajo. Este registro se genera a partir de la ubicación GPS del equipo, el cual da la ubicación en tiempo real o de algún turno que ya a pasado.

Toda la ubicación y las acciones del equipo se realizan a través de la visualización de la aplicación de GPS Path. Así se debe elegir el turno a seguir y esta aplicación dibujara los puntos GPS de recorrido del equipo.

Figura 8.8 Registros de acciones en aplicación GPS Path.



Graficas Actualizar Zoom Desplegar Modulos
Ayuda
Zoom: 1.1x
(72447, 59203)

CAPITULO 9: CONTROL Y MITIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10.

9.1.- Descripción del estudio.

El estudio del impacto de Dispatch en camiones aljibes, se enmarca dentro del contexto de obtener el control de la operación de riego, la cual es la principal encargada de mitigar la emisión de particulado generado en el rajo de Minera Candelaria. Esto se busca lograr a través de la medición del proceso, ya que solamente se puede controlar lo que se puede medir, así a través de la implementación de distintos KPI's se buscara optimizar la operación de riego.

Esto se realiza en pro del negocio minero, si bien en líneas generales el proceso productivo es la base principal del negocio, en la actualidad las normas medio ambientales han tomado bastante fuerza, y al no cumplirse con estas, los entes fiscalizadores tienen el poder suficiente para detener los trabajos de las faenas que no cumplan con la norma. Es por esto que la Compañía Contractual Minera Candelaria se ha preocupado del cumplimento de estas, con el fin de entregarles un ambiente de seguridad y de calidad a sus trabajadores, y a través del control de la operación de los equipos aljibes se logrará la optimización del proceso.

A lo largo de este capítulo se darán a conocer las tareas que se realizaron para controlar el proceso y a su vez buscar mitigar las emisiones de material particulado PM10.

9.2.- Estandarización del sistema de riego.

En un comienzo la flota de aljibes no se regia por un estándar que permitiera que estos equipos realicen un trabajo en condiciones similares, por lo tanto se fijo un estándar que optimizara el riego, el consumo de agua, y a su vez le permitiera mitigar el material particulado en suspensión.

A través de ciertas pruebas realizadas en conjunto con el área de mantención de equipo pesado, se obtuvo la forma de operar optima esta en relación a la ubicación de aspersores, apertura de estos, y su orientación, con la finalidad de lograr un riego que abarque la pista al ancho completo, y que este se realice logrando un nebulizado para no dañar la carpeta de rodado de las pistas y a su vez evitar que los camiones de extracción resbalen al transitar por los sectores húmedos.

El estándar para los aspersores, es el siguiente:

- El anillo de apertura de los aspersores debe tener un ancho de 3.5mm, el manifold de ubicación de estos debe se a 3.20mt desde el suelo, así se lograra un arco que de mayor alcance al regar las pistas. Para lograr el ancho deseado se debe entregar un giro al aspersor trasero derecho con la finalidad que este abarque la pista contraria, y a su vez el aspersor central debe ser el encargado de abarcar si propia pista. Que se busca con la utilización de solo dos de los cuatro aspersores traseros, un consumo bajo de agua para lograr regar el circuito que le corresponda al equipo, y poder racionar el escaso recurso hídrico.

Figura 9. 1 y 9. 2 Estándar de regulación de aspersores.

- El otro estándar que se debe fijar para optimizar la operación del riego es el alcance del pitón del aljibe, este debe cumplir con un cierto estándar de alcance y de giro. La tarea del pitón del aljibe es el riego de las frentes de carguío, las cuales son los foco de mayor emisión de particulado en el rajo, una humectación adecuada de la frente mitiga el levantamiento de polvo a la hora de realizar el carguío, es por esto que se debe cumplir con un cierto

alcance de distancia, tanto en la vertical como en la horizontal. El giro que debe alcanzar el pitón es de 90° a partir de la cabina del operador, de esta forma se lograra un efecto abanico que humedecerá un área mayor de la frente. En relación a la distancia de alcance, esta debe ser sobre los 20mts de altura, ya que los bancos operativos son de 18mts, en la horizontal debe alcanzar una distancia aproximada de 50mts con el fin de no estorbar en la operación de carguío, y su vez ubicarse en una zona segura que lo aleje de la interacción con el equipo de carguío.

Figura 9. 3 Estándar de regulación de pitón.

Al cumplir con este estándar se garantiza el óptimo desempeño de la flota de aljibes para mitigar el PM10.

9.3.- Disponibilidad y uso de la disponibilidad de la flota de aljibes.

Para garantizar el continuo riego de los distintos circuitos del rajo de Minera Candelaria, se debe contar con una cierta cantidad de equipos aljibes operativo para realizar la operación de riego. A partir de este concepto nace el término de disponibilidad, este es el objetivo principal del área de mantención, y puede ser definida como la confianza de que el equipo aljibe que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el equipo aljibe está listo para operar o producir, esto para los equipos que operan continuamente.

Y a su vez otro indicador que afecta es el uso de esta disponibilidad, el cual corre por cuenta de la operación y tiene relación directa al uso de los equipos que se encuentran disponibles.

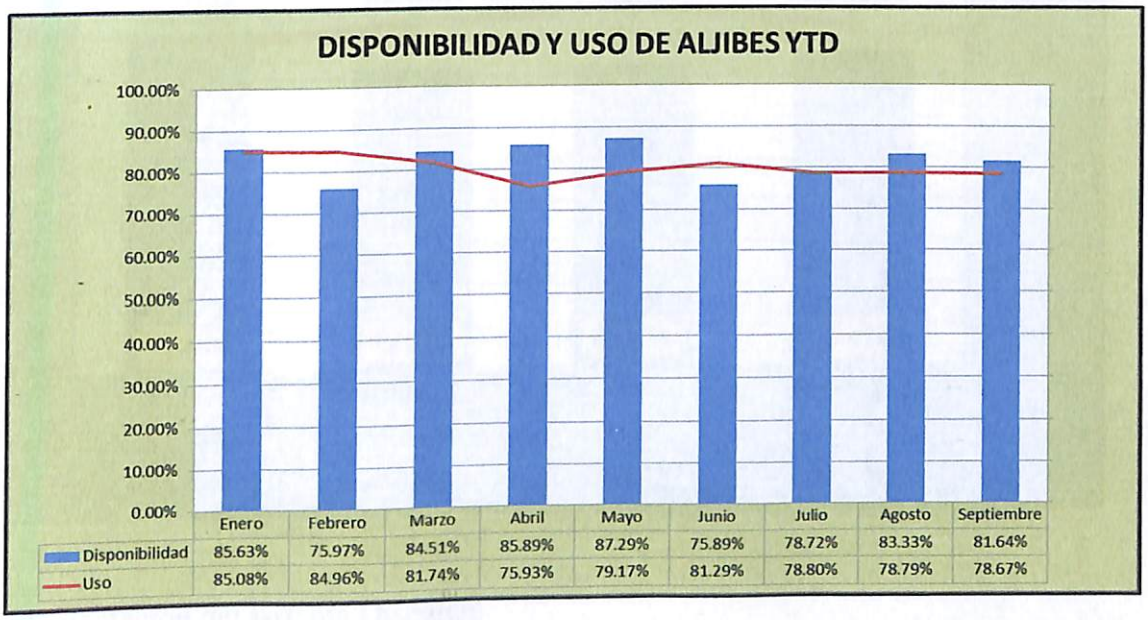
9.3.1.- Disponibilidad.

La flota de camiones aljibes de Minera candelaria esta compuesta por seis equipos, cinco equipos aljibes CAT 773 y un CAT 777. Siendo el target de disponibilidad de operaciones, de cinco equipos disponibles lo que equivale a 83% de la flota. Esto garantiza cubrir los principales focos de emisiones en el rajo.

En el área de operaciones se monitorea que se cumpla con esta disponibilidad, ya que de no cumplirse con esta, y de contar con solo cuatro o tres equipos disponibles, se hace muy difícil controlar todas las emisiones lo que conlleva a que se sobrepase el limite permisible de la norma primaria de calidad del aire, la cual es de 150 $\mu g/m^3$ en una concentración de 24 hrs.

Mediante los datos ingresados a Dispatch, los cuales son almacenados en la base de datos de Power View, logramos el monitoreo en línea de la disponibilidad de acuerdo a los tiempos que registran los equipos tanto en operación como en mantención, y procesando los datos por medio de Excel obtenemos este índice.

Grafico 9.1 Disponibilidad y uso de la disponibilidad en CCMC.



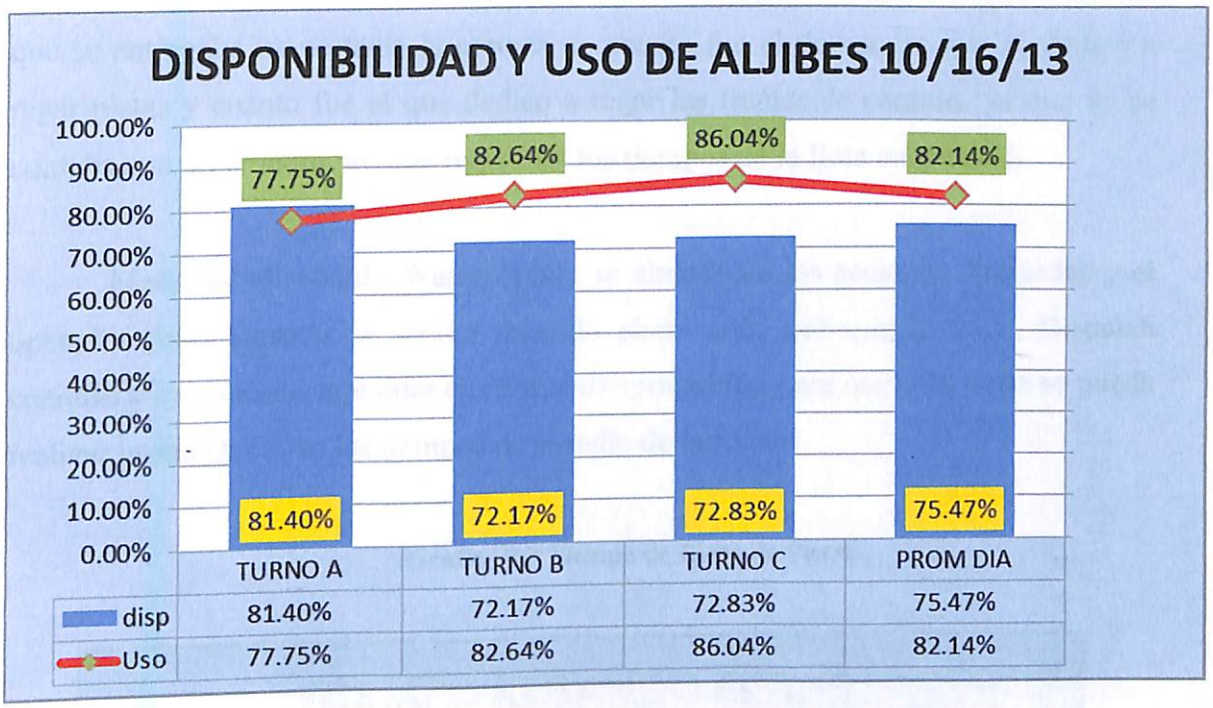
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Disponibilidad	85.63%	75.97%	84.51%	85.89%	87.29%	75.89%	78.72%	83.33%	81.64%
Uso	85.08%	84.96%	81.74%	75.93%	79.17%	81.29%	78.80%	78.79%	78.67%

9.3.2.- Uso de la disponibilidad.

Mediante los acuerdos de la empresa, a operaciones se le exige que este constantemente cumpliendo con un uso de la flota de aljibes, el cual debe ser equivalente al 80% este es el valor mínimo de uso que tiene que tomar operación. Siempre en pro de cumplir con las políticas ambientales de Minera Candelaria.

En Dispatch y al igual que la disponibilidad se lleva el registro en línea del porcentaje de la flota usado. Al quedar un equipo disponible, el estatus de equipo que le entrega el despachador al aljibe es el de disponible sin operador, lo que afecta a su gestión y a su vez a la gestión del Jefe de Turno, puesto que una des sus responsabilidades es que la operación cumpla con los estándares medio ambientales.

Grafico 9.2 Disponibilidad y uso de la disponibilidad por turno en CCMC.



9.4.- Implementación del sistema Dispatch.

A través de la implementación del sistema Dispatch, se busca medir los tiempos de las distintas acciones que se realizan en la operación del riego. Una vez conocidas estas el siguiente paso es lograr el control de estas, con el fin de optimizar la operación.

Se busca medir, las siguientes acciones:

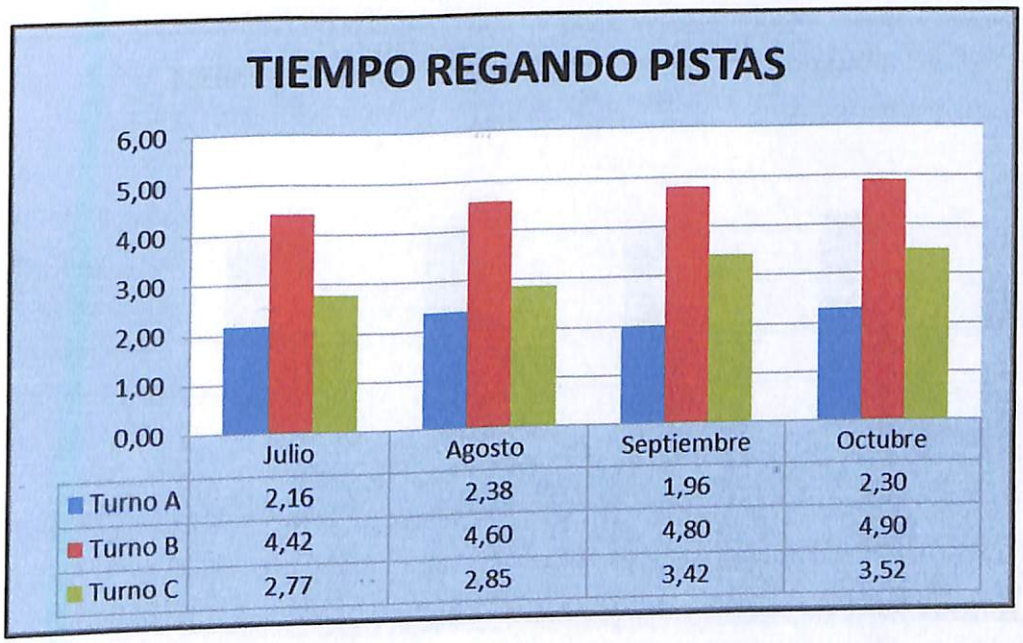
9.4.1.- Tiempo de riego en pistas.

Este tiempo a medir, tiene relación directa con la humectación de las pistas en la mina, se busca controlar cuanto tiempo del turno se destina a cumplir con esta función.

Durante el transcurso del turno, el equipo aljibe llena su estanque en el punto de abastecimiento (cachimba), luego de eso recorre las rutas de la mina regando sus pistas, hasta que concurre a humectar las frentes de carguío. Según el reporte manual que se entregaba no se tenía la certeza de cuanto fue el tiempo en que se dedicó a regar pistas y cuanto fue el que dedico a regar las frentes de carguío, ya que no se contaba con un cronómetro que registrara los tiempos de la flota en general.

Mediante el módulo Water Truck, se almacenan las acciones realizadas y el operador debe ingresar la acción regando pistas cada vez que lo haga, Dispatch cuantifica los tiempos que dura el estatus de esta acción para que más tarde se pueda realizar la sumatoria de los tiempos de regadío de las pistas.

Grafico 9.3 Tiempo de Riego de Pistas.



	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Turno A	2,16	2,38	1,96	2,30
Turno B	4,42	4,60	4,80	4,90
Turno C	2,77	2,85	3,42	3,52

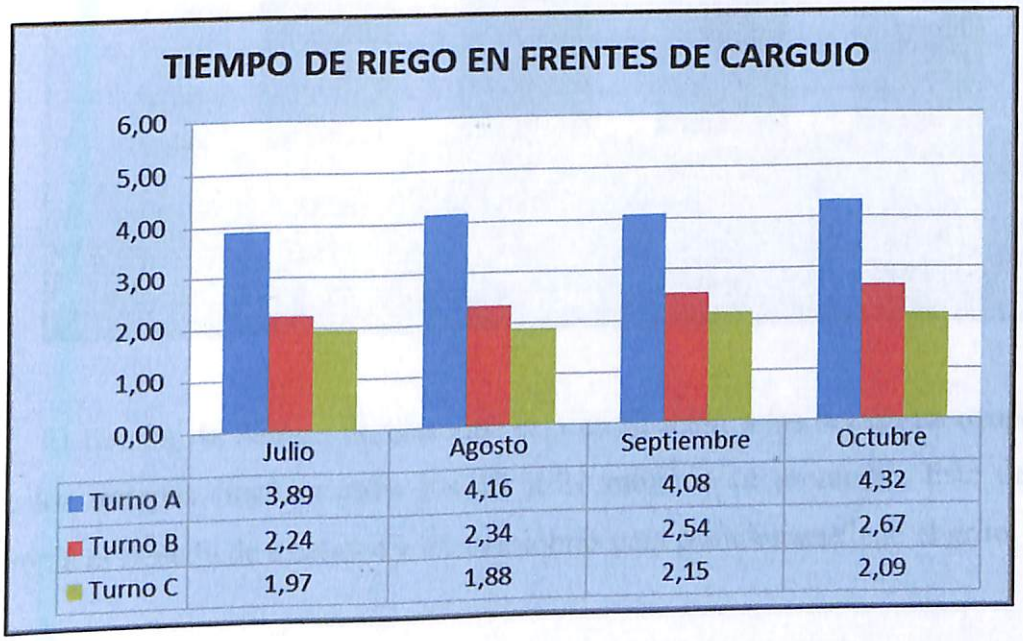
Es notorio que el tiempo de riego en el turno B es mayor, puesto que es en el horario de mayores temperaturas y presencia del sol, mientras que en los otros turnos se privilegia el riego de frentes de carguío por sobre las pistas.

9.4.2.- Tiempo de riego en frente de carguío.

Es necesario cuantificar este tiempo, ya que al momento de crear los planes de contingencia respecto al control de las emisiones, realizar una adecuada humectación de las frentes de carguío garantizar disminuir la contaminación del rajo.

En el turno A (nocturno), con regar durante dos veces en el turno las pistas se logra controlar el polvo que genera el transito de camiones, por lo tanto, el trabajo de los equipos aljibes se debe centrar en el riego de frentes de carguío. Este trabajo se debe realizar prácticamente de punto fijo, y en los siguientes turnos solo realizar una mantención sobre la humectación de la saca.

Grafico 9.4 Tiempo de Riego en Frentes de Carguío.



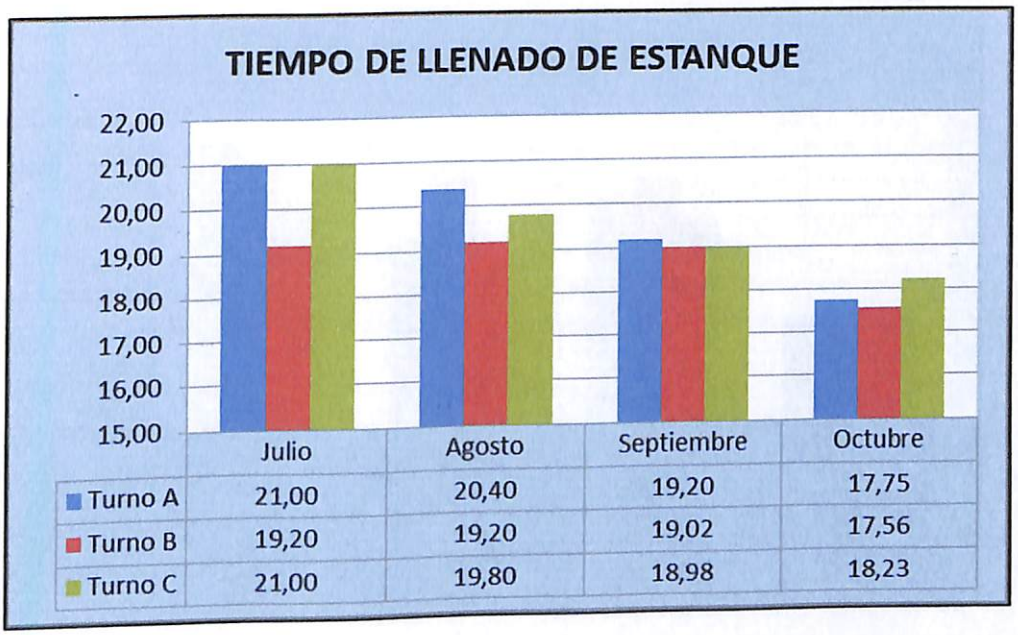
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Turno A	3,89	4,16	4,08	4,32
Turno B	2,24	2,34	2,54	2,67
Turno C	1,97	1,88	2,15	2,09

Como se observa en el grafico anterior los tiempos de riego en frentes de carguío tienen mayor duración en el turno de nochero, puesto que en este turno las frentes de carguío son los mayores focos de polución.

9.4.3.- Tiempo de llenado de estanque en cachimba.

El control del tiempo de llenado de estanques, significa una oportunidad de mejora sobre el proceso de humedecimiento de las pistas, ya que de esta forma se puede extender el tiempo productivo del equipo, reduciendo los tiempos ociosos de la operación.

Grafico 9.5 Tiempo de Llenado de Estanque.



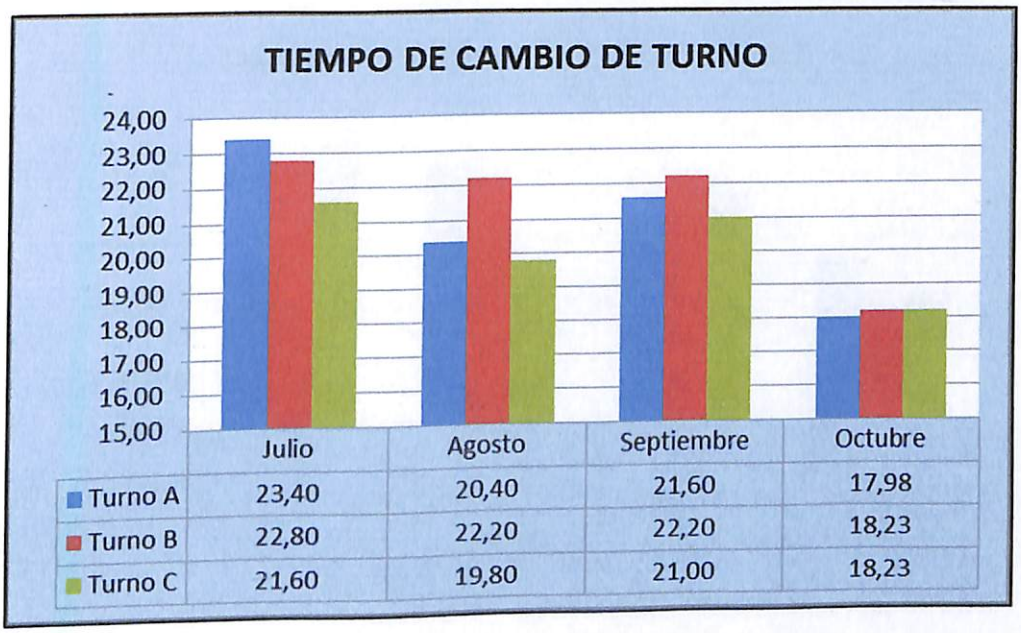
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Turno A	21,00	20,40	19,20	17,75
Turno B	19,20	19,20	19,02	17,56
Turno C	21,00	19,80	18,98	18,23

El tiempo de llenado de estanque esta en relación a las horas que ocupa del turno, los tiempos fluctúan entre los 19 y 21 minutos en promedio. Este tiempo contempla el llenado de estanque y las maniobras para posicionarse bajo el grifo.

9.4.4.- Tiempo de cambio de turno.

El reducir los tiempos de cambio de turno, entrega un mayor costo de oportunidad, puesto que se obtienen más tiempo de operación de los equipos. De esta forma la flota de aljibes puede concurrir a atacar sectores críticos, como los son las frentes de carguío.

Grafico 9.6 Tiempo de Cambio de Turno.



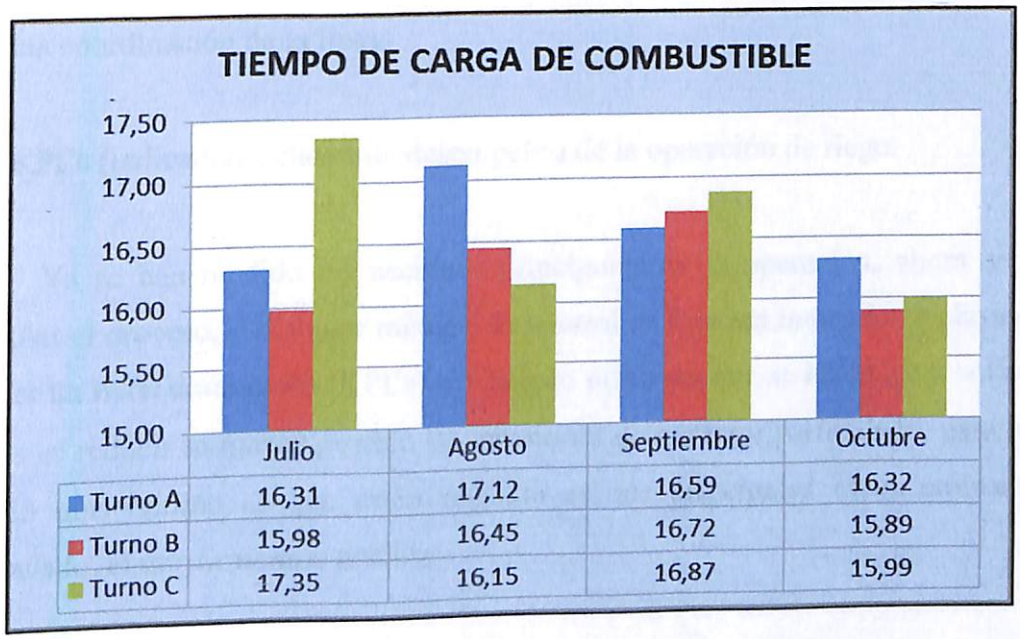
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Turno A	23,40	20,40	21,60	17,98
Turno B	22,80	22,20	22,20	18,23
Turno C	21,60	19,80	21,00	18,23

Al igual que el tiempo de llenado de estanque, el tiempo del cambio de turno esta en base a las horas turno, los tiempos están entre los 19 y 20 minutos aproximados. Disminuir este tiempo es de ganancia para los trabajos del turno.

9.4.5.- Tiempo de carga de combustible.

El control de este tiempo contribuye al programa de QFZ con el que cuenta CCMC, el cual propone metas para la optimización de procesos que contribuyen a la optimización de la operación. La finalidad es definir el tiempo de llenado y en lo óptimo que este se reduzca para que el equipo extienda su tiempo operacional.

Grafico 9.7 Tiempo de Carga de Combustible.



	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Turno A	16,31	17,12	16,59	16,32
Turno B	15,98	16,45	16,72	15,89
Turno C	17,35	16,15	16,87	15,99

Los tiempos de carga de combustible varían entre los 15 a 17 minutos, tiempos que se buscaran disminuir en el futuro en función de optimizar el proceso con el fin de aumentar el tiempo de trabajo del equipo.

9.4.6.- Sectores que se regaron en la mina.

Mediante la PitGraf, se obtiene la localización de los camiones aljibes y a su vez se pueden conocer los sectores que ya han sido humedecidos por estos. A partir de esto se puede realizar una correcta distribución de la flota, ordenando a cada equipo a que acudan a los sectores que no han sido regados.

A su vez se puede sacar un registro de los sectores regados en los otros turnos, con el fin de sacar conclusiones constructivas y oportunidades de mejoras para la correcta coordinación de la flota.

9.5.- KPI's (indicadores claves de desempeño) de la operación de riego.

Ya se han medido las acciones principales de la operación, ahora se debe controlar el proceso, y el mejor método de control es fijar los indicadores claves para obtener un buen desempeño (KPI's). El trabajo principal que se les exige a la flota de aljibes es reducir lo mayor posible las emisiones de material particulado, para lograr esto lo mas optimo es que estén regando en los principales focos emisores de particulado, el mayor tiempo posible.

Se concretará esto con la reducción de algunos tiempos de demoras, los cuales ampliarán los tiempos de operaciones de los equipos aljibes. Las mejores oportunidades de mejoras se encuentran en la reducción de los tiempos de:

- Cambio de turno: el cambio de turno de la flota de aljibes, era el que mas demoraba, puesto que este es un equipo de apoyo y no de producción no se le entregaba prioridad necesaria para el proceso, como consecuencia de esto el tiempo utilizado en los cambios de turno era en promedio de 19,30 minutos.

Realizando trabajos de concientización, traspasando las inquietudes a los jefes de turno se busca reducir este tiempo. Entregando la misma prioridad a los aljibes que un camión de extracción se fijo el mismo KPI para la flota, este es de 15,42 minutos.

- Llenado de estanque de aljibes: este tiempo es similar al de llenado de combustible, la diferencia radica en que no se cuenta con gente externa que llene el estanque, si no que es el mismo operador de aljibe el encargado de accionar la válvula de la cachimba para llenar el estanque.

  Según el caudal de salida de las cachimbas, el cual es de 120 lts/seg, para los aljibes de modelo 773 les toma alrededor de 7 minutos en llenarse, mientras que el modelo 777 se demora en promedio 10 minutos en el llenado, a esto se debe agregar la maniobra del operador para posicionarse en la boca de la cachimba, parar el motor y dirigirse a accionar la válvula de la cachimba. El tiempo total que demora estas maniobras es aproximadamente 10 minutos.

  Para comenzar se fijara el KPI de llenado de estanque en 17 minutos para el modelo de aljibe 773, y 20 minutos para el modelo 777. Ambos tiempos se podrán mejorar cuando a futuro se modifiquen el caudal entregado por las cachimbas, el cual aumentara a 180 lts/seg.

- Llenado de estanque de combustible: el tiempo de abastecimiento de combustible es controlado por el programa QFZ, el cual fija un tiempo determinado en cual se debe llenar el estanque, para así ganar tiempo de producción en los equipos de la mina.

  Para este KPI se utilizara el mismo tiempo de los camiones de extracción, ya que estos abastecen de combustible en los mismos sectores. Por lo tanto el

tiempo de llenado de combustible debe ser aproximadamente de 14,93 minutos.

9.6.- Impacto de Dispatch en el control de la polución.

La Compañía Contractual Minera Candelaria no contaba con un control ni medición del proceso de riego, es por esta razón que no se lograba la optimización de esta operación, lo que conllevaba a no controlar adecuadamente las excedencias en las emisiones de material particulado.

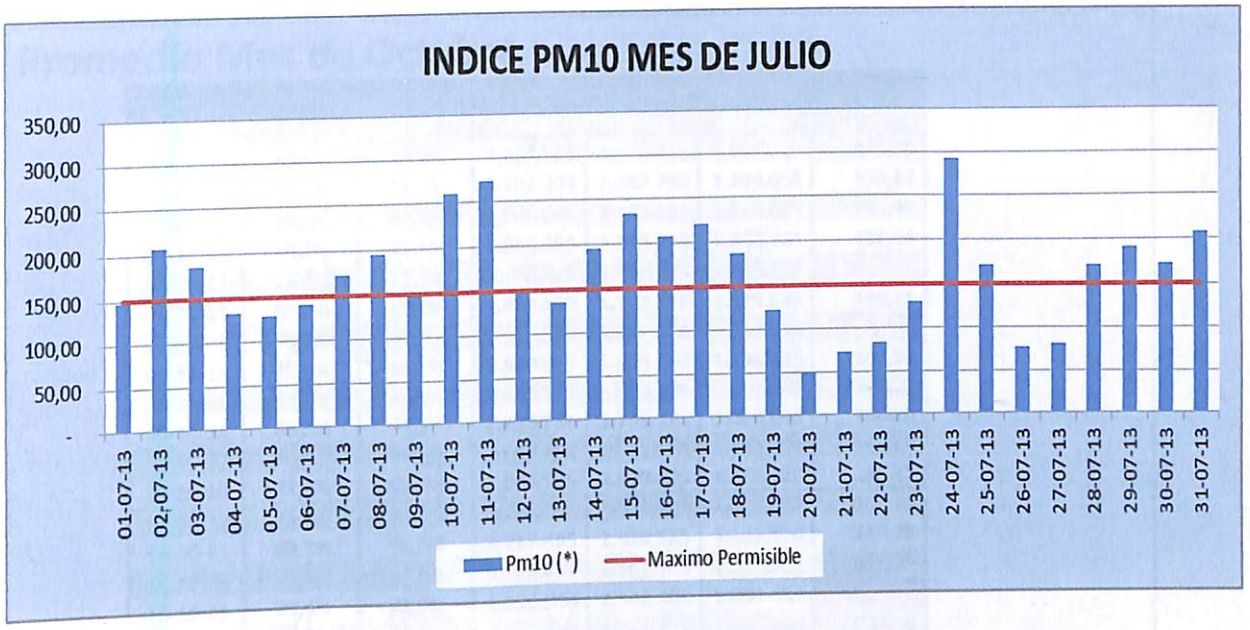
Con la implementación del sistema Dispatch, mediante el modulo wáter truck, se logro cuantificar los tiempos de las distintas acciones que realiza la flota de aljibes, a su vez otorgar una buena distribución de la flota. A partir de esto se crearon planes de acción y reducciones de algunos tiempos para optimizar el trabajo del riego, lo que provoco una reducción de las excedencias del PM10.

Figura 9.4 Estadística de Aljibes del Mes de Julio.

Promedio Mes de Julio

Fecha	Total Disp (%)	Total Uso (%)	Lts. Agua Total	Lts. Agua Pistas	Lts. Agua Frentes	Pm10 (*)
01-07-13	75,3%	82,9%	3.536.045	1.804.330	1.731.715	146,75
02-07-13	76,8%	94,7%	2.368.995	1.307.510	1.061.485	207,47
03-07-13	62,4%	86,4%	2.026.945	1.136.485	890.460	186,15
04-07-13	89,1%	85,5%	2.612.635	934.895	1.677.740	133,27
05-07-13	90,2%	84,6%	3.707.070	1.926.150	1.780.920	128,38
06-07-13	76,7%	84,2%	3.611.045	2.101.945	1.509.100	141,39
07-07-13	94,6%	86,6%	3.805.480	2.073.765	1.731.715	172,81
08-07-13	79,4%	86,8%	4.028.095	2.052.740	1.975.355	195,72
09-07-13	69,0%	95,4%	3.634.455	1.682.510	1.951.945	150,64
10-07-13	76,8%	72,4%	3.365.020	1.830.125	1.534.895	260,43
11-07-13	83,1%	85,6%	4.051.505	2.172.175	1.879.330	273,67
12-07-13	80,7%	76,3%	3.634.455	1.926.150	1.708.305	147,71
13-07-13	80,2%	56,2%	3.088.430	1.677.740	1.410.690	135,17
14-07-13	69,9%	55,5%	1.703.535	1.084.895	618.640	194,63
15-07-13	75,3%	64,7%	3.210.250	1.801.945	1.408.305	234,02
16-07-13	81,2%	78,8%	1.975.355	913.870	1.061.485	206,87
17-07-13	81,4%	93,0%	2.448.765	1.309.895	1.138.870	220,98
18-07-13	76,7%	73,1%	3.264.225	1.682.510	1.581.715	187,50
19-07-13	82,5%	81,2%	3.311.045	1.799.560	1.511.485	122,71
20-07-13	82,5%	52,1%	2.301.150	1.263.075	1.038.075	48,63
21-07-13	80,0%	78,4%	2.280.125	1.066.255	1.213.870	73,46
22-07-13	83,3%	88,2%	2.816.610	1.185.690	1.630.920	83,60
23-07-13	80,6%	90,3%	3.334.455	1.553.535	1.780.920	130,78
24-07-13	71,6%	76,3%	3.039.225	1.530.125	1.509.100	292,74
25-07-13	78,5%	86,9%	3.634.455	1.457.510	2.176.945	171,48
26-07-13	77,2%	70,3%	1.701.150	963.075	738.075	76,95
27-07-13	78,3%	76,6%	3.018.200	1.459.895	1.558.305	80,67
28-07-13	67,0%	69,3%	1.993.995	885.690	1.108.305	171,54
29-07-13	75,3%	69,7%	2.497.970	1.063.870	1.434.100	191,29
30-07-13	82,0%	80,7%	3.069.790	1.682.510	1.387.280	172,35
31-07-13	82,7%	75,3%	3.067.405	1.408.305	1.659.100	207,67
Promedio	78,7%	78,6%	2.972.190	1.507.701	1.464.489	166,05

Grafico 9.8 Índice PM10 Mes de Julio.



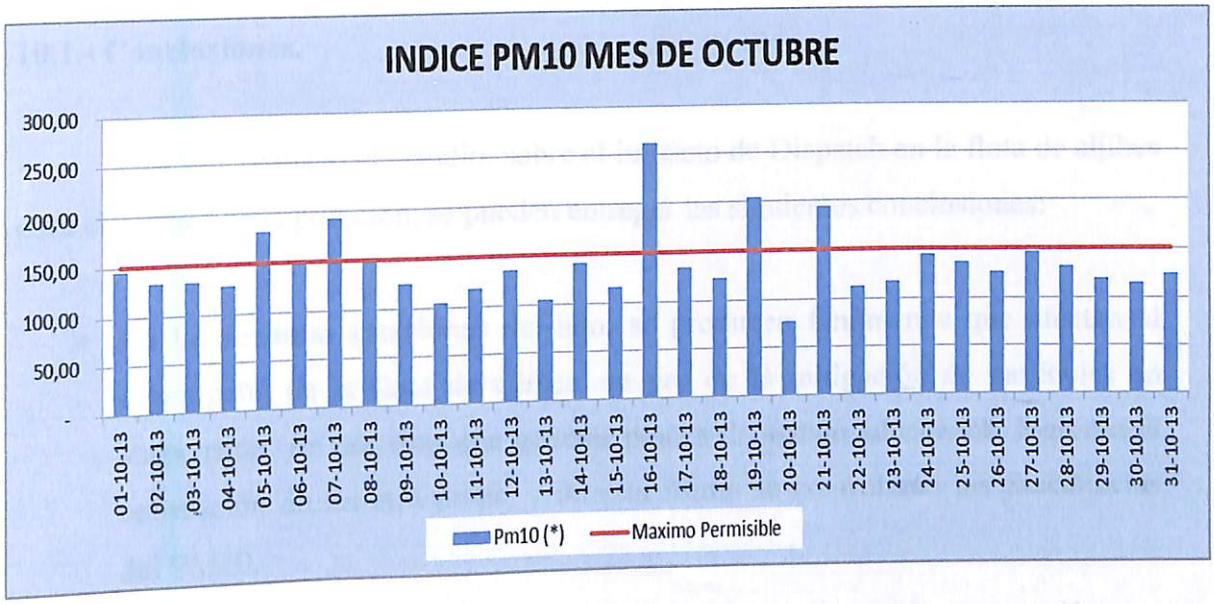
Al implementar el sistema Dispatch los datos obtenidos reflejaban una cierta excedencia en las emisiones de material particulado la cual excedía la norma primaria de calidad del aire. Se busco concientizar a los operadores y turno en general, a su vez se fijaron los KPI's para así mejorar el trabajo de la flota de aljibes.

Figura 9.5 Estadística de Aljibes del Mes de Octubre.

Promedio Mes de Octubre

Fecha	Total Disp (%)	Total Uso (%)	Lts. Agua Total	Lts. Agua Pistas	Lts. Agua Frentes	Pm10 (*)
01-10-13	66,4%	89,0%	3.264.225	1.656.715	1.607.510	145,30
02-10-13	74,2%	71,9%	3.292.405	2.052.740	1.239.665	133,23
03-10-13	78,5%	82,3%	4.004.685	2.443.995	1.560.690	132,95
04-10-13	70,2%	95,7%	3.868.555	2.019.790	1.848.765	128,64
05-10-13	74,8%	79,1%	3.756.275	1.926.150	1.830.125	180,93
06-10-13	60,2%	85,0%	2.460.250	1.131.715	1.328.535	149,21
07-10-13	53,7%	87,1%	2.699.560	1.309.895	1.389.665	192,30
08-10-13	45,4%	84,3%	2.940.815	1.804.330	1.136.485	149,56
09-10-13	47,6%	85,2%	2.652.740	1.509.100	1.143.640	125,20
10-10-13	68,5%	86,3%	2.823.765	1.755.125	1.068.640	104,60
11-10-13	76,9%	84,2%	3.093.200	1.951.945	1.141.255	118,69
12-10-13	77,9%	68,5%	2.945.585	1.680.125	1.265.460	135,31
13-10-13	76,4%	74,0%	3.069.790	1.630.920	1.438.870	104,96
14-10-13	83,3%	76,0%	3.217.405	1.928.535	1.288.870	140,78
15-10-13	73,9%	67,8%	3.191.610	2.101.945	1.089.665	116,23
16-10-13	75,5%	82,0%	3.636.840	2.542.405	1.094.435	262,34
17-10-13	80,3%	81,8%	3.831.275	2.368.995	1.462.280	134,85
18-10-13	70,1%	84,6%	3.611.045	2.296.380	1.314.665	123,32
19-10-13	83,3%	64,4%	3.903.890	2.715.815	1.188.075	204,30
20-10-13	79,2%	61,5%	3.093.200	1.729.330	1.363.870	77,73
21-10-13	71,2%	95,4%	3.650.710	2.392.405	1.258.305	193,55
22-10-13	62,2%	79,1%	3.264.225	1.951.945	1.312.280	112,66
23-10-13	65,6%	89,4%	3.561.840	2.446.380	1.115.460	117,02
24-10-13	72,5%	84,6%	3.603.890	2.167.405	1.436.485	144,71
25-10-13	83,5%	82,3%	4.128.890	2.197.970	1.930.920	137,07
26-10-13	86,8%	67,0%	2.901.150	1.734.100	1.167.050	126,65
27-10-13	94,4%	64,0%	2.643.200	1.923.765	719.435	146,89
28-10-13	74,6%	95,8%	3.903.890	2.715.800	1.188.090	132,50
29-10-13	75,7%	89,4%	3.831.275	2.368.856	1.462.419	119,23
30-10-13	83,3%	84,6%	3.956.478	2.811.321	1.145.157	115,30
31-10-13	72,5%	82,0%	4.075.150	2.164.229	1.910.921	123,60
Promedio	72,9%	80,8%	3.383.155	2.046.133	1.337.022	139,66

Grafico 9.9 Índice PM10 Mes de Octubre.



Durante el mes de octubre se obtuvieron los resultados buscados, controlando el índice de PM10 de la mina, a excepción de algunos días en los cuales se superó la norma, sin embargo el promedio mensual fue de 139,66 µg/m³ por debajo de los 150 µg/m³ que exige la norma.

CAPITULO 10: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1.- Conclusiones.

Una vez acabado el estudio, sobre el impacto de Dispatch en la flota de aljibes para el control de la polución, se pueden entregar las siguientes conclusiones:

- En las distintas estaciones del año, se producen fenómenos que afectan al desempeño de la flota de aljibes, en pro de la mitigación de partículas en suspensión. Es por esto que generar planes de acción adecuados, lograrán la contención de las emisiones, y de esta forma se controlarán las excedencias del PM10.

- Según los turnos de trabajo en Minera Candelaria se deben tomar distintos planes de acción para controlar los principales focos de polución de la mina. A consecuencia de esto, para el turno A (nochero) los equipos de la flota deben concurrir a humectar las sacas de los distintos puntos de carguío con el fin de enviar material húmedo a los distintos puntos de botadero.
  En el turno B (mañanero) la prioridad será regar los circuitos del rajo de Minera Candelaria, para esto es vital una correcta distribución de la flota.
  En turno C (tarde) debe existir un cierto equilibrio en los trabajos tanto para el circuito como para las frentes de carguío.

- El fijar metas de desempeño en los trabajos, optimiza los procesos. Para esto es necesario medir los tiempos de cada una de las actividades de la flota.

- La disponibilidad y el uso de los equipos influye directamente en el control del material particulado PM10. Es por esto que se debe exigir constantemente a mantención que vele por un alto índice de disponibilidad, en general por sobre los cinco aljibes operativos.

A su vez a operaciones mina se le exige un alto uso de la flota de aljibes con el fin de tener un correcto control de las emisiones de particulado.

10.2.- Recomendaciones.

A modo de implementar mejoras futuras en el proceso de riego para controlar la polución en Minera Candelaria, se entregarán ciertas recomendaciones:

- Fijar un mayor control sobre el proceso por parte de los líderes del grupo, de esta forma entregar la responsabilidad al Asistente de jefe de turno para que este pueda velar por la buena distribución de la flota y que a su vez realicen los trabajos necesarios para controlar las emisiones de particulado.

- Continuar con el trabajo en conjunto entre las áreas de operación mina y medio ambiente, esto a fin de estar en la constante búsqueda de mejoras para la calidad del aire en el rajo Candelaria y a su vez en los entornos de la faena. Y en un futuro integrar a personal de mantención para integrarlos a esta tarea.

- Buscar una redistribución de los puntos de llenado de aljibes (cachimbas), esto a fin de que a medida que se realicen los avances de la mina y fijando nuevos puntos de llenado de agua, se busque disminuir los tiempos que demoran los aljibes en concurrir a controlar los focos de emisiones de PM10.

- Seguir realizando las correctas mantenciones de los circuitos del rajo de Minera Candelaria, mediante las motoniveladoras y rodillos compactar los suelos evitando el levantamiento de polvo, y a su vez cuidando la vida útil de los neumáticos de los equipos.

- Realizar pruebas de productos químicos supresores de polvo, esto a fin de proteger las carpetas de rodado y la emisión de material particulado provocado por el tránsito de los equipos de la mina.

ANEXO N°1

FACTORES DE EMISIÓN DE PM10.

Factores de emisión para PM10.

Para las formulas necesarias para calcular las emisiones realizadas por los trabajos de Minera Candelaria, fueron obtenidas en base a las siguientes literaturas.

(1) Factor obtenido de la tabla 11.9-2 de la sección 11.9 Western Surface Coal Mining (AP-42) año 1998.

(2) Factor obtenido de la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M.

(3) Factor obtenido de Agregate Handling and Storage Piles Sección 13.2.4 (5th AP-42) año 2006.

(4) Factor obtenido de Agregate Handling and Storage Piles Sección 11.2.3 (4th AP-42) año 1983.

(5) Factor para caminos no pavimentados en sitios industriales. Sección 13.2.2 Unpaved Roads (5th AP-42) año 2006.

(6) Factor obtenido de table 11.24-1 Emission Factors For Metallic Minerals Processing (5th AP-42) año 1982, considerando medidas de humectación del mineral.

ANEXO N°2

MANUAL PARA USUARIOS DE MODULO WATER TRUCK.

Uso del módulo WATER TRUCK para usuarios de camiones aljibe.

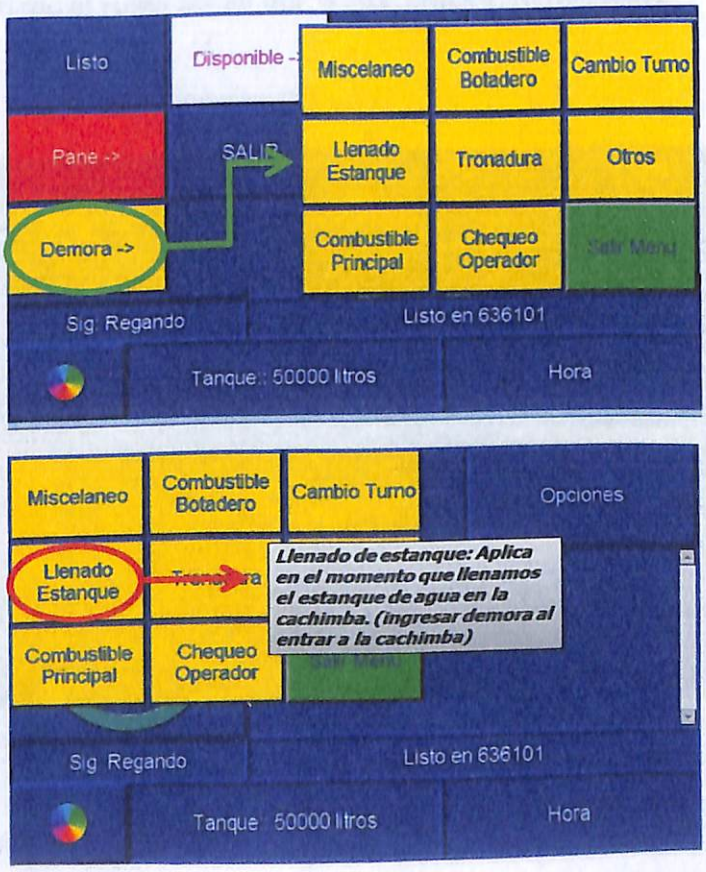
Este anexo está enfocado a entender el uso del módulo de Water Truck, en el cual se explica las opciones de riego para las operaciones mineras y las opciones genéricas del módulo.

Ingreso de ID o Cedula de los operadores.

El operador al comenzar el turno tendrá que ingresar su cedula o ID para empezar a trabajar en el módulo de Water Truck, si el ID es correcto aparecerá un mensaje informativo seguido del nombre del operador.

Rellenado del tanque de Water Truck

- El operador visualizará el remanente del tanque según vaya regando, cuando éste se encuentre en valores mínimos es necesario que el operador rellene el tanque en las ubicaciones definidas por el usuario, en este caso: Cachimba Truck Shop, Cachimba Granza y Cachimba Becker.
- Estando posicionado en las ubicaciones de Water Fill (Cachimbas), ingresar al menú acciones y elegir la opción Rellenado.
- Si el operador oprime la opción de rellenado en las ubicaciones no mencionadas el Sistema brindará mediante el Goic un mensaje: "No se encuentra en la ubicación correcta" y no se podrá efectuar el rellenado del tanque de Agua.
- Terminando el llenado del tanque de Agua, a continuación el operador deberá ingresar el estado de tiempo.



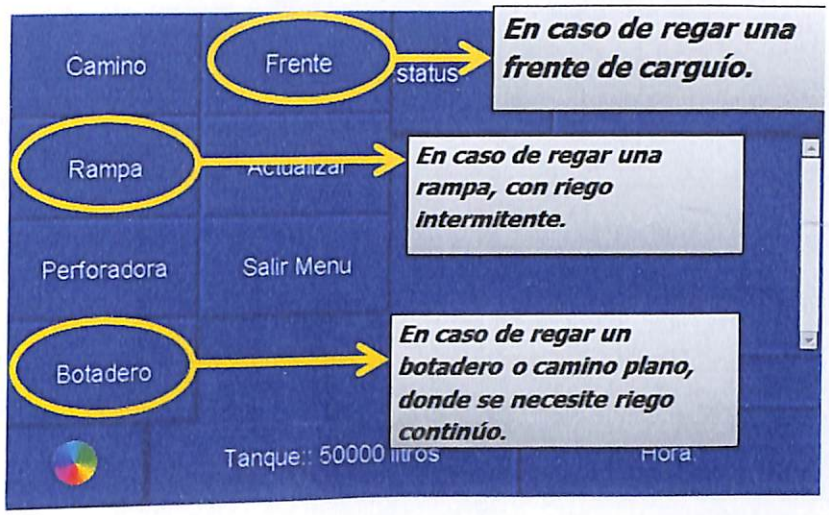
Menú Acciones

En el menú de Acciones aparecen las siguientes opciones:

- Registro: Ingreso del registro, Id o Cedula del operador Cambio Operador.
- Turno: Brinda el turno y hora actual.
- Si: Opción de enviar un mensaje "Si" al Despachador.
- No: Opción de enviar un mensaje "No" al Despachador.
- Tanque lleno: Opción después de rellenar el tanque, el operador debe presionar este botón para indicar que el Water Truck se encuentra lleno y dispuesto a trabajar.
- Regando: Opción cuando el Water Truck empieza a regar.
- Tanque Vacío: Esta opción envía un mensaje indicando que el tanque de agua .del Water Truck se encuentra vacío, la siguiente acción a tomar debería ser recargando.
- Fin regando: Detiene el riego actual del Water Truck (No regando).
- Salir del Menú

Menú de riego.

Este se utilizara cuando el operador necesite realizar los trabajos de riego, dependiendo del sector a regar debe elegir la opción de riego.



Menú de estatus.

Este se utilizara para ingresar los distintos estatus del equipo, ya sea una demora, un disponible o un pane. Estos debes ser debidamente aprobado por el despachador.

ANEXO N°3
IMÁGENES DE CAMIONES ALJIBES.

Camiones aljibe en Minera Candelaria.