

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y
METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS



**“IMPLEMENTACION DEL SISTEMA INTELLIMINE EN MINERA
ESCONDIDA LIMITADA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:
JULIO EFRAIN ROMANI CASTILLO**

LIMA- PERU

2006

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi querido padre Edilberto, quien con sus consejos y ejemplo crearon en mí una forma de vida en base a valores, a mi ejemplar madre Livia, quien con su cariño y permanente comunicación me transmitió siempre el deseo de superación, a mi esposa Leticia, compañera y amiga de mi vida, y a mi hijo Nicolás quienes fueron la fuente de mi inspiración para el logro de este nuevo éxito.

PENSAMIENTO

El recurso HUMANO de una empresa es el activo fijo de mayor valor con que ella cuenta.

Yo no creo que hay empresas exitosas, yo creo que hay empresas con gente exitosa.

AGRADECIMIENTOS

Mi especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería por la oportunidad que me dio de ser profesional, a mis profesores que compartieron sus conocimientos para mi formación, a mis compañeros universitarios por el interés y dedicación demostrado a lo largo de los seis años que nos permitió alcanzar un excelente nivel de enseñanza, a mi familia por el sacrificio que realizaron al dejar de compartir horas en familia y finalmente a mi padre Francisco Efraín Romaní Marzano, quien intercedió por mi ante Dios y me permitió la feliz culminación de este importante proyecto que me trace en la vida.

PENSAMIENTO

“Los sueños se convierten en objetivos cuando se le fija fecha”

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA INTELLIMINE EN MINERA ESCONDIDA LIMITADA

INDICE

PREFACIO

ANTECEDENTES GENERALES

INTRODUCCION

CAPITULO I DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

- I.1..... Ubicación y acceso.
- I.2..... Aspectos fisiográficos.
 - I.2.1..... Clima.
 - I.2.2..... Flora, fauna e hidrología.
 - I.2.3..... Fisiografía.
- I.3..... Descripción geológica del yacimiento.
- I.4..... Marco geológico regional.
 - I.4.1..... Paleozoico.
 - I.4.2..... Mesozoico.
 - I.4.3..... Cenozoico.
- I.5..... Marco tectónico regional.
- I.6..... Litología.
 - I.6.1..... Rocas volcánicas.
 - I.6.2..... Rocas intrusivas.
 - I.6.3..... Complejo intrusivo feldespático Escondida.
 - I.6.4..... Pórfido cuarcífero.
 - I.6.5..... Pórfido dacítico.
 - I.6.6..... Unidad de brechas.
 - I.6.7..... Brechas hidrotermales.
 - I.6.8..... Brechas ígneas.
- I.7..... Alteración del yacimiento.
- I.8..... Geología Estructural.

I.9..... Reservas y recursos.

CAPITULO II DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA ESCONDIDA

II.1..... Operación mina e infraestructura.

II.1.1..... Rajo.

II.1.2..... Planta Concentradora Los Colorados (Fase 3.5).

II.1.3..... Planta Concentradora Laguna Seca (Fase 4).

II.1.4..... Puerto de embarque Coloso.

II.1.5..... Planta Oxido.

II.2..... Antecedentes Particulares.

II.2.1..... Años fiscales.

II.2.2..... Personal de trabajo.

CAPITULO III PROYECTO Despacho Monitoreo Integración (DMi)

III.1..... Fase I.

III.1.1..... Configuración.

 ✎ Ubicación geográfica

 ✎ Descripción

 ✎ Consideraciones de diseño

 ✎ Estaciones base y repetidores

III.1.2..... Análisis general de la performance de la red.

III.1.3..... Instalación del Sistema de Optimización de Carguío y Acarreo.

III.1.4..... Estrategia de Optimización de DISPATCH (DOS).

III.1.5..... Central General de Control (Despacho Mina).

III.1.6..... Sistema GPS Baja Precisión para Camiones.

III.1.7..... Sistema GPS Alta Precisión para Palas.

- III.1.8..... Sistema GPS Alta Precisión para Perforadoras.
 - III.1.9..... Sistema GPS Alta Precisión para Tractores.
 - III.1.10..... Sistema de Monitoreo para Supervisores.
 - III.1.11..... Proceso de almacenamiento de datos en la base SQL.
 - III.1.12..... Herramientas de Gestión para la Operación Minera.
 - III.1.13..... Indicadores Claves de Rendimiento (KPI).
 - III.1.14..... Clasificación de Tiempos en Minera Escondida Limitada.
 - III.1.15..... KPI para el Área de Mantenición.
 - III.1.16..... KPI para el Área de Operaciones Mina.
 - III.1.17..... Resultados Obtenidos con la Instalación de la Fase I.
 - III.1.18..... Mejora Continua de las Operaciones Mineras.
- III.2.....Fase II.
- III.2.1..... Resumen.
 - III.2.2..... Introducción.
 - III.2.3..... Identificación de las necesidades del área de Mantenimiento.
 - III.2.4..... Descripción del Sistema.
 - III.2.5..... Aplicaciones y Utilidades.
 - III.2.6..... Monitoreo en Tiempo Real.
 - III.2.7..... Análisis de Tendencias.
 - III.2.8..... Manejo de Alarmas/Eventos.
 - III.2.9..... Creación de Reportes.
 - III.2.10..... Estimación de los Ahorros Potenciales Durante la Etapa de Pruebas.
 - III.2.11..... Conclusiones al Término de las Pruebas.
- III.3.....Fase III.
- III.3.1..... Resumen.
 - III.3.2..... Control de Costos en Minera Escondida.
 - III.3.3..... Aplicación INGEM.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

PREFACIO

El aumento de los costos operacionales está obligando a las compañías de mineras, a realizar reducciones significativas de los mismos, para poder mantenerse competitivas en el mercado. Es en este contexto, que el único camino para asegurar la sustentabilidad en el tiempo de una Operación Minera, se basa fundamentalmente en la imperante búsqueda de la **“Excelencia Operacional”**, para lo cual tenemos que llevar un constante proceso de **“medición”**, donde lo más importante es alcanzar la uniformidad de nuestros servicios y productos, a fin de reducir la variabilidad de los procesos para que podamos obtener el mayor beneficio.

Considerando lo anterior, y partiendo de la premisa **“Lo que no se puede medir, no se puede controlar”**, es que nace el concepto de KPI (Indicadores Claves de Desempeño), lo cual da cuenta de que existe una sola forma de hacer las cosas bien y es a través de los estándares. Es necesario centrarnos en estos y controlarlos a través de un número, conocido como KPI, que existe para cada proceso que determinemos.

A su vez, el gran avance de la tecnología en lo referente a comunicaciones, redes, manejo de datos y sistemas de posicionamiento satelital, han permitido grandes desarrollos en la industria mundial, y la minería no ha sido excepta a estos grandes cambios, lo cual trasciende en grandes inversiones económicas, incurridas por parte de las empresa mineras en la

adquisición y/o desarrollo de **herramientas de gestión**, las cuales se incorporan a los distintos procesos de la Operación como auténticos aliados estratégicos, los cuales permiten transformar la gran cantidad de datos, que segundo a segundo generan las operaciones, en información fidedigna y en tiempo real, que nos permite tomar decisiones oportunas, a fin de conseguir un incremento de la seguridad, disponibilidad, utilización y productividad de los equipos mina, lo que conlleva a un inherente reducción de costos e incremento de nuestras ganancias.

Lo anterior no hace más que reflejar el cambio rotundo en la forma de visualizar el negocio minero, en la que predomina el predictivismo, es decir la toma anticipada de acciones en beneficio de la operación, basada en análisis de tendencias y simulaciones en tiempo real.

Concedores de lo anteriormente mencionado, y siguiendo fielmente la política de constante incorporación tecnológica al interior de cada una de sus procesos, es que Minera Escondida Limita (MEL) opta por implementar el **"Sistema Intellimine"**.

La implementación de este conjunto de sistemas, contempla instalar, personalizar y poner en funcionamiento el Sistema Dispatch (Operaciones Mina), Mine Care (Mantención Mina) y SAP (Costos y Finanzas), como herramientas oficiales de administración en cada una de las áreas en mención.

El propósito del presente trabajo, no es solo describir el proceso completo de esta implementación y mostrar resultados concretos directamente relacionados a este proceso de automatización, sino

también el de crear conciencia y dar a conocer, especialmente a mis futuros colegas, la necesidad de las empresas mineras de contar con profesionales mineros con nuevos perfiles profesionales, quienes interactuando no solo con herramientas tecnológicas de alta generación, sino también aplicando gran criterio ingenieril, hacen de estos individuos, los elementos de quiebre entre el éxito o fracaso del día a día de la Operación.

ANTECEDENTES GENERALES

Introducción

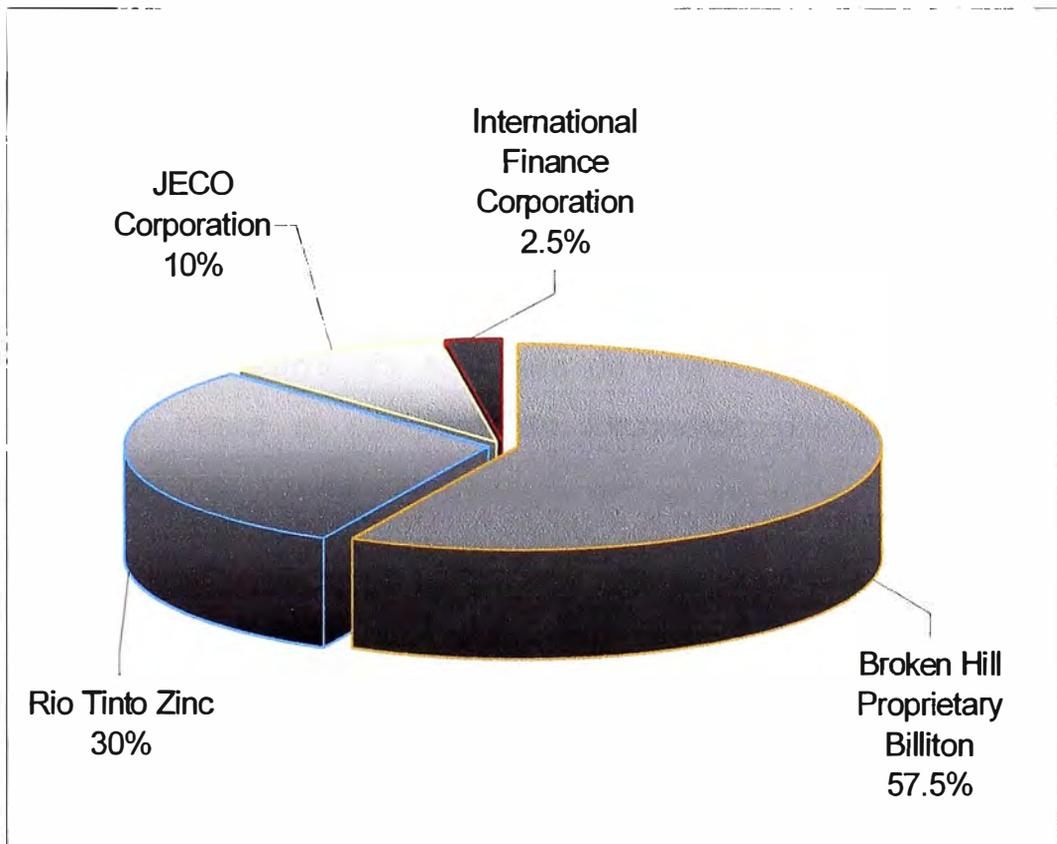
Minera Escondida Ltda. fue oficialmente inaugurada el 14 de Marzo de 1991, pero sus orígenes se remontan a 1978, cuando el geólogo consultor estadounidense David Lowell presentó un proyecto a Utah International Inc. y Getty Mining, para llevar a cabo un programa de exploración de pórfidos cupríferos en el Norte de Chile. Luego de dos años de exploraciones, el 14 de marzo de 1981 un sondaje interceptó el cuerpo mineralizado, dándose comienzo en junio del mismo año a una exhaustiva campaña de sondajes para caracterizar el cuerpo descubierto, el cual ha llegado a ser uno de los más importantes a nivel mundial, tanto por volumen como por las altas leyes que presenta.

En 1984, Utah International fue adquirido por The Broken Hill Proprietary Inc. (BHP) de Australia, y Getty Mining fue adquirido por Texaco Corporation. Con esto, ambas compañías lograron propiedad del depósito. Ese mismo año comenzaron los estudios de factibilidad. Al año siguiente, Texaco Corporation optó por no participar del proyecto y el 17 de Octubre de 1985 se formó la nueva estructura de la compañía, llamada Minera Escondida Ltda.

La construcción de Escondida comenzó en Agosto de 1988. El 3 de Noviembre de 1990 ingresó mineral a la planta concentradora por primera vez, realizándose el primer embarque de concentrado el 31 de Diciembre del mismo año. La compañía fue oficialmente inaugurada el 14 de Marzo de 1991, con una producción anual proyectada de 320.000 toneladas de cobre fino contenido en

concentrado. La inversión de capital en construcción, equipo minero y de planta, mineroducto, puerto y otras instalaciones fue originalmente de US\$ 836 millones.

En 1988 la sociedad de la empresa queda conformada por: Broken Hill Proprietary (BHP) con un 57.5%; la compañía inglesa Río Tinto Zinc (RTZ) con un 30 %; un consorcio japonés encabezado por Mitsubishi con un 10 % y la corporación Financiera Internacional (IFC) del banco mundial con un 2.5%. Finalmente el 29 de junio de 2001 se formalizó la mega fusión entre BHP y la compañía inglesa Billiton, por lo cual entre ambas pasan a controlar el 57,5% de Minera Escondida Limitada.



Propietarios de Minera Escondida Limitada.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

I.1 Ubicación y Acceso

El yacimiento de cobre de Minera Escondida, está ubicado en promedio a 3.100 metros sobre el nivel del mar en pleno desierto de Atacama, a 170 Km. al Sudeste de la ciudad de Antofagasta, dentro de la comuna de Antofagasta, Segunda Región de Chile. Su latitud Sur es de $24^{\circ} 15' 30''$. Su longitud Oeste es de $69^{\circ} 4' 15''$. La figura (2.2) muestra un plano de ubicación de la faena.

El acceso al yacimiento se realiza desde el sector industrial "La Negra" ubicado en el empalme de la carretera 5 Norte con la ruta 25 (salida Sur de la ciudad de Antofagasta). Desde este punto se construyó una carretera asfaltada de una distancia aproximada de 170 Km. hasta el campamento Escondida. Desde el sector de campamentos, existe un camino de 12 Km., el cual permite el acceso a todas las instalaciones de la faena.

Existen además otros accesos al yacimiento. Uno se ubica 60 Km. al sur de la ciudad de Antofagasta, lugar donde se empalma con la carretera 5 Norte. Esta ruta fue el acceso obligado a Escondida en sus primeros años de vida. Otro acceso se puede realizar desde el Noreste de la mina desde el poblado Toconao, ubicado aproximadamente a 150 Km. del yacimiento. Este camino aprovecha la ruta internacional hacia Argentina. También existe una pista de aterrizaje que se mantiene en buen estado.



Plano de ubicación Minera Escondida Limitada.

I.2 Aspectos Fisiográficos

I.2.1 Clima

En el sector del yacimiento, el clima es desértico normal con temperaturas que oscilan entre los -10°C y 20°C en los meses de invierno y entre los -2°C y 25°C en los meses de verano, con temperaturas anuales promedio de 10°C . Las principales características climáticas del yacimiento son la limpidez de la atmósfera, la baja humedad relativa del aire con un promedio anual de 39% y las escasas precipitaciones, reduciéndose a pequeñas lluvias y algunas nevadas ocasionales entre los meses de Junio y Agosto o Enero y Febrero, por influencia del Invierno Altiplánico, con un promedio de precipitaciones de 5 a 10 mm de agua por año.

I.2.2 Flora, fauna e hidrogeología

La flora se concentra en torno a los cursos de aguas superficiales de la alta Cordillera y planicie sobre los 3.800 m.s.n.m. Entre estas alturas y el Salar (2.952 m.s.n.m.) no existe vegetación. En el Salar, la flora se establece en sectores donde encuentren aguas provenientes de la cordillera, dando origen a vegas y pajonales.

En la Fauna destacan los mamíferos cordilleranos: la vicuña, el guanaco, el zorro culpeo y el puma. En el Salar destaca el flamenco andino.

La principal fuente hidrográfica de la zona es el Salar de Punta Negra, del cual Escondida obtiene el agua subterránea para el

proceso metalúrgico y consumo humano. Este salar se encuentra a 30 Km. hacia el Este del lugar de la mina. Actualmente se está implementando un campo de pozos en Monturaqui, área situada a 70 Km. al Este, que soportará principalmente la explotación de óxidos y las futuras expansiones de los sulfuros.

Es importante señalar que Minera Escondida Ltda. posee un importante compromiso con el recurso hídrico, dado lo vital de él y su escasez en una de las zonas más áridas del planeta. Es por ello que la reutilización de este recurso desde distintos puntos del proceso ha permitido una explotación constante, sin escasez del recurso. Los puntos más importantes de recuperación de agua son hoy en día los relaves, los campamentos e instalaciones, y el transporte de pulpa a coloso.

I.2.3 Fisiografía

Los rasgos fisiográficos más importantes del área del depósito corresponden a dos cordones orográficos elongados; Uno en sentido Norte-Sur, denominado cordón Occidental, y otro en sentido Noreste-Sureste, llamado cordón Imilac (coincidente con la cordillera de Domeyko). Ambos presentan una topografía suave.

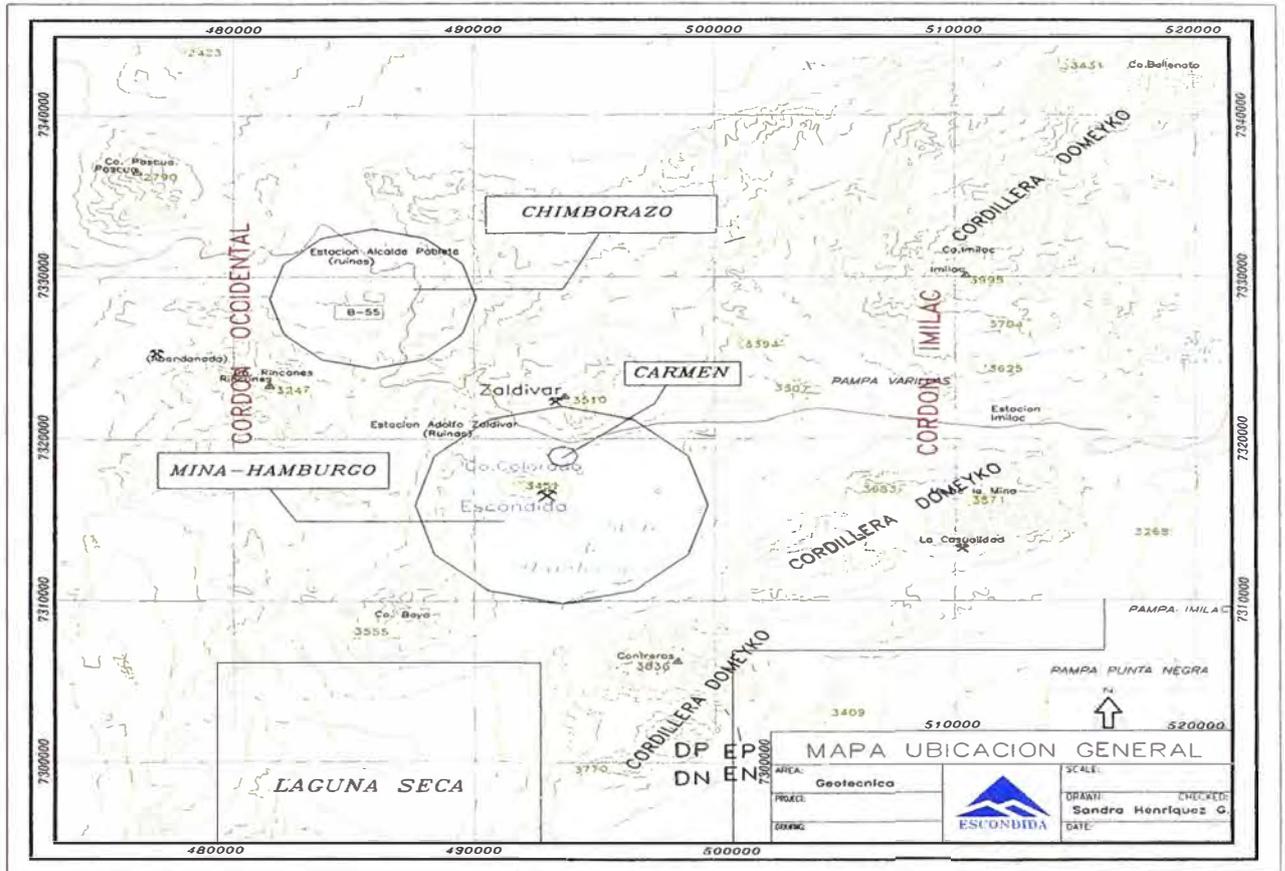
La altura promedio de los cordones es de aproximadamente 3.250 m.s.n.m. Entre estos se extiende una extensa cuenca que en su parte más profunda alberga al salar de Hamburgo, y que constituye el recolector de los arenales del sector. Además se destacan algunos cerros islas, tales como el Colorado Grande, Colorado Chico y Cerro Ceniceros

(Figura 2.3).

En un perfil Este-Oeste de la Provincia de Antofagasta, se reconocen tres unidades morfoestructurales mayores; estas son, de Oeste a Este:

- La Cordillera de la Costa
- El valle Central
- La Cordillera de los Andes

De acuerdo a esta división, el mineral de Escondida se localiza en los contrafuertes occidentales de la Cordillera Andina (precordillera); esta precordillera recibe el nombre de Cordillera de Domeyko, tanto en la zona de estudio como en gran parte del Norte Grande de Chile.



FISIOGRAFÍA GENERAL.

I.3 descripción geológica del yacimiento

El yacimiento está relacionado geológicamente con intrusiones magmáticas porfídicas de 30 a 35 millones de años de antigüedad, que se ubican a lo largo de grandes fallas transcurrentes de orientación Norte Sur, perteneciente al sistema de falla Domeyko y un conjunto de fallas locales de rumbo Noreste Sureste. Después de 12 millones de años, el levantamiento continental y la erosión expusieron este yacimiento a la atmósfera. Durante un periodo posterior de 4 millones de años, la porción superior del cuerpo mineralizado fue lixiviada naturalmente por la infiltración de aguas meteóricas. El cobre en solución fue transportado a sectores más profundos, precipitando en forma de sulfuros de Cobre (Calcosina Cu_2S y Covelina CuS) en la zona inmediatamente debajo del nivel de aguas subterráneas existentes en ese momento. Las condiciones de clima desérticas permitieron conservar el gran cuerpo mineralizado durante los últimos catorce millones de años. Se ha estimado que el cuerpo descrito es elongado en el sentido Noreste Sureste, de 4,5 Km. de longitud, 2,5 Km. de ancho y 600 m de profundidad reconocida.

Dentro de las intrusiones subvolcánicas se encuentra el pórfido Escondida, que por su composición corresponde a una monzonita con variaciones a monzonita cuarcífera. También se presenta un pórfido Riolítico, un Stock tardío, caracterizado por abundante cuarzo.

Los intrusivos se encuentran emplazados en rocas volcánicas andesíticas correlacionables en edad con las volcanitas de la Formación Augusta Victoria, las cuales presentan una edad que varía entre 66.6 y 41.2 Ma, o sea se extiende desde el Cretácico Superior

hasta el Eoceno tardío. La edad de la alteración y mineralización asociada a estos intrusivos es de 31 a 32 Ma, datado en biotita secundaria y sericita, en cambio el enriquecimiento tuvo lugar entre los 28 y 14 Ma, edad reportada por el análisis de alunita supérgena.

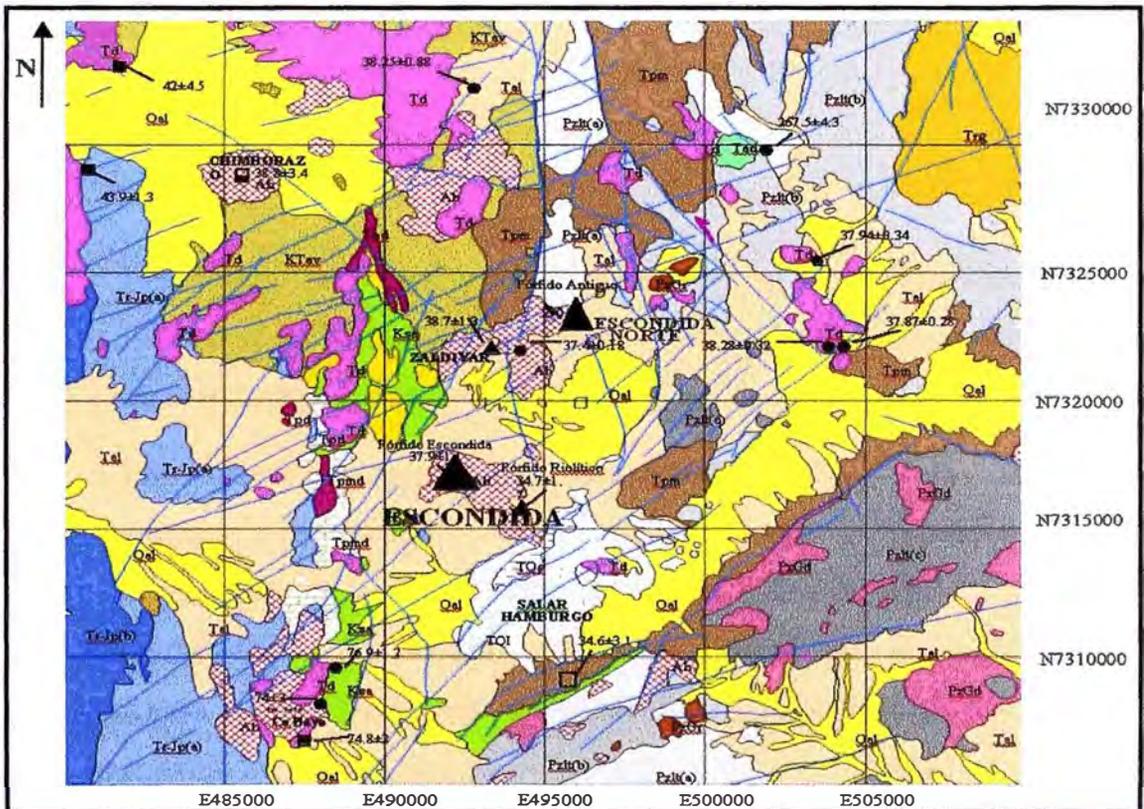
La mineralización supérgena se presenta en forma diseminada, en vetas y vetillas, siendo los principales minerales supérgenos de mena la calcosina, covelina y como primario calcopirita, como sulfuros, además de minerales verdes como antlerita, brocantita, atacamita y crisocola como óxidos de cobre.

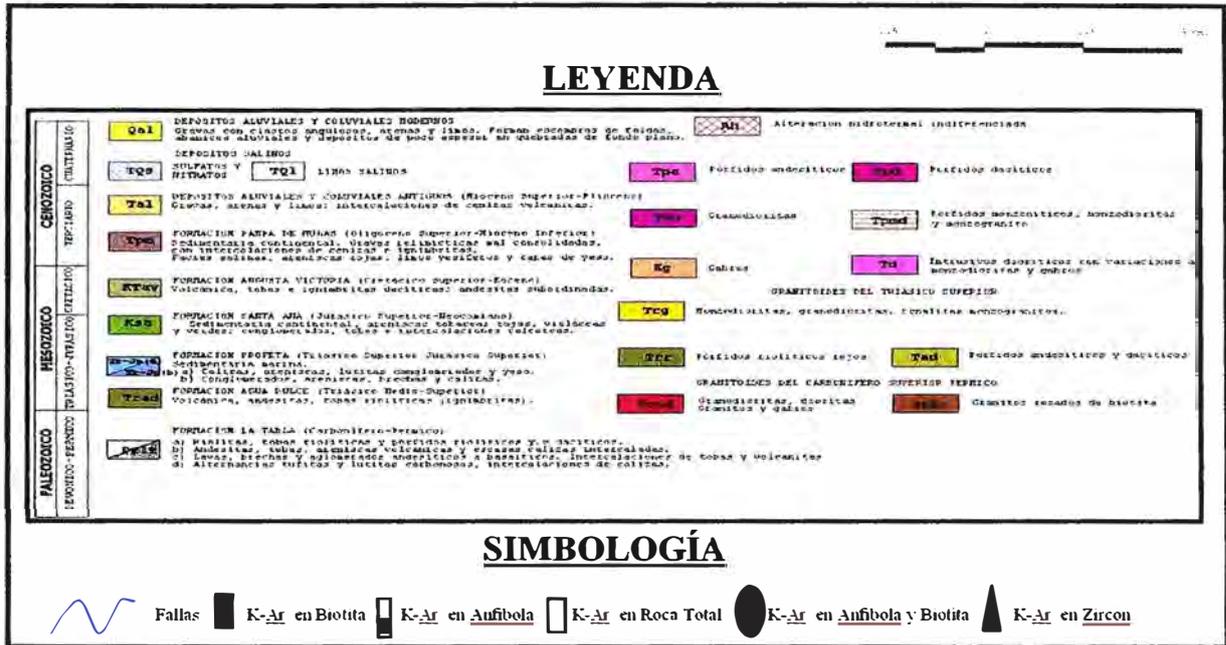
Dentro del distrito se han reportado distintos tipos de alteración entre las que se encuentran una alteración potásica tardimagmática dividida en zonas potásica-biotítica y feldespato-potásica. La alteración fílica está representada por una zona cuarzo-sericítica y clorítica-sericítica. Además se han reconocido zonas con alteraciones argílica, propilitica y zonas con una alteración silícea tardía. Modelos generalizados ya han sido hechos, sin embargo es necesario realizarlos en forma más detallada con el propósito de contribuir al mejoramiento de la productividad del yacimiento.

El tamaño del yacimiento, su estructura geológica, el complejo desarrollo hidrotermal asociado a una serie de intrusiones porfídicas, y la bien desarrollada y preservada calidad del mineral enriquecido hacen que Escondida sea un caso especial de explotación con un desarrollo minero bastante exitoso.

I.4 Marco Geológico Regional

Las rocas que integran el marco geológico del yacimiento de La Escondida, corresponden a rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias. En la figura 1.2 se muestra la distribución de las diferentes unidades litológicas que afloran en el área adyacente al depósito.





I.4.1 Paleozoico

Las rocas paleozoicas presentes en el área corresponden a rocas volcano-clásticas e intrusivas ubicadas directamente al este del yacimiento Escondida.

Las rocas volcano-clásticas constituyen una secuencia continental, asociada al Carbonífero Superior-Pérmico correlacionable con la Formación La Tabla (García, 1967), integrada principalmente por rocas riolíticas, brechas y aglomerados andesíticos a basálticos con intercalaciones de tobas y volcarenitas, con escasas intercalaciones de calizas y tobas riolíticas a dacíticas. (Véliz, 2003).

Los intrusivos más antiguos se sitúan al sur del área de La Escondida, corresponden a rocas hipabisales compuestas por pórfidos riolíticos a dacíticos, asignados al Carbonífero-Pérmico (Véliz, 2003).



I.4.2 Mesozoico

Esta representado por rocas estratificadas e intrusivas. Las sedimentitas están constituidas principalmente por calizas, areniscas, lutitas y conglomerados, del Triásico Superior-Jurásico Inferior, correlacionable a la Formación El Profeta. (Chong 1973, en Véliz, 2003).

Estratos sedimentarios continentales formados por areniscas tobáceas, conglomerados, tobas y algunas intercalaciones calcáreas, además de lavas y tobas andesíticas, son correlacionable a la Formación Santa Ana, que ha sido datada al Jurásico Superior-Neocomiano, y sobreyace por medio de fallamiento inverso, a la Formación La Tabla (Naranjo y Puig 1984, en Véliz 2003).

Otra secuencia compuesta por lavas andesíticas y dacíticas, areniscas volcanoclásticas, tobas y brechas dacíticas a riolíticas, y sus equivalentes intrusivos, que se reducen a una serie de pequeños cuerpos monzoníticos a dioríticos y pórfidos andesíticos a riolíticos, son asignados al Cretácico Superior-Eoceno Medio (García 1967, en Véliz 2003)

Entre el Cretácico Superior-Eoceno, se desarrollaron intrusivos de composición monzoníticos, monzodioríticos y monzogábricos, algunos de ellos con alteraciones hidrotermales, que han sido asignados al Oligoceno, causantes de las mineralizaciones de cobre en el yacimiento La Escondida. (Véliz, 2003).

I.4.3 Cenozoico

Representada por tres unidades diferenciadas por la edad relativa de los depósitos.

Gravas, paraconglomerados y areniscas, débilmente consolidadas, de mala estratificación, con intercalaciones de ceniza volcánica e ignimbritas localmente cementadas por carbonatos, con niveles de travertino e intercalaciones de cenizas, Oligoceno Superior-Plioceno. (Véliz, 2003).

Depósitos aluviales antiguos del Mioceno Superior-Plioceno, formados por gravas mal estratificadas con lentes de arenas, limos e intercalaciones de cenizas volcánicas. Forman depósitos aterrizados, de piedemonte (glacis) y de corrientes de barro, mal consolidados y disecados por erosión actual. También pueden presentar fases de limos con abundante yeso y escasas intercalaciones de gravas con clastos angulosos. (Véliz, 2003).

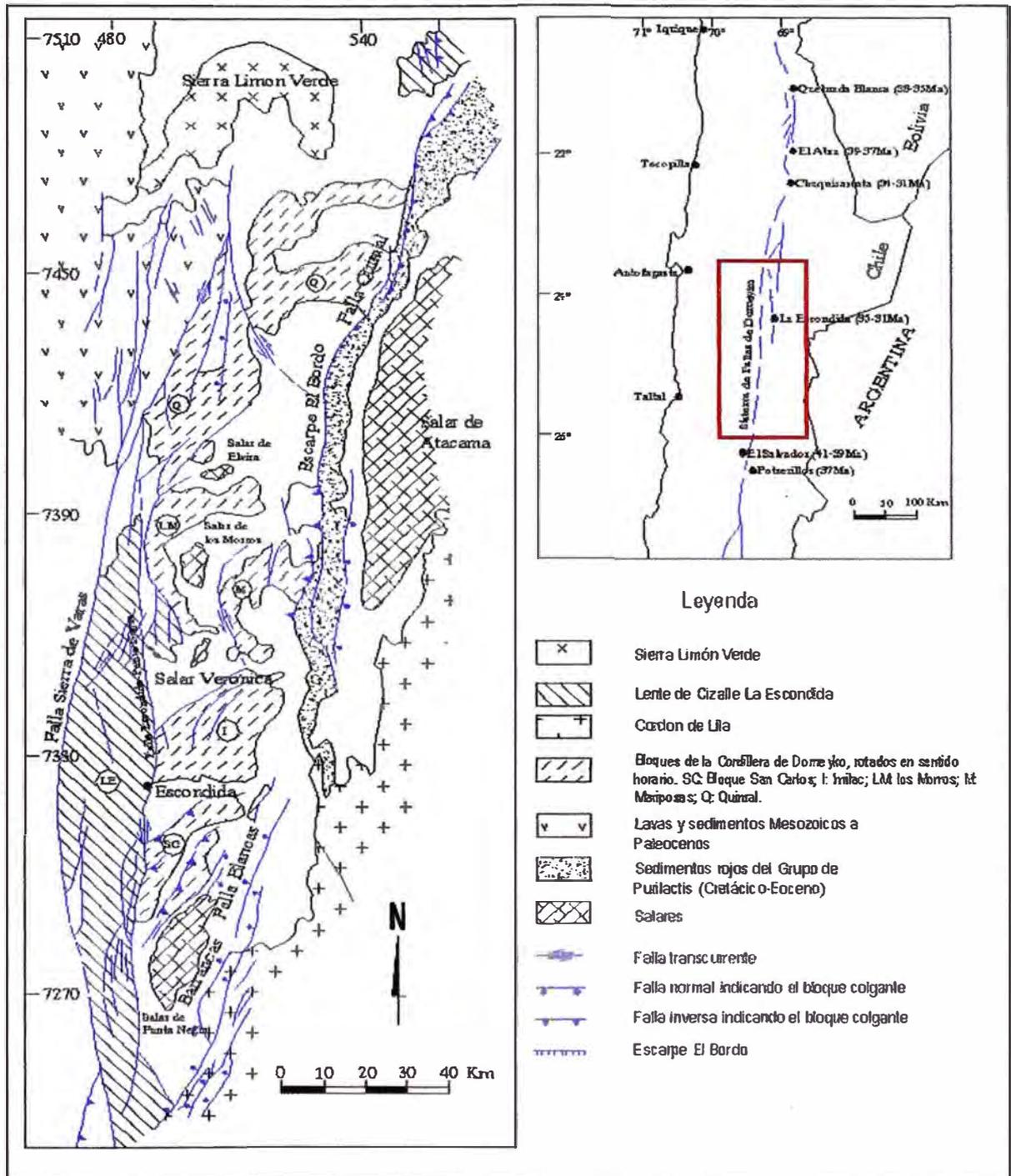
Depósitos aluviales modernos compuestos principalmente por gravas con clastos angulosos, arenas y limos. Específicamente, en el área se reconoce la presencia de depósitos de nitratos, sulfatos y limos salinos. (Véliz, 2003).

I.5 Marco Tectónico Regional

El sistema de Fallas de Domeyko (SFD) es el rasgo estructural más relevante en las inmediaciones del yacimiento La Escondida, y corresponde a una amplia zona de fallas que se extiende, por más de 1.000 Km., desde Collahuasi hasta el valle del río Copiapó. En este largo tramo, esta estructura ha sido separada en cinco segmentos, los cuales muestran características estructurales bien definidas. (Mpodozis 1993, en Véliz 2003).

El Distrito Escondida se encuentra ubicado en un lente de cizalle, denominado Escondida - Sierra de Varas (Urzúa, 2003, en Véliz 2003), el cual se encontraría limitado por dos fallas de carácter regional, pertenecientes al Sistema de Falla de Domeyko. La Falla Sierra de Varas al oeste y la Falla Escondida-Salar de Punta Negra, al este (Figura 2.4). La primera de ellas correspondería a la falla maestra de más de 150 Km. de extensión, a lo largo del borde oriental de la cordillera, y de fuerte concavidad hacia el este; mientras que la segunda de traza algo más corta, de poco más de 100 Km., aparece truncada por la primera hacia el sur. El arreglo interno de este lente de cizalle se ha establecido en forma general, donde sobresalen una serie de fallas submeridianas responsables de los complejos movimientos de acomodación de los bloques internos.

Padilla (1997), indica que el distrito Escondida se desarrolla en un elemento estructural rómbico, interpretado como duplex, formado en respuesta al régimen transcurrente sinistral del Lente de Cizalle Escondida.



I.6 Litología

En el yacimiento Escondida, se han reconocido rocas correspondientes a un complejo intrusivo de composición monzonítica a granodiorítica, al cual están relacionados genéticamente a rocas volcánicas andesíticas de la Formación Augusta Victoria, cuerpos subvolcánicos tardíos de composición riolítica y diques dacíticos.

I.6.1 Rocas Volcánicas

Esta unidad, de composición andesítica, corresponde a la roca de caja del complejo subvolcánico. Probablemente, sea parte de la unidad volcanoclástica de la Formación Augusta Victoria. (Cretácico Superior - Terciario Inferior; García 1967, en Véliz 2003).

Macroscópicamente las andesitas se caracterizan por exhibir una textura porfídica, compuesta por abundantes fenocristales de plagioclasas, moderadamente alterados a serícita-arcillas. Los máficos corresponden a biotita y hornblenda que, por lo general, se presentan con intensa alteración a biotita secundaria y cloritización débil, en ocasiones totalmente decolorados. La masa fundamental es afanítica a microfanerítica con abundante biotita secundaria intersticial, parcialmente cloritizada, o bien de color blanquecina alterada a sericita-arcillas. De acuerdo al tipo e intensidad de la alteración que afecta a esta unidad, presenta un color característico entre las cuales se reconocen andesitas de color gris verdoso, gris oscura, verde oliva, verde-amarillento y blanco grisáceo con variaciones a ocre-amarillento.

Presenta una amplia distribución en el yacimiento, esta instruida por el Complejo Intrusivo Feldespático Escondida (CIFE), Pórfido Cuarzífero y diques dacíticos. Las andesitas se exponen mayoritariamente en el sector suroeste del rajo, extendiéndose fuera de los límites de diseño del pit final (Figura 2.5).

La mineralización asociada a esta unidad se presenta mayoritariamente relleno de fracturas, y corresponde a limonitas (zona de lixiviación) con cuerpos restringidos de mineralización oxidada y mixta de cobre dispuesta principalmente en fracturas e impregnaciones. En menor proporción, se reconocen sulfuros de cobre secundarios y primarios, dispuestos en vetillas y fracturas.

I.6.2 Rocas Intrusivas

Corresponde al conjunto litológico de mayor relevancia en el yacimiento Escondida, tanto por su extensión como por su estrecha relación con la mineralización sulfurada y de alteración hidrotermal presente en el depósito. Bajo este término se agrupa a los siguientes tipos litológicos, que de acuerdo a sus relaciones de contacto observadas son:

I.6.3 Complejo Intrusivo Feldespático Escondida

Perelló 1986 (*in* Quiroz 1998) menciona que varias fases de intrusión pueden estar presentes en La Escondida. A su vez, Quiroz (1998) ha identificado cuatro fases de intrusión en el CIFE. Este complejo intrusivo tiene composición intermedia, variando de monzonita a granodiorita, exhibe textura porfídica seriada, compuesta por fenocristales de plagioclasas que constituyen el 40%

a 60% del volumen total de la roca. Estos cristales tienen formas subhedrales a euhedrales y tamaños que varían entre 0,5 mm y 7 mm. Del mismo modo, ocurren "books" de biotitas y hornblenda de dimensiones inferiores a 3 mm, que representan entre un 3% a 5% del volumen total de la roca. Además, se observan cristales de cuarzo ("ojos") subredondeados que representan un porcentaje en volumen variable entre 1 y 6%.

La masa fundamental, es esencialmente cristalina y de composición felsosídica. En el ambiente de alteración potásica se reconoce feldespato potásico y biotita intersticial. La edad de intrusión, de acuerdo a Richards (1999), en dataciones U-Pb es de [37,9 +/- 1.1 Ma] (Véliz, 2003)

Esta unidad instruye a las rocas volcánicas y al pórfido cuarcífero de probable edad Paleozoica, ubicados en la pared Este del yacimiento. A su vez, es cortado por cuerpos de brechas hidrotermales, brechas ígneas e intrusivas, cuerpos tardíos de pórfidos cuarcíferos y diques de composición dacítica.

El CIFE, es la unidad litológica de mayor relevancia en el yacimiento, tanto por su extensión, como por su estrecha relación con la mineralización de Cu-Mo-Au. Constituye un cuerpo elongado, cuya orientación principal es N-30° 40°-W, la cual coincide con la orientación de la mineralización secundaria y primaria en el yacimiento.

Una de las características más representativas del Pórfido Feldespático es su estrecha relación con la ocurrencia moderada a intensa de vetillas polidireccionales ("stockwork") de cuarzo-feldespato potásico, cuarzo sacaroidal y cuarzo bandeado a crustiforme, coexistiendo con vetillas de cuarzo con halo sericítico.

En esta unidad, se reconoce una zona lixiviada con mineralización de limonita, esencialmente hematíticas, oxidados de cobre y mixtos, en cuanto al enriquecimiento secundario esta conformado esencialmente por calcosina y covelina, la mena hipógena está representada por pirita, calcopirita, molibdenita y bornita. La mineralización reconocida se presenta de varias formas, siendo las ocurrencias principales la diseminación, vetillas y relleno de fracturas.

I.6.4 Pórfido Cuarcifero

Anteriormente denominado Pórfido Riolítico, de composición equivalente a una riolita, se caracteriza por un color variable desde blanco a gris claro, textura porfídica constituida por fenocristales de plagioclasa de hábito tabular y formas subhedrales a euhedrales, tamaños variables entre 0,5 mm y 4 mm, que representan el 20% a 30% del volumen total de roca (RB.). Cristales de cuarzo ("ojos") de formas anhedrales a euhedrales (generalmente con embahiamiento y fracturamiento evidente) de hasta 3 mm, igual o superior al 7% del RB. También se observan "books" de biotitas euhedrales de 1 a 2 mm, parcial a totalmente decoloradas, que representan menos del 5% del RB. La masa fundamental, exhibe una textura variable entre afanítica y fanerítica fina, de composición felsosídica. La edad de intrusión de este pórfido cuarcifero de acuerdo a dataciones K-Ar es de [34,7 +/- 1,7 Ma] (Véliz, 2003).

De acuerdo a últimas observaciones de terreno tales como contactos de intrusión, vetillas de cuarzo y tipo de mineralización, el pórfido cuarcifero de la pared este, sería más antiguo que el (CIFE).

De prosperar esta hipótesis, habrían dos eventos de intrusión, de distintas edades para la Unidad Pórfido Cuarcífero. (Véliz, 2003).

La mineralización principal corresponde a limonitas (zona lixiviada), con sectores restringidos de mena primaria y secundaria de Cu y Fe. Esta, al igual que en las andesitas, se observa principalmente llenando fracturas y, en menor proporción, en vetillas.

I.6.5 Pórfido Dacítico

Roca de color gris blanquecino y disposición filoniana NW-SE. Se encuentra típicamente en la pared este del rajo actual. Presenta textura porfídica y masa fundamental microfanerítica de composición felsosídica. Los fenocristales están compuestos por plagioclasas, biotitas y cuarzo. Las plagioclasas representan el 25% del RB, de hábito tabular y formas subhedrales a euhedrales, con tamaños que fluctúan entre 1 a 7 mm. Contiene "Books" de biotita, de dimensiones variables entre 1 a 2 mm, constituyendo aproximadamente el 1% del RB. Los cristales de cuarzo reconocidos son translúcidos (2%), subredondeados y de tamaño promedio entre 1 y 2 mm. Esta unidad exhibe, en casos puntuales, fina diseminación de pirita con pátinas de calcosina.

I.6.6 Unidad de Brechas

Representan un porcentaje menor al 5% de las rocas expuestas. Se las ha agrupado en dos tipos principales; Brechas Hidrotermales y Brechas Ígneas.

I.6.7 Brechas Hidrotermales

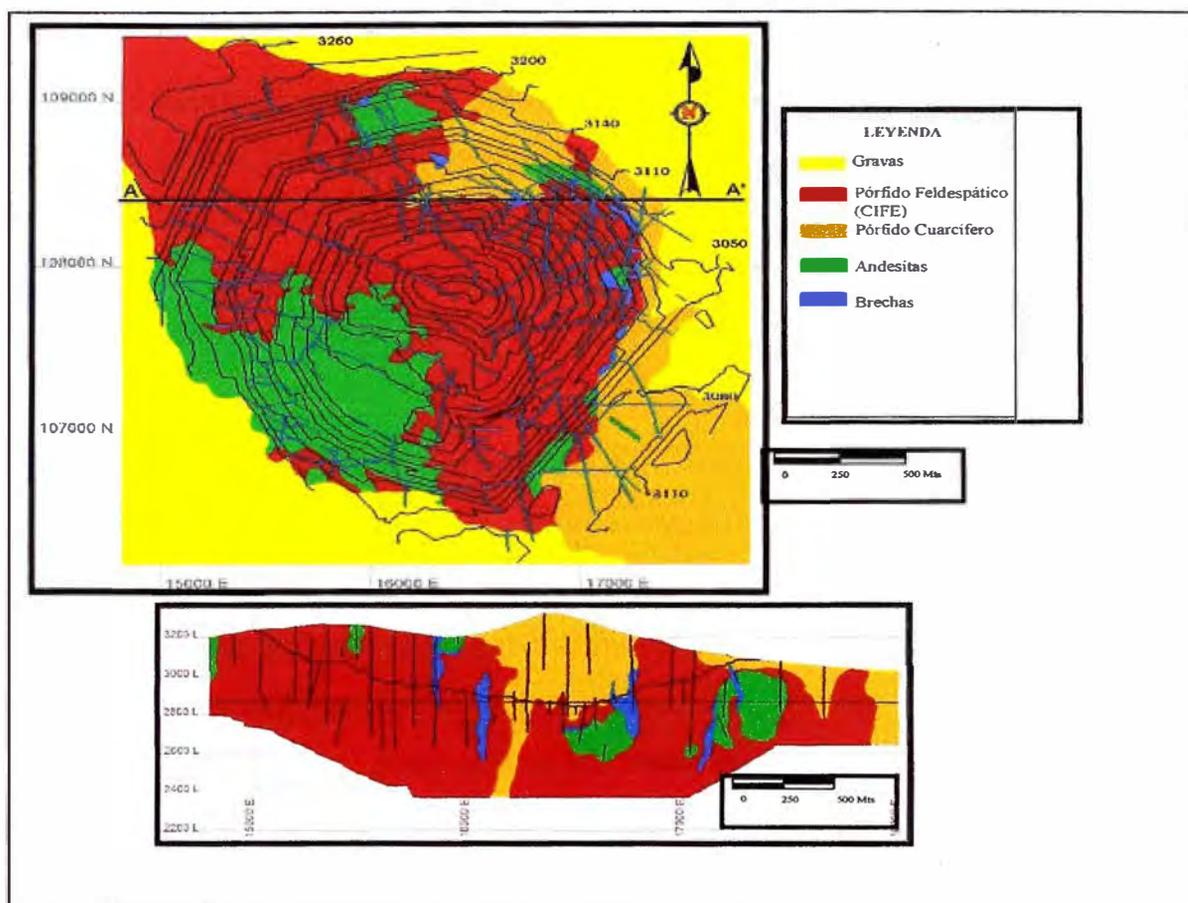
Corresponden a aquellas brechas, en donde su relleno y matriz es de origen hidrotermal. Exhiben textura fragmental, con coloración variable de gris oscuro a blanquecino. Los clastos presentan tamaños que van desde los 2 mm a los 20 cm, formas subangulosas a subredondeadas y pueden contener varios tipos de fragmentos, derivados del Pórfido Feldespático, Pórfido Cuarzífero y Andesíticos.

La matriz está conformada principalmente por polvo de roca que en ocasiones puede estar mineralizada con sulfuros diseminados de cobre y hierro. Por otro lado, el relleno corresponde a cristalización in situ de cuarzo, sulfuros de cobre y hierro, siendo de gran importancia los contenidos de calcosina y covelina.

I.6.8 Brechas Ígneas

Estas rocas tienen color ocre a gris-blanquecino, textura fragmental y matriz de carácter ígneo. Los clastos, que constituyen entre el 20% al 70% del volumen de la brecha, presentan formas subangulosas a subredondeadas con tamaños muy variables (milimétricos, centimétricos o mayores). Composicionalmente corresponden a fragmentos de Pórfido Riolítico y, en menor proporción, a andesitas, brecha hidrotermal mineralizada y Pórfido Feldespático.

La matriz está conformada por cristales de feldespatos alterados a cuarzo-sericita, relictos de máficos sericitizados y argilizados, y una relativa abundancia de cristales de cuarzo insertos en una masa de composición felsosídica.



Distribución de la litología y estructuras principales en el yacimiento Escondida.

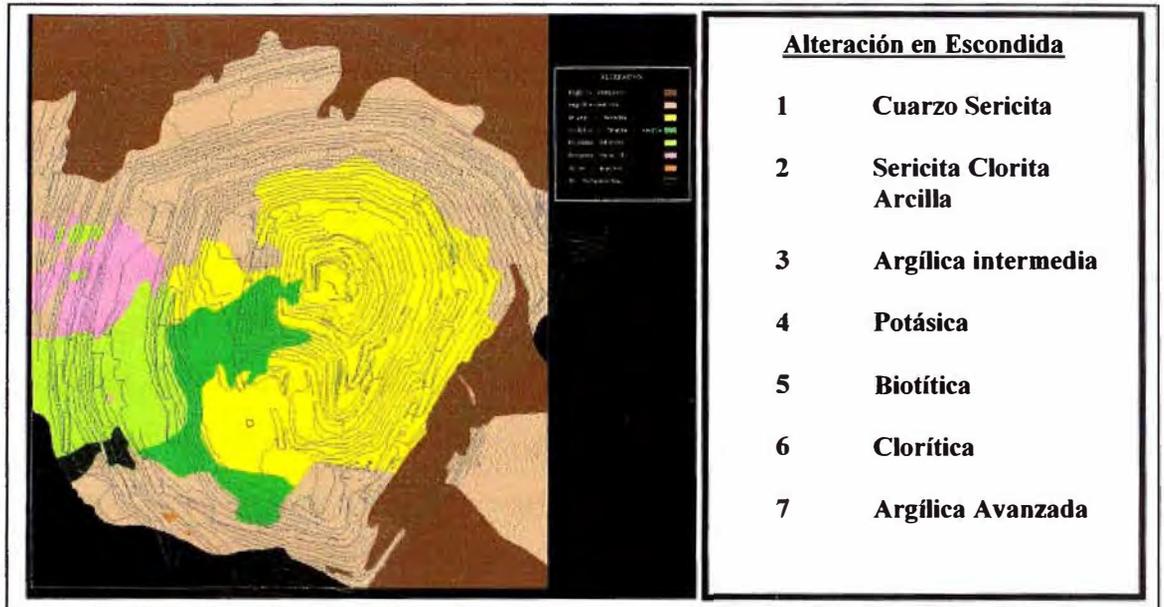
I.7 Alteración del Yacimiento

Medina y Padilla (1997), señalaron que dentro del depósito las alteraciones podían ser clasificadas por las paragénesis minerales dominantes y secundarias. De esta clasificación, tres etapas de alteración fueron descritas. La primera de esas etapas corresponde a una etapa de metasomatismo de potasio, representado por: biotita secundaria en las andesitas de la roca de caja, feldespato perítico

en el Pórfido Escondida y stockworks rellenos con cuarzo-feldespato pertítico-biotita y anhidrita.

La segunda etapa de alteración hidrotermal está representada por una alteración fílica, caracterizado por las paragénesis cuarzo-sericita y clorita-sericita, pervasiva alternando con los minerales secundarios de la primera etapa de alteración y a los relictos de las plagioclasas y feldespatos que no fueron alterados en la primera etapa.

El tercer y más joven evento de alteración hidrotermal corresponde a la alteración argílica avanzada, representada por pirofilita, diáspora, sílice, caolinita y alunita hipógena. La distribución de este tipo de alteración está controlada por zonas de falla y por el núcleo del intrusivo riodacítico. En las riodacitas y en el pórfido riodacítico esta alteración está controlada principalmente por fracturas. En la zona del contacto entre las andesitas y las riodacitas esta alteración se superpone a la alteración cuarzo-sericita. De esta mezcla de alteraciones resultan rocas de color blanco-amarillento de textura moteada, las cuales han sido denominadas rocas moteadas. A continuación se muestra un esquema representativo a la clasificación descrita anteriormente.



Distribución Alteración yacimiento Escondida.

I.8 Geología Estructural

En un informe interno realizado por Padilla y Véliz (1997), se reportan tres sistemas de fallas dentro del yacimiento Escondida. En cada uno de estos sistemas es posible establecer una relación temporal con el magmatismo y la mineralización. En uno de los sistemas, cuyas estructuras presentan una orientación preferencial NW, que afectan a las rocas intrusivas, se ha podido establecer una relación temporal con el magmatismo. Las fallas que presentan cierta contemporaneidad con la mineralización, pueden ser diferenciadas del primer grupo, debido a que estas últimas pueden

presentar sulfuros primarios o boxworks en los planos de fallas. Según Padilla (1997), estos sistemas podrían separarse en tres grupos, que se detallan a continuación:

1) Sistema con mineralización hipógena, cuyas fallas presentan una orientación preferencial según el rumbo NW, formado por una serie de fallas sinestrales que afectan a zonas con anchos variables de hasta 100 m de espesor. Estas fallas presentan rellenos variados, sean estos minerales de mena o de alteración. Dentro de este sistema se incluyen las fallas Portezuelo, Ortiz y Panadero, desarrolladas dentro del rajo, además de los sistemas Ferrocarril y Zaldivar, desarrolladas en los alrededores del yacimiento. Todas estas fallas han sido utilizadas para dividir bloques con diferentes características, como el tipo de mineralización, ley de cobre, dureza y alteración.

2) Sistema con mineralización hipógena, cuyas fallas siguen una dirección preferencial variable entre N80°W y N40°W, las cuales presentan un movimiento relativo sinestral. Dentro del rajo mismo, este sistema se hace más notorio en la pared norte, presentando planos subparalelos, de espesores menores a 10 cm, que mantean hacia el centro del rajo y que presentan un escaso relleno. Este sistema está representado por las fallas Cerritos y Violeta, las cuales son las que presentan la mayor continuidad de las que se han conocido hasta el momento.

3) Sistema postmineralización hipógena, cuyas fallas a este sistema presentan una orientación ENE. Los indicadores cinemáticos expuestos permiten atribuir un movimiento dextral de estas fallas, presentando espesores máximos de 2 m, con límites bien definidos y

rellenas con salbanda blanca, siendo la falla Nevenka la más importante del sistema, que se ubica hacia la pared oeste del rajo. A las fallas pertenecientes a este sistema se le atribuye el control de las aguas circulante en el rajo.

En la parte central del rajo fue desarrollada una zona de falla, que presenta una geometría de un lazo sigmoidal, con una dimensión aproximada de 400 m de largo y 200 m de ancho. Esta estructura puede considerarse como un duplex extensional, formado bajo un régimen tectónico transcurrente sinistral que afecta a las fallas de orientación NNW, que corresponden a las fallas Ferrocarril, Portezuelo, Ortiz y Panadero. Las fallas Cerritos y Violeta han sido consideradas como estructuras R y R' respectivamente, las cuales corresponden a estructuras Riedel asociadas a los planos principales de cizalle.

Padilla (1997), realizó una interpretación respecto a la formación del duplex en el depósito Escondida. Este habría sido formado, por lo menos bajo dos eventos. El primero habría sido contemporáneo con el emplazamiento del Pórfido Escondida, en cambio el segundo evento coincidiría en el tiempo con el evento mineralizador tardío, el cual contiene fragmentos mineralizados de la primera fase intrusiva. Este duplex extensional generado en este depósito podría interpretarse como una estructura en flor negativa, de acuerdo a las observaciones realizadas en la pared SE del actual rajo, que corresponde a un corte perpendicular a la traza de la falla Ortiz, y que coincide con el modelo propuesto por Woodcock y Fisher (1985).

I.9 Reservas y Recursos

Las reservas probadas y probables de sulfuros a fines del año 2003, alcanzan a 2.044 millones de toneladas con una ley promedio de 1,07 % de cobre, con una ley de corte de 0.7 %. Se estima que las reservas de óxidos probadas y probables alcanzan a 240 millones de toneladas, con una ley promedio de 0,62 % de cobre soluble. En la Tabla 2.1 se muestra el resumen de las reservas de Escondida.

La mineralización de cobre del yacimiento Escondida cubre una extensión aproximada de 1,6 por 4 kilómetros, con una zona rica en mineral de alta ley de alrededor de 400 metros de espesor. Esta zona está cubierta con una capa lixiviada estéril de un espesor de entre 100 y 300 metros.

Resumen de reservas de Minera Escondida (Veliz 2004).

TIPO DE MINERAL	SULFUROS	SULFUROS DE BAJA LEY	TOTAL DE SULFUROS	ÓXIDOS
Reservas Probadas				
Toneladas (Millones)	948	213	1161	151
Ley (%CuT)	1,30	0,62	1,18	--
Ley (%CuS)	--	--	--	0,68
Libras Recuperadas (Millones)	23.172	2.268	25.440	1.886
Reservas Probables				
Toneladas (Millones)	626	257	883	89
Ley (%CuT)	1,21	0,62	1,07	--
Ley (%CuS)	--	--	--	0,62
Libras Recuperadas (Millones)	12.590	2.750	15.340	853
Reservas Totales				
Toneladas (Millones)	1.574	470	2.044	240
Ley (%CuT)	1,21	0,62	1,07	--
Ley (%CuS)	--	--	--	0,62
Libras Recuperadas (Millones)	35.750	5.017	40.767	2.733
RECUPERACIÓN METAL (%)	87	80	--	85

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA ESCONDIDA

II.1 Operación Mina e Infraestructura

II.1.1 Rajo

Como ya se ha mencionado, Minera Escondida Ltda. es una de las operaciones a rajo abierto más grandes del mundo. Mediante este sistema, logra diariamente extraer más de 1 millón de toneladas de materiales del pit aproximadamente. Para lograr lo anterior, la explotación se ha conducido mediante el uso de expansiones (o pushbacks) con accesos independientes unas de otras; accesos que se comunican mediante sistemas de rampas auxiliares a dos sistemas de rampas principales que permiten el acceso y salida del Pit.

Desde el rajo de Escondida se extraen a grandes rasgos cinco tipos de materiales, los cuales son el mineral sulfurado, el mineral marginal, el mineral oxidado, el material mixto y el estéril o lastre. El Mineral Sulfurado, es chancado en el interior de la mina por chancadores semi-móviles y extraído desde el rajo mediante un sistema de correas transportadoras, las cuales acopian el mineral en una pila de almacenamiento cubierta (stockpile). Este acopio constituye la alimentación a la planta de procesamiento (molienda y flotación) El material Marginal, es extraído del rajo mediante camiones de gran tonelaje directamente desde la frente de carguío hasta el botadero Este, a un costado de la planta concentradora,

donde existen dos tortas de vaciado: la 3080 y la 3100. El mineral Oxidado, es extraído del rajo mediante camiones de gran tonelaje directamente desde la frente de carguío hasta el chancador de óxidos ubicado al Sur Este del Rajo Escondida, en el sector de la planta de óxido. El chancado de dicho material se realiza en tres etapas, de modo de alimentar con la granulometría adecuada las pilas de lixiviación. El material Mixto es extraído desde el rajo de igual forma que los materiales oxidados y marginales, siendo llevados a acopios ubicados al sur del Rajo Escondida. Por último el material estéril es extraído desde el rajo mediante camiones de gran tonelaje y conducido hasta los diferentes botaderos dispuestos en torno al Pit. Dependiendo de la expansión que provengan, el estéril será llevado a los botaderos más adecuados. Es importante señalar que este material estéril es utilizado en obras como la construcción de diques y rellenos externos al rajo.

La perforación se realiza con 8 equipos Bucyrus Erie 49R/R2 de accionamiento eléctrico, 2 equipos P&H 250 XP y 5 equipos Ingersoll-Rand DMM2-DM45 de accionamiento diesel, con mallas variables de 8.5 mts. x 8.5 mts. hasta 10.5 mts. X 10.5 mts., en diámetros de 10 5/8" a 12 5/8" en producción. En zonas comprometidas con infraestructuras como chancadores o correas, los diámetros pueden llegar a 6 1/2"

El carguío de los materiales se realiza con 11 palas eléctricas Bucyrus de 50 a 56 yd³, 3 palas P&H 4100 de 67 yd³ (Puesta en marcha en Agosto del 2000) y 4 cargadores diesel Caterpillar 994 de 22 yd³ para situaciones de espacio reducido o apoyo a las palas.

El transporte de los materiales dentro y fuera del rajo se realiza con 28 camiones Dresser 830 E, 23 camiones Caterpillar 793

B, 27 camiones Caterpillar 793 C (todos de 240 toneladas) y 23 camiones Caterpillar 797 de 340 toneladas.

Los equipos auxiliares que se utilizan para el apoyo en la operación son 51, los cuales se componen de 7 motoniveladoras, 3 Enrolla cable, 3 Patos, 7 camiones aguadores, 17 Tractor oruga y 14 bulldozer neumático.

El sistema de chancado se compone de 4 chancadores semimóvil; Correas transportadoras trasladan el mineral chancado hasta una pila de almacenamiento (stockpile). En la Tabla 2.2 se muestran los diferentes equipos presentes en la mina.



Vista parcial del rajo Escondida en la que se observan las expansiones E2 y E3

Equipo	Modelo	Cantidad
Perforadoras	Diesel, Ingersoll Rand DMM2	3
Perforadoras	Diesel, Ingersoll Rand DM45	3
Perforadoras	Diesel, P&H 250XPB	2
Perforadoras	Eléctrica, Bucyrus Erie 49R	4
Perforadoras	Eléctrica, Bucyrus Erie 49R2	5
Cargadores	Cargador LDW	3
Equipos Auxiliares	Enrolla cable	3
Equipos Auxiliares	Patos	3
Equipos Auxiliares	Camión Cisterna	7
Equipos Auxiliares	Tractor oruga	17
Equipos Auxiliares	Bulldozer neumático	14
Equipos Auxiliares	Motoniveladora	7
Palas	Bucyrus Erie 395B	1
Palas	Bucyrus Erie 495B	9
Palas	Bucyrus Erie 495R	1
Palas	P&H 4100	3
Camiones	Dresser 830E	28
Camiones	Caterpillar 793B	23
Camiones	Caterpillar 793C	27
Camiones	Caterpillar 797	23

Infraestructura de la mina (Equipos)

II.1.2 Planta Concentradora Los Colorados (Fase 3.5)

La concentradora de Los Colorados o Fase 3.5 es la planta más antigua de Escondida, la cual ha ido ampliando su capacidad de tratamiento desde el inicio de sus operaciones en 1990. El mineral sulfurado almacenado en el acopio es alimentado a un sistema de molienda por medio de tres líneas. El sobre flujo de los hidrociclones se envía a las celdas de flotación primaria y secundaria. El producto de esta flotación es una pulpa de concentrado con un contenido aproximado de 40% de cobre. Antes de ser enviado al puerto de Coloso, esta pulpa se vacía en esperadores, donde se aumenta su densidad hasta un 60% de sólido.

La molienda primaria se realiza con tres molinos semiautógenos y siete molinos de bolas. Las celdas de flotación primaria están compuestas por celdas Rougher y Scavenger, y la secundaria constituida por columnas de flotación de limpieza. El producto de esta flotación es una pulpa de concentrado con un contenido aproximado de 42 % de cobre. Antes de ser enviado al puerto de Coloso, esta pulpa se vacía en espesadores donde se aumenta su densidad hasta un 60 % de sólido.

La pulpa obtenida en este proceso se envía a través de un mineroducto de 170 Kilómetros de largo y 9 pulgadas de diámetro al puerto de Coloso.

El concentrado enviado por medio del mineroducto se recibe en una planta de filtros, donde se elimina el exceso de humedad. El concentrado filtrado, con aproximadamente 9 % de humedad, es trasladado por medio de un sistema de correas transportadoras cubiertas hasta un edificio de almacenamiento con capacidad para 100.000 Ton, en espera de su posterior embarque.

El producto final es exportado a países como Japón, Alemania, Finlandia, India, China, Filipinas, Brasil, Corea y otros países de Europa y Asia. En Chile abastece de concentrado a empresas como Refimet, Codelco y Enami.

II.1.3 Planta Concentradora Laguna Seca (Fase 4)

El proyecto de expansión de Minera Escondida, Fase IV, consistió esencialmente en la construcción de una nueva concentradora, apuntando hacia el objetivo de mantener y sostener en el tiempo la cantidad de cobre fino producido por la faena. Mediante el aumento de la capacidad de tratamiento de mineral que significa la operación de esta nueva planta, se compensa el nuevo escenario de disminución de las leyes del yacimiento prevista para los próximos años. Su construcción se inició el año 2001, y se encuentra operando desde Agosto del año 2002.

La nueva concentradora consiste básicamente en una línea de molienda con su respectivo circuito de chancado de pebbles, un circuito de flotación y un sistema de distribución de agua, energía y reactivos. El tonelaje nominal de la planta es de 4.982 tph, considerando una disponibilidad de 92%, que da como resultado una capacidad promedio anual de 110.000 TPD.

El circuito de molienda consta de 1 molino SAG, junto con la carga de mineral se agrega una dosis de colector primario más cal. La descarga del molino pasa por un trommel corto donde el sobretamaño es clasificado por un harnero vibratorio, el mineral que no pasa esta selección es transportado al chancador de pebbles, operación que se realiza en un chancador de conos de 7', en circuito abierto. El producto de esta operación retorna a la correa de alimentación del SAG. La siguiente etapa se realiza en tres molinos de bolas, en donde cada uno funciona en circuito cerrado inverso con su sistema de clasificación, el cual está constituido por una batería de 18 hidrociclones. El rebose de los ciclones se controla a un d_{80} de 202 μm (27% sobre la malla Tyler #100) y constituye la

alimentación de la primera etapa de flotación, en tanto la descarga de los ciclones es retornada a los molinos de bolas

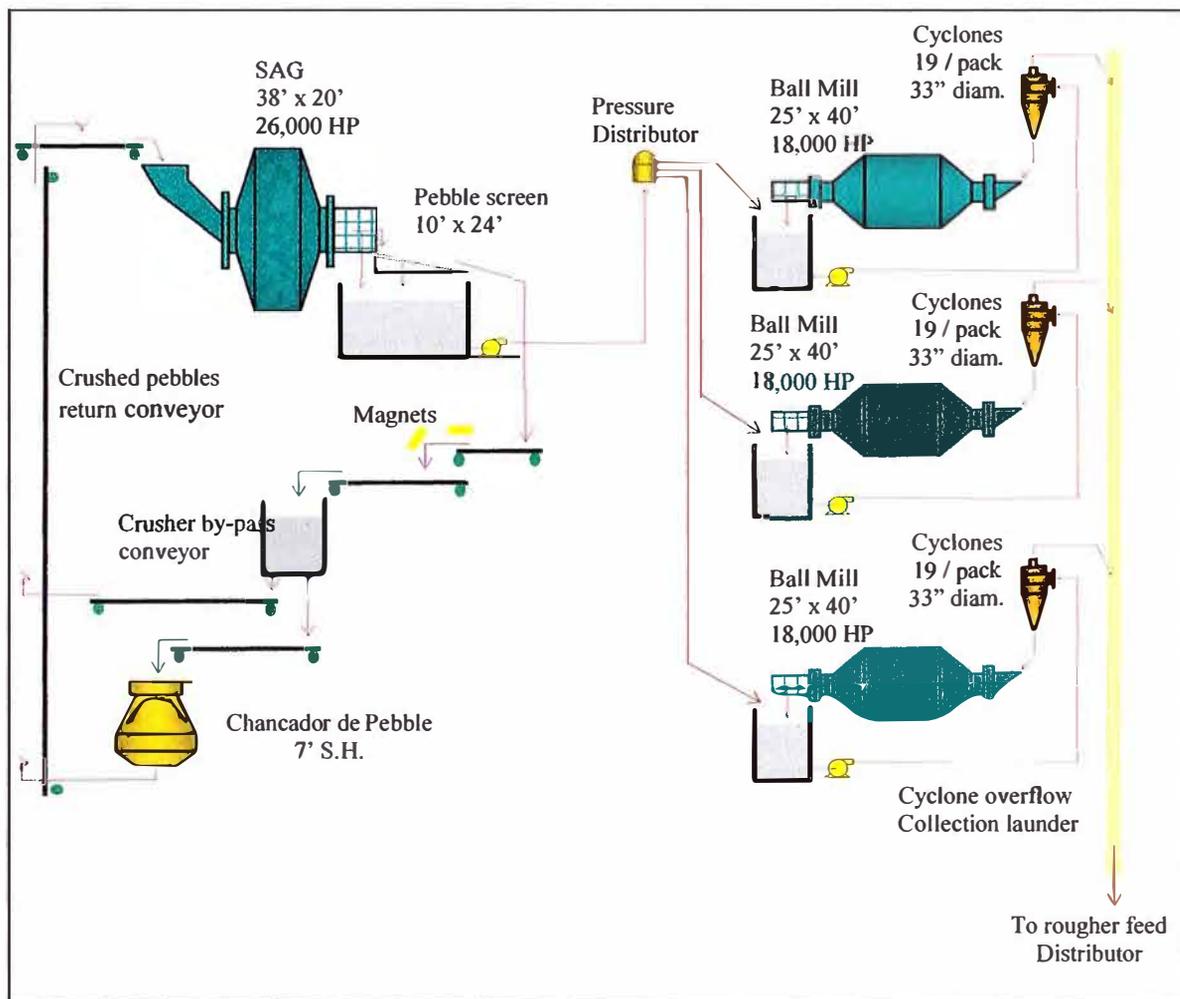
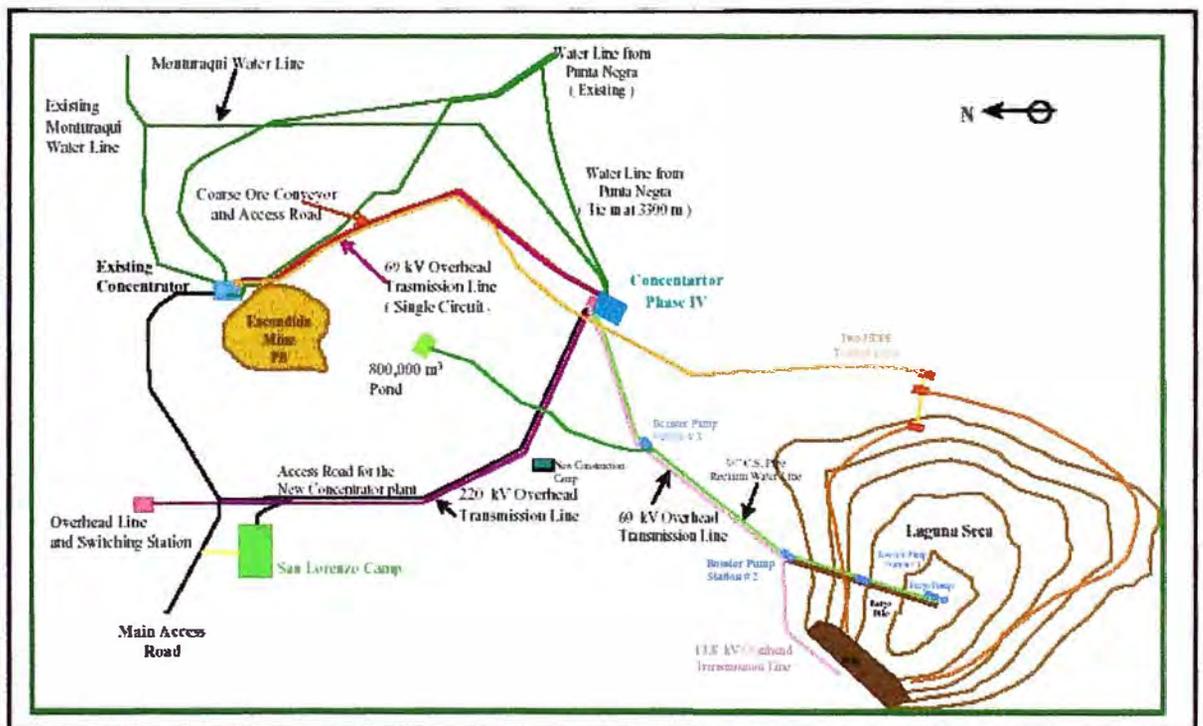


Diagrama de proceso molienda de la Concentradora Laguna Seca.

El circuito de flotación consta de 3 etapas principales: flotación primaria o rougher, flotación de limpieza y flotación de repaso o scavenger. El concentrado rougher, en combinación con el

concentrado scavenger, alimenta a un circuito cerrado de remolienda donde se obtiene un producto con un d_{80} de 80 μm , este circuito de remolienda consta de 4 molinos verticales y tres baterías de 9 ciclones. El rebose de los ciclones de remolienda, junto con la cola del circuito de 2° limpieza, se bombea a un circuito de flotación de 1° limpieza. La descarga de los ciclones vuelve a los molinos verticales en un circuito cerrado.

A continuación se entrega una vista global de las instalaciones de la Planta Laguna Seca



Vista global de las instalaciones de Fase 4.

II.1.4 Puerto de embarque Coloso

El envío de esta pulpa de concentrado desde la mina hasta el puerto de coloso se realiza a través del mineroducto construido para ello de 170 Km. de largo y 9 pulgadas de diámetro que posee un revestimiento interno de polietileno de alta densidad.

La Planta de Filtros de Coloso recibe el concentrado, el cual es desaguado mediante sus filtros. El concentrado filtrado, con aproximadamente 9% de humedad, es trasladado por medio de un sistema de correas transportadoras cubiertas, hasta un edificio de almacenamiento, en espera de su posterior embarque.

II.1.5 Planta Oxido

Respecto al mineral oxidado y su proceso de tratamiento, se puede señalar que el área de óxidos de Minera Escondida Limitada (MEL) ha definido cuatro grupos de óxidos, óxido A, óxido B, óxido C y óxido D. El óxido A debe cumplir con la condición de ser mineral de alta ley ($>0.8\%$ CuS) y tener baja arcilla; El óxido B es mineral de baja ley ($0.2\% < \text{CuS} < 0.8\%$) y baja arcilla; El óxido C es mineral de alta ley ($>0.8\%$ CuS) y alta arcilla y el óxido D es mineral de baja ley ($0.2\% < \text{CuS} < 0.8\%$) y alta arcilla. Dada esta clasificación existen 4 "Stocks", el A, B, C y el D.

Actualmente el mineral chancado debe cumplir con una ley de 1.0% de CuS y poseer un bajo contenido de arcillas. Por esto y dado los materiales existentes, es común que se realicen mezclas de óxido A, con los demás tipos de óxidos, dependiendo de los requerimientos de planta y las leyes que se obtengan de los polígonos de donde se extrae el mineral.

La secuencia de tratamiento del óxido comienza al ser descargado en un buzón con capacidad de 500 ton, para alimentar al chancador primario giratorio fijo de 60" x 89". Posteriormente el mineral es transportado por una correa de 2400 mm de ancho, hasta una correa de transporte de mineral grueso de 1500 mm de ancho, la cual lo transporta hasta los acopios existentes, donde es distribuido por un volteador autoimpulsado. El mineral fino es transportado a un depósito, el cual almacena durante 1.5 hr. a una velocidad de alimentación de 3.919 TPH. El mineral es recuperado por dos correas de velocidad variable de 1500 mm de ancho y 16 m de largo, las cuales descargan en dos tambores de aglomeración de 4 m de diámetro y 12 m de largo. En estos tambores se añade el ácido y agua, para ser descargado a un sistema de correas terrestres que transportan el mineral hasta un "tripper" el cual alimenta correas portátiles en rampa (pueden ser hasta 12 correas máximas). Estas envían el mineral a un sistema de correas portátiles horizontales, las cuales alimentan a una apiladora radial que distribuye el mineral sobre las pilas.

Las pilas tienen una capacidad de 292 millones de toneladas, capacidad que se apilará a lo largo de 14 años. En los primeros 9 años, la capacidad de llenado será de 54.000 TPD, para posteriormente usar su capacidad máxima de 67.500 TPD, para producir 125.000 TON de catados de cobre al año.

Las pilas se desarrollan en fases para minimizar el costo de capital inicial. Su desarrollo abarca un período de 105 días, con una densidad de masa seca de mineral apilado de 1.5 Ton/m³, una altura promedio de 6 m y una altura máxima de 15m. Después de terminada la fase uno de la pila, el material es compactado para que sirva de carpeta de impermeabilización para la siguiente pila. Las

fases se dividen en fajas y estas en bloques, los cuales se riegan con la solución ácida, colocando cañerías y posteriormente rociadores, para humedecer las partes que no se halla llegado los primeros 48 días.

Las soluciones que se obtienen (PLS y ILS) son enviadas a piscinas de recolección con capacidad de 54.000 m³. Posteriormente son enviadas al proceso de extracción por solvente para finalizar en el proceso de EW.

El proceso de EW cuenta con cuatro naves, cada una de 110 celdas. Cada celda contiene 60 cátodos y 61 ánodos. Las celdas miden 6.59 m de largo por 1.27 m de ancho, con una profundidad de 1.38 m. La distancia entre cada cátodo y ánodo es de 101.6 mm. La nave tiene una capacidad nominal de 125.000 t anuales de cátodos, la cual trabaja con una corriente media de 31.000 A y una densidad de corriente de 250 A/m². La cosecha se realiza cada 7 días. Posteriormente, los cátodos son lavados, despegados, corrugados, apilados y atados para ser transportados hasta el ferrocarril que lo lleva hasta el puerto de Antofagasta.

II.2 Antecedentes Particulares

II.2.1 Años Fiscales

Minera Escondida, influenciada por su dueño mayoritario BHPBilliton, tiene un calendario de “años Fiscales” los cuales difieren del calendario estándar conocido, ya que establece que el año comienza el 01 de Julio y termina el 30 de Junio del año calendario siguiente.

Una visión gráfica donde se explica lo planteado anteriormente se presenta a continuación en la Tabla

Esquema comparativo años fiscales y calendarios.

Año calendario 2003											Año calendario 2004											Año calendario 2005							
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ju	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ju	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Año Fiscal 2003											Año Fiscal 2004											Año Fiscal 2005							

II.2.2 Personal de Trabajo

La dotación de Minera Escondida asciende a 3.951 personas, de las cuales, 2.140 son trabajadores de MEL y el resto lo constituyen personal contratista.

En faena, el trabajo se desarrolla en sistemas de turnos de acuerdo a las funciones o áreas a las cuales el personal pertenece. Así, todo el personal asociado directamente a la operación de la mina trabaja en un sistema de turno de 4 días de trabajo por 4 días de descanso. Por otro lado, el personal administrativo, y el staff no

asociado a la operación propiamente tal trabaja en un sistema de turno de 4 días de trabajo por 3 días de descanso.

La jornada de trabajo diaria está constituida por un turno día y un turno noche, cada uno de 12 horas diarias, con cambio a las 8:00 a.m. y las 20:00 p.m.

CAPITULO III

PROYECTO DESPACHO MONITOREO INTEGRACIÓN (DMi)

Despacho Monitoreo Integración (DMi) es el proyecto más grande a nivel mundial en lo concerniente a implementación de herramientas integradas de gestión minera, el cual interactúa con todas las áreas (Mina, Mantenimiento, Ingeniería y Planta Concentradora).

Este proyecto tiene por finalidad, instalar en un 100% todas las herramientas de gestión ofrecidas por la empresa Modular Mining System, la cual es líder en el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas para la minería.

El proyecto DMi, por la envergadura de la misma, está dividido en 3 fases, las cuales presentan plazos y metas ya determinadas, las que nos conllevarán en el corto a mediano, recuperar la inversión total (US\$10'000,000) .

III.1 Fase I

Consta en la instalación del sistema básico de Operaciones Mina para la gestión del carguío, transporte y perforación Intellimine™, basado en un sistema de radiocomunicaciones para el intercambio de paquetes de data. Este nuevo sistema incorpora la nueva tecnología de radiocomunicaciones inalámbrica basada en el estándar 802.11, esto funcionando en la banda de frecuencias de

2.4 Ghz y con una velocidad de transmisión de datos de 2 Mbps con tecnología spread spectrum DSSS.

Para lograr la cobertura de radio necesaria para el funcionamiento de todos los equipos mineros: camiones de extracción, palas, perforadoras y equipos auxiliares de apoyo, en todas las áreas de operación requeridas se realiza el diseño y configuración de una red inalámbrica con los equipos MasterLink™.

El nuevo diseño propuesto con tecnología spread spectrum, considera equipos que funcionan en la banda ISM de 2.4 Ghz y a baja potencia, además se debe considerar que para esta banda todos los enlaces son tipo línea vista.

Debido a la disponibilidad de un gran ancho de banda de canal en esta red, la cantidad de información que puede enviarse a través de ella es bastante mas de la que se tiene hoy en día. Puede disponerse de un monitoreo y manejo de alarmas y mensajes de emergencia desde y hacia los equipos mineros.

III.1.1 Configuración de la Red Inalámbrica

Ubicación geográfica

El rajo minero de CIA Minera Escondida se encuentra ubicado en la segunda región a una distancia de 170 Kms al sur este de la ciudad de Antofagasta, Coordenadas: Latitud 24:14:55 S, Longitud 69:03:23 W y Elevación 3100 mts.

Descripción

El sistema de radio consiste de un conjunto de puntos de acceso (repetidores) a través de los cuales los móviles se comunican entre

ellos y con un servidor central. Básicamente es un servidor donde reside el software de la aplicación y las bases de datos propias del sistema, que se comunica a través de una estación base, punto de acceso AP, con todo el resto de equipos mineros repartidos por todas las áreas. La transmisión de datos es desde la base central hacia los móviles y viceversa. La información transmitida es aleatoria o bien programada. El tipo de información consiste en mensajes de operaciones propios de equipos mineros y también la recepción de alarmas y eventos en tiempo real desde toda la maquinaria en operaciones, ya sean alarmas del tipo fuera del rango operacional de las variables dinámicas de los camiones, palas y perforadoras o bien de emergencia.

Este sistema cumple con el estándar IEEE 802.11 y por lo tanto rigen los protocolos y normas de establecimiento de enlace y manejo de colisiones. El acceso y rutas entre uno y otro repetidor, wireless access point WAP, esta definido en las tablas de rutas dinámicas manejadas por cada uno de estos repetidores. Todos las estaciones bases (repetidores o AP's) fijas o transportables y también los móviles tienen una dirección IP.

Para lograr el cubrimiento de extensas áreas y considerando la restricción de línea de vista se realiza una configuración con varios repetidores, formando una red inalámbrica sobre el área requerida.



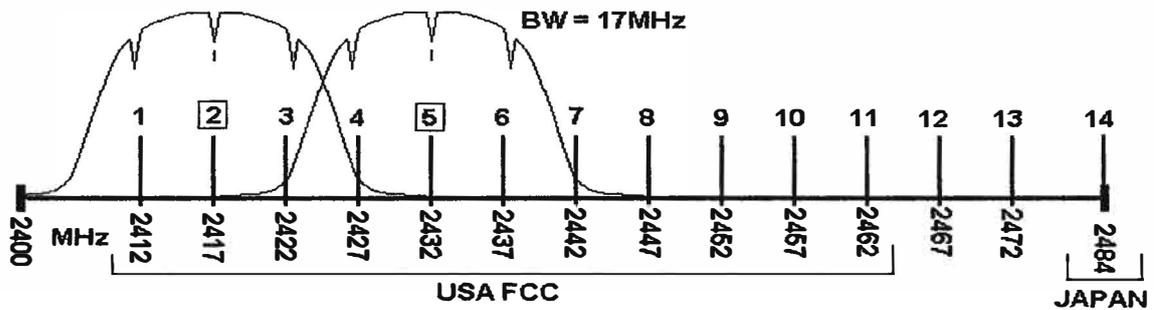
Vista de la mina

Las áreas que requieren ser cubiertas por esta red inalámbrica son:

- 1.- Pit principal, Áreas de extracción
- 2.- Stocks de óxidos
- 3.- Botaderos de estéril
- 4.- Botaderos de marginal
- 5.- Área de Diques
- 6.- Áreas de Chancadoras
- 4.- Rutas de acceso a botaderos
- 5.- Garaje de camiones de extracción.

Este sistema ocupa un canal solamente, por lo tanto todos los equipos, AP, WAP y móviles se configuran para el mismo canal. El

siguiente diagrama muestra la distribución de los canales y el ancho de banda que utiliza este sistema de radiocomunicaciones.

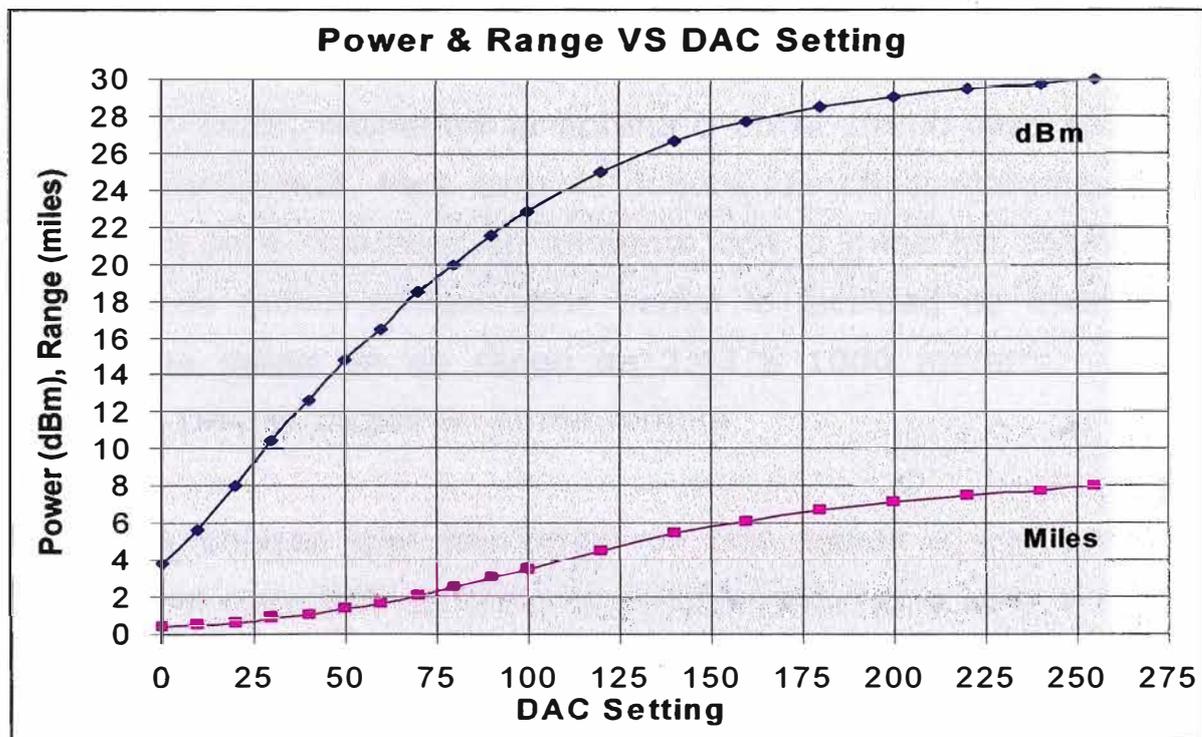


Todos los radios, repetidores AP, WAP y móviles tienen una potencia máxima de transmisión de 1 watt y son ajustables mediante un parámetro de la radio, y esto es configurable en cualquier momento de forma remota desde cualquier computador en la red. El cambio de canal también es un parámetro del radio que se selecciona de acuerdo al diseño.

La siguiente tabla muestra la relación del parámetro de ajuste de potencia y la distancia en el espacio libre sin considerar la atenuación,

2.4GHz Radio DSSS Power & Transmit Distance

Setting DAC	Power dBm	Power mW	Range Miles	Range Km.
0	3.85	2.43	0.39	0.63
10	5.70	3.72	0.49	0.78
20	8.01	6.32	0.64	1.02
30	10.49	11.19	0.85	1.36
40	12.67	18.50	1.09	1.75
50	14.81	30.29	1.39	2.24
60	16.47	44.38	1.69	2.71
70	18.45	70.01	2.12	3.41
80	19.99	99.81	2.53	4.07
90	21.53	142.12	3.02	4.85
100	22.84	192.16	3.51	5.64
120	25.06	320.63	4.53	7.29
140	26.68	465.94	5.46	8.79
160	27.71	590.43	6.15	9.89
180	28.48	705.23	6.72	10.81
200	29.04	801.99	7.16	11.53
220	29.47	884.78	7.52	12.11
240	29.78	950.97	7.80	12.55
255	30.00	1000.00	8.00	12.87



La distancia real que se puede lograr es una función del ruido de canal, pérdida de propagación, razón señal ruido, ganancia de antenas, sensibilidad del receptor, desvanecimiento y potencia transmitida.

Consideraciones de diseño

Debido a las grandes extensiones que se deben cubrir y las posibles interferencias externas, con el sistema de radiocomunicaciones se aprovecha la capacidad de potencia, máxima hasta 1 watt, que tienen los radios. Con esto se logra una mejor relación señal ruido del sistema y así compensar la atenuación de la señal sobre todo en las áreas de extracción donde trabajan las palas y el ruido por rutas múltiples es considerable.

Para el caso de existir otro sistema funcionando en 2.4 Ghz spread spectrum y en el mismo canal que este siendo interferido, se puede cambiar de canal, reorientar la antena o en el último caso bajar la potencia transmitida. Para esto se deberá identificar claramente el otro enlace para coordinar en conjunto con la mina las soluciones posibles. Los radios considerados tienen la facilidad de ajustar la potencia de salida en un rango de 2.43 a 1000 mWatts, y este parámetro DAC se ajusta en forma remota

Para otros enlaces que funcionan en esta banda y con antenas directivas es muy bajo el nivel de interferencia hacia ellas y desde ellas.

Los sitios de repetidores que se encuentran en ubicaciones que están próximas al límite de la propiedad se utilizan antenas que tienen su pattern de radiación solo en un ángulo determinado, sin radiar hacia atrás, estas antenas son del tipo sectorial de 120° o 180° de ángulo horizontal.

Las causas que degradan la señal transmitida son: ruido de interferencia por multirutas, es decir más de una señal está llegando a la antena con diferentes fases y niveles, este es el caso que se presenta en los lugares de extracción donde los equipos mineros con sus estructuras producen las multirutas, otra causa es la atenuación por desvanecimiento, fade margin, para esta configuración se considera una atenuación de 10 dB. La siguiente tabla muestra una relación de estos parámetros:

$$L = 20 \log (4 \pi D / \lambda)$$

D = Distancia entre transmisor y receptor

λ = longitud de onda en espacio libre (c/f) = 0.125 mts

Ptx	Prx	Dist Mts	Lfx (Loss)	Fade Margin
11.16	-92.87	500	94.03	10
20.70	-92.87	1500	103.57	10
26.72	-92.87	3000	109.59	10
30.85	-92.87	4830	113.72	10

$$P_{tx} = P_{rx} - G_{tx} - G_{rx} + L_{fx} + F_m$$

P_{rx} = sensibilidad del receptor

G_{tx} = Ganancia de antena del transmisor

G_{rx} = Ganancia de antena del receptor

L_{fx} = Atenuación por propagación

F_m = Pérdida por desvanecimiento

Ruido de canal para un baud rate de 2 Mbps es de -110.97
Razón señal ruido para este sistema es de 11.1 dBm
El rango dinámico máximo es: Potencia transmitida – Sensibilidad Receptor = 122.87 dB.

Estaciones Bases y Repetidores:

De acuerdo a la topología de la mina y el dinamismo de los botaderos en los que siempre están avanzando y modificando sus cotas se determina instalar los siguientes repetidores fijos y transportables(estaciones bases)

Estaciones Bases fijas:

- AP 1 : Cerro 3290
- AP 2 : Actual Dispatch
- AP 3 : Dispatch Nuevo
- AP 4 : Instalación Geotecnia
- AP 5 : Chancadora 2

Repetidores transportables (con alimentación a través de paneles solares):

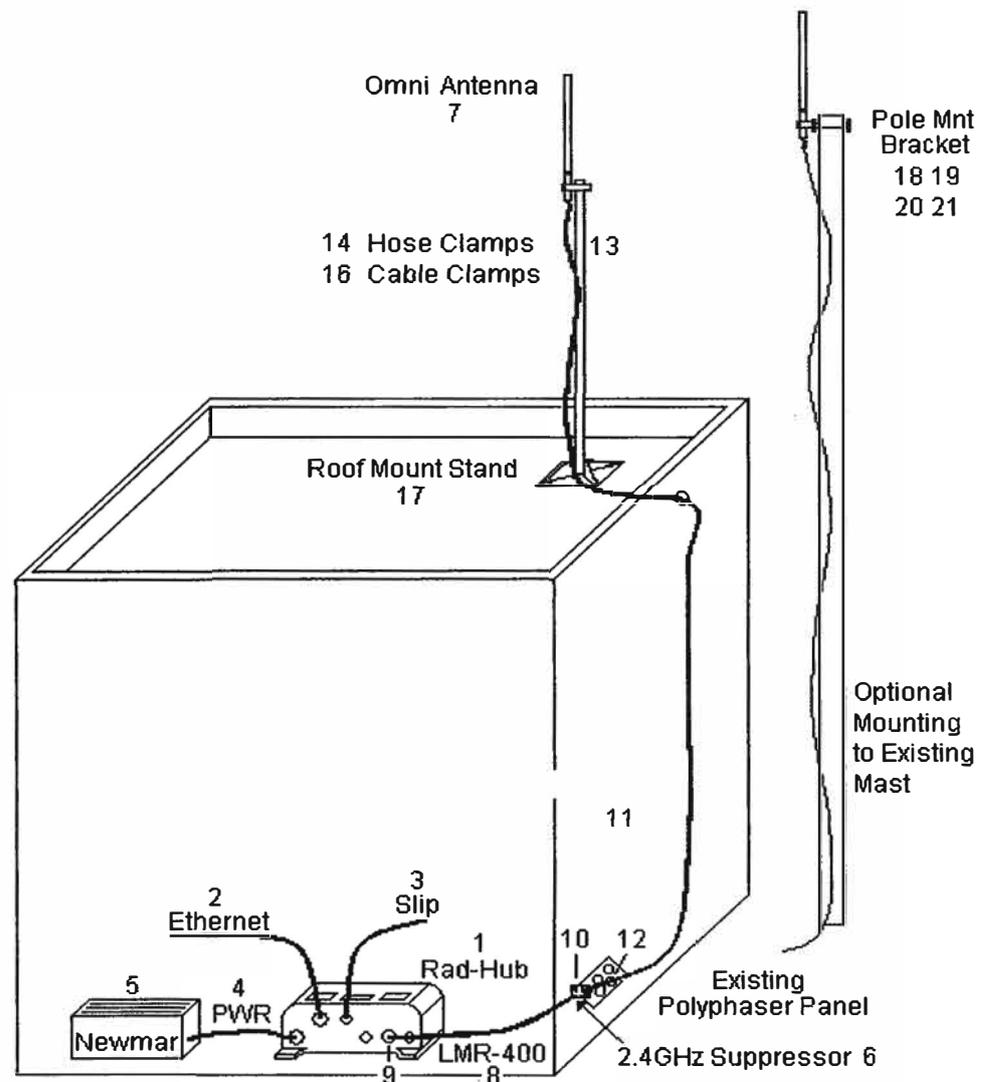
- WAP 7: Cerro Cenicero 2
- WAP 8: Botadero Marginal
- WAP 9: Stock Oxido
- WAP 10: Dique H
- WAP 11: Interior Rajo
- WAP 12: Botadero 3200 Norte
- WAP 13: Botadero 3160



Repetidor transportable –WAP

Los repetidores transportables son unidades estándares sobre ruedas y equipados con antenas omnidireccionales y sistemas de paneles solares de 150 W. (opción 300 W) con un tiempo de independencia de 3 días a plena carga de baterías. Incluyen un sistema de carga de baterías.

Basestation Diagram



Esquema Repetidor Fijo

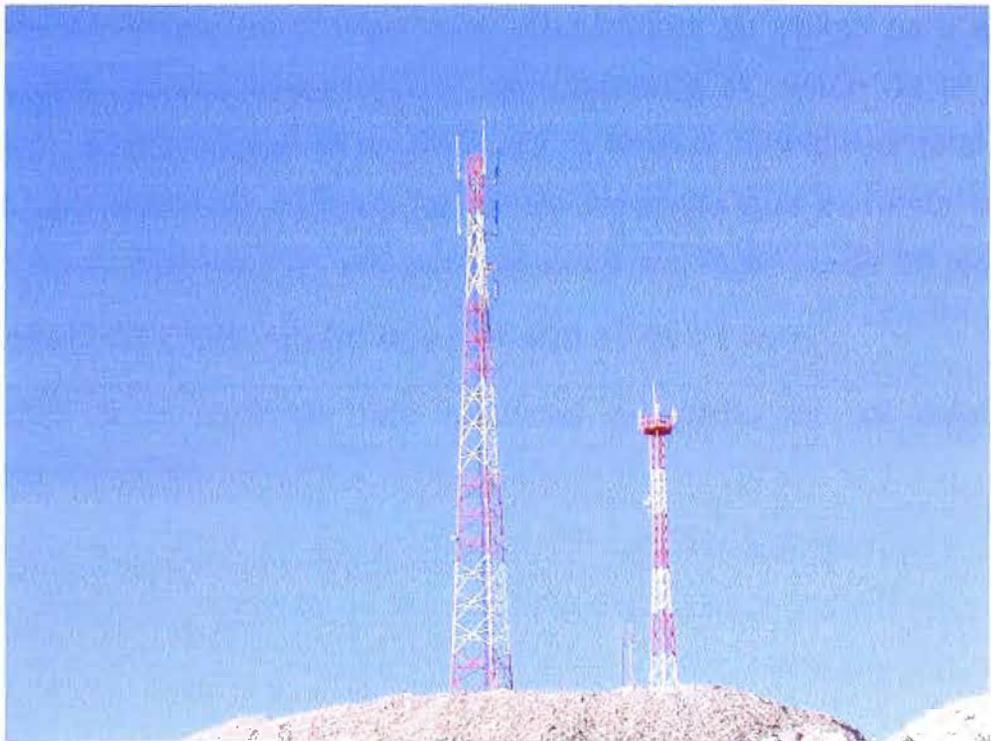
AP 1: CERRO 3290

Este nodo se instala en el actual sitio de torres al lado norte del pit.

Coordenadas locales : 16620 E, 109745 N, elev 3290 mts.

El repetidor es del tipo fijo, existe energía eléctrica 220 Vac . El router, la fuente de poder 220vca/24vdc y la UPS de 500 VA se instalan en el interior del contenedor donde residen los equipos del sistema actual. El consumo máximo es de 50 vatios.

La antena será del tipo omnidireccional de 6 dB, montada sobre un soporte de antena fijada a la estructura de la torre existente.



AP1

Este sitio deberá cubrir y conectarse con las siguientes áreas:

- Niveles superiores del pit
- Dispatch antiguo
- Botadero 3200
- Dumps de marginal
- Cerro Cenicero
- Stock Pile
- Botadero 3080 Este y Marginal
- Botadero Sur-Oeste 3140 y 3135

AP 2 : Despacho Antiguo

En este lugar, antiguo sistema de despacho, coordenadas locales 17360 E, 107876 N, elev 3025 mts; se utilizará una estación base fija que se instala en el lugar que actualmente se utiliza para este efecto, este equipo se conectará directamente al switch de la red ethernet , sobre un mástil se instalará la antena omnidireccional de 6 dB a una altura de 12 mts. La fuente de poder que alimenta este equipo es de 220 Vac/ 24 Vdc para un consumo máximo de 50 watts
La longitud del cable coaxial tipo LMR400 es de 15 mts.

Este sitio debe soportar una cantidad promedio de 15 móviles (equipos mineros) .



Edificio Dispatch Antiguo

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Sector niveles medio del pit
- Sector chancadores interior pit
- Enlace con Dispatch actual
- Sitio Geotecnia
- Sector inferior pit
- Botadero 3140 y 3135

AP 3 : Despacho Nuevo

Este lugar se encuentran los servidores del sistema de despacho; coordenadas locales 17420 E, 106900N, elev 3130 mts; se encuentra también la estación referencial de GPS, se utilizarán para este lugar dos estaciones bases fija, Puntos de Acceso con conexión a red. Estos equipos se conectarán directamente al switch de la red ethernet, sobre un mástil se instalará la antena sectorial 120° de 9 dB a una altura de 6 mts. La antena de GPS se instala sobre un mástil a una altura de 6 mts. La fuente de poder que alimenta este

equipo es de 220 Vac/ 13.6 Vdc para un consumo máximo de 50 watts

La longitud del cable coaxial tipo LMR400 es de 15 mts.

Este sitio, donde se encuentra el servidor principal y los puntos de acceso para la red inalámbrica, es el que concentra las comunicaciones con todos los móviles (equipos mineros) .



Nuevo Sitio Dispatch

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Áreas donde están ubicados los WAP
- Despacho antiguo
- Chancadores
- Geotecnia
- Botaderos Sur
- Cerro 3290
- Stock Oxido
- Interior pit
- Mecánica de Terreno

- Diques
- Mecánica de Palas

AP 4 : Instalación Geotecnia

Este sitio de repetidor se instala en la construcción existente de Geotecnia.

Coordenadas locales : 16065 E, 106753 N, elev 3031 mts.

El repetidor es del tipo fijo. El equipo del repetidor (enruteador inalámbrico), fuente de poder 220/24Vdc y la UPS de 500VA se instalan en el interior de la estructura con alimentación de 220 Vac. Este lugar cuenta con conexión a la red ethernet, que la realizan a través de un enlace inalámbrico.

La antena será del tipo omnidireccional de 6 dB, montada sobre un mástil fijada a la estructura a una altura de 8 mts..



AP4 Geotecnia

Este sitio deberá cubrir y conectarse con las siguientes áreas:

- Despacho actual
- Despacho antiguo
- Sector chancadoras interior pit.
- Playas estacionamiento
- Acceso Botaderos sur
- Rutas de acceso áreas de oxido y botaderos

AP 5 : Chancador 2

Sito de repetidor para cubrir el área de la parte interior del pit. Este lugar será ubicado sobre la estructura de la instalación. Cuenta con energía eléctrica 220 Vac y conexión a la red ethernet. El equipo del repetidor , la fuente de poder 220/12Vdc y la UPS 500VA se instala en el interior de la cabina del chancador.

Las coordenadas locales de este nodo : 16210 E, 107149 N, elev 2845 mts.

Para este sitio se elige una antena omnidireccional de ganancia de 6 dB. Angulo de elevación de 55°. Se instala sobre un mástil de 8 mts.



AP5 Chancador 2

Este sitio deberá cubrir y conectarse con las siguientes áreas:

- Dispatch actual
- Sector Chancadoras
- Cerro 3290
- Sector playas de estacionamiento
- Interior pit
- Sector sulfuro norte

WAP 7 : Cerro Cenicero 2

Este sitio de repetidor se instala para cubrir el sector de los diques y la parte mas alejada de los stocks de ley media.

Coordenadas locales : 19630 E, 105132 N, elev 3120 mts.

Este repetidor es del tipo transportable, se debe instalar al costado del Cerro Cenicero, no hay energía eléctrica y cuenta con acceso de camioneta.

Incluirá un sistema de paneles solares de 150 watts .

Para este lugar se elige una antena omnidireccional de 6 dB .
Montada sobre el mástil de la estructura móvil a una altura de 8 mts. Angulo de elevación 15°.



WAP7 Cerro Cenicero

Este sitio deberá cubrir y enlazarse con las siguientes áreas:

- Área de diques.
- Despacho principal
- Botaderos 3080- 3060 NE
- Botadero Marginal 3100

WAP 8 : Botadero Marginal

Este sitio de repetidor se instala para cubrir el sector norte más alejado, botaderos de estéril y marginal. Además provee cobertura para las áreas mas alejadas del lado norte.

Coordenadas locales : 19250 E, 109100 N.

Repetidor del tipo transportable con paneles solares de 150 Watts.

La antena es del tipo omnidireccional de 3 dB a una altura de 5 mts.

Angulo vertical de 35°.



WAP8 Bot Marginal

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Sector botaderos marginal y base marginal
- Sector norte diques
- Dispatch Nuevo.
- Rutas de acceso a botaderos

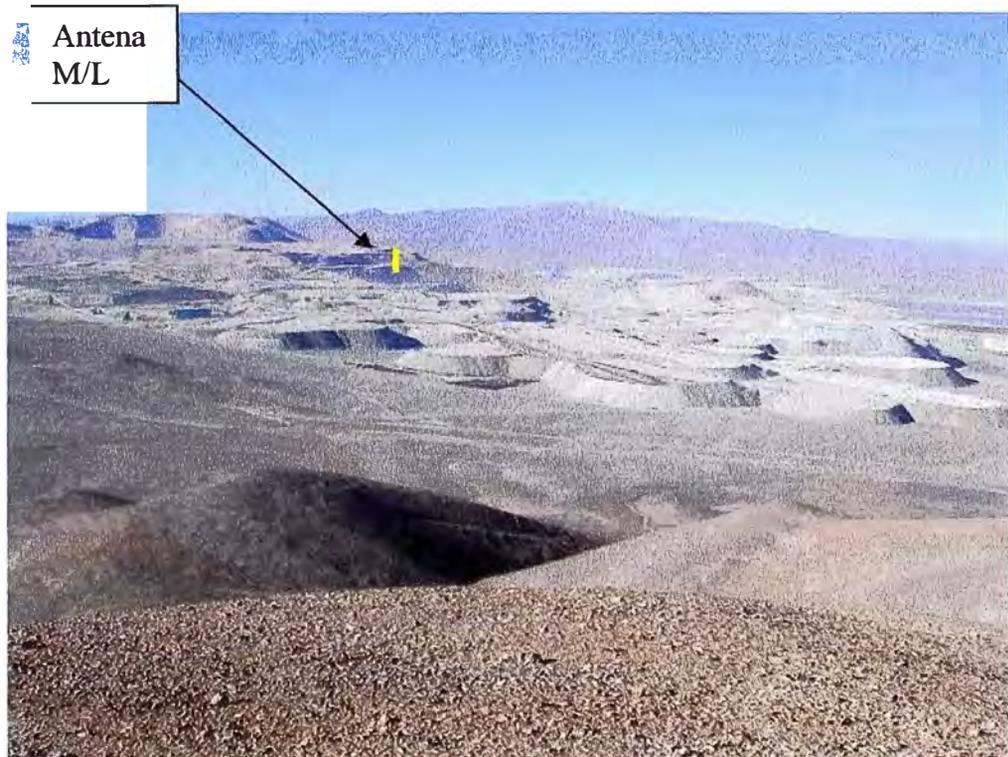
WAP 9 : Stock Oxido

Este sitio de repetidor se instala para cubrir el área de óxidos y rutas de acceso a stocks.

Coordenadas locales : 13700 E, 106500 N.

Este repetidor es del tipo transportable con paneles solares. Se instala en el área de óxidos.

La antena es del tipo omnidireccional de 6 dB y se monta sobre el mástil del repetidor a una altura de 8 mts. Angulo de elevación vertical 15°



WAP9 Stock Oxido

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Sector área óxidos
- Chancador 4
- Enlace con repetidor fijo AP1 Cerro 3290.
- Enlace con repetidor Dispatch .
- Comunicación con un promedio de 8 móviles.

WAP 10 : DIQUE H

Este sitio de repetidor se instala para cubrir el área de diques y rutas de acceso.

Coordenadas locales : 18750E, 107900 N.

Repetidor del tipo transportable con sistema de paneles solares. La antena es omnidireccional de 6 dB a una altura de 8 mts. Angulo vertical de 15°.



WAP10 Antena Dique H

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Área botaderos diques H , G
- Ruta acceso a botaderos noroeste
- Enlace con Dispatch Nuevo.

WAP 11 : Interior Pit

Este sitio de repetidor se instala para cubrir las áreas inferiores del pit.

Este repetidor será del tipo transportable con alimentación de energía eléctrica de 220 vac.

La antena es del tipo omnidireccional de 3 dB y se monta sobre el mástil del repetidor a una altura de 8 mts. Angulo de elevación vertical 55°



Interior Pit

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Áreas de carguio inferiores del pit
- Enlace con Nodo AP5 Chancadora 2
- Áreas del fondo del pit

WAP 12 : Botadero 3200

Este sitio de repetidor se instala para cubrir las áreas del botadero 3200.

Coordenadas locales : 15515 E, 111018 N, elev 3200 mts.

Este repetidor será del tipo transportable con paneles solares.

La antena es del tipo sectorial 120° de 6 dB y se monta sobre el mástil del repetidor a una altura de 8 mts. Angulo de elevación vertical 35°



Botadero 3200

Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Sector Botadero 3200
- Botadero 3180
- Enlace con Nodo AP1 Cerro 3290

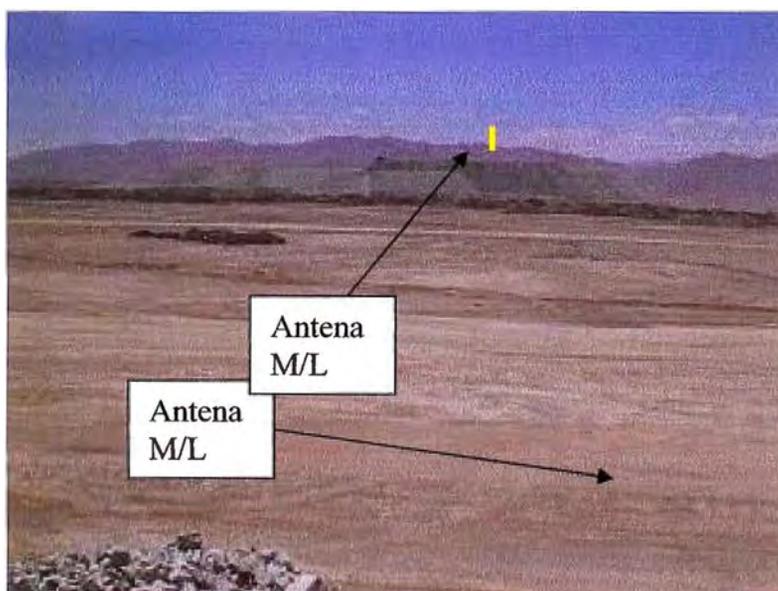
WAP 13 : Botadero 3160

Este sitio de repetidor se instala para cubrir los botaderos del sector sur y las rutas de acceso.

Este repetidor será del tipo transportable con paneles solares.

Coordenadas locales: 15100 E, 104300 N.

La antena es del tipo omnidireccional de 6 dB y se monta sobre el mástil del repetidor a una altura de 8 mts. Angulo de elevación vertical 15°



Botadero 3160

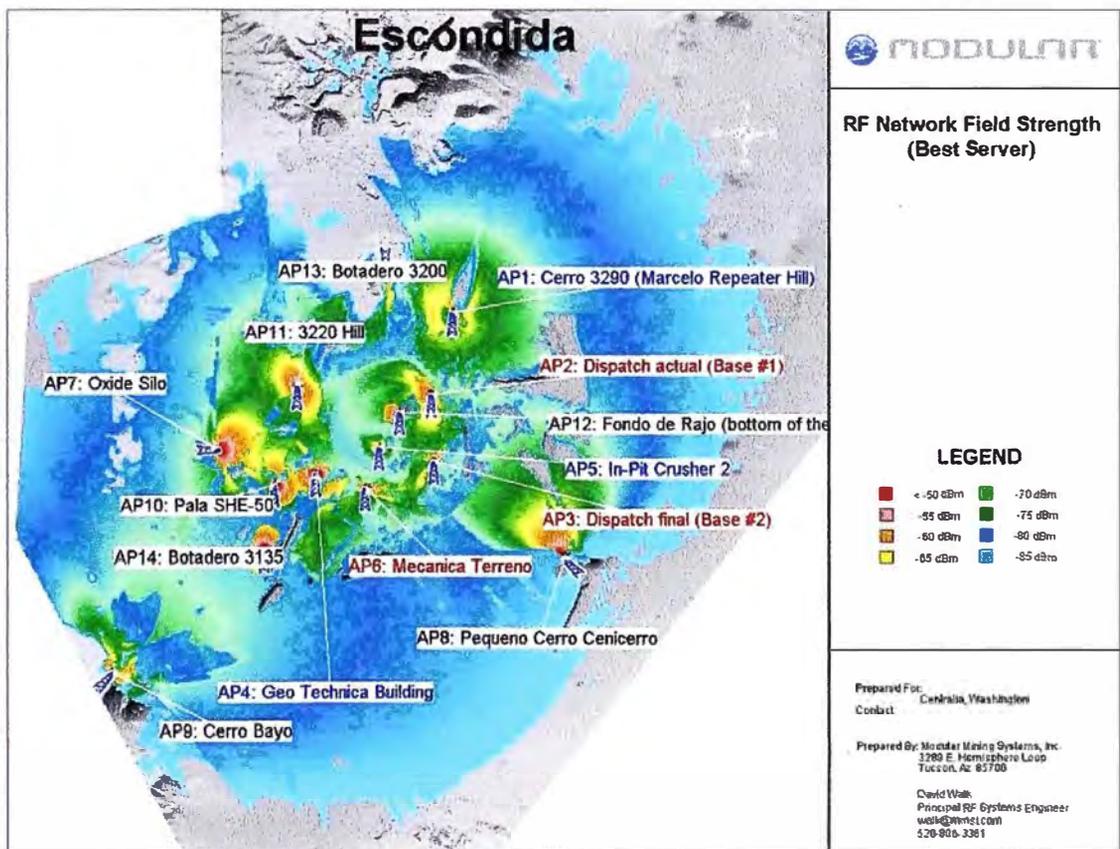
Este sitio deberá conectarse con las siguientes áreas:

- Botaderos sector sur
- Enlace con Dispatch Nuevo
- Enlace con Nodo AP1 Cerro 3290

III.1.2 Análisis General de la Performance de la Red Masterlink

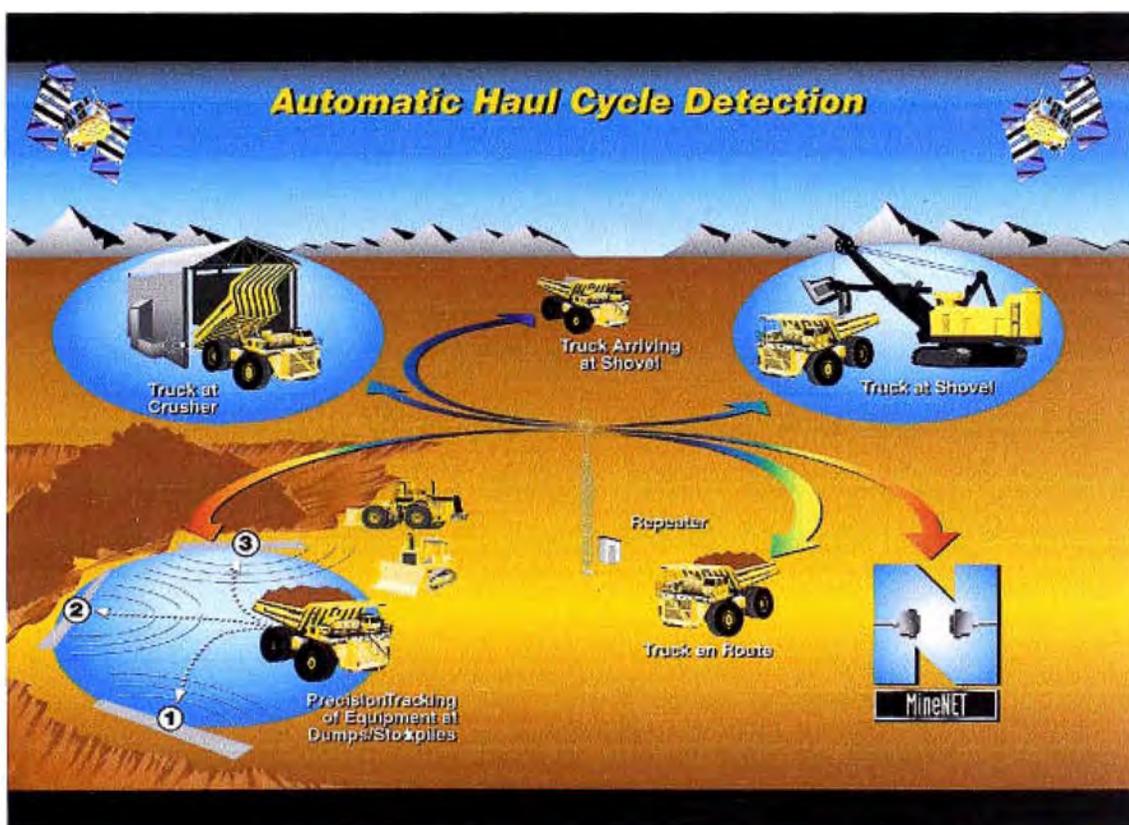
Una vez instalados los repertidores en todos los lugares estratégicamente definidos, procedemos a hacer un levantamiento y análisis general de la performance de la red, a fin de cubrir el 100% de la mina con un alto nivel de comunicación.

El análisis en mención, nos arrojó resultados bastante satisfactorios, lo que daba cuenta que el sistema de comunicaciones se encontraba listo para ser usado, solo necesitábamos instalar el hardware de los equipos de terreno para completar la red de la mina.



III.1.3 Instalación del Sistema de Optimización de Carguio y Acarreo

Con la red inalámbrica a un 100% de su capacidad, se procedió a instalar la herramienta de gestión minera de optimización de equipos de acarreo y asignación de camiones. Esta herramienta consta de un computador central el cual ejecuta algoritmos alimentados por variables en tiempo real de la operación minera, y envía los resultados a los diferentes equipos de terreno a fin de lograr una mayor productividad, incrementar la eficiencia y llegar a la optimización total de la flota de carguio y acarreo.



El algoritmo usado por el computador central usa un módulo de Configuración de la Programación Lineal, la cual es una herramienta poderosa de productividad que viene con el sistema DISPATCH de Modular. Dicha herramienta permite configurar la forma en la cual el modelo de Programación Lineal (PL) crea circuitos de producción de acarreo (y velocidades de alimentación en dichos circuitos). Permite modificar el patrón general de asignaciones de camión del modelo de Programación Dinámica (PD) por medio del cual se tendrá mayor flexibilidad para cumplir los requisitos de producción.

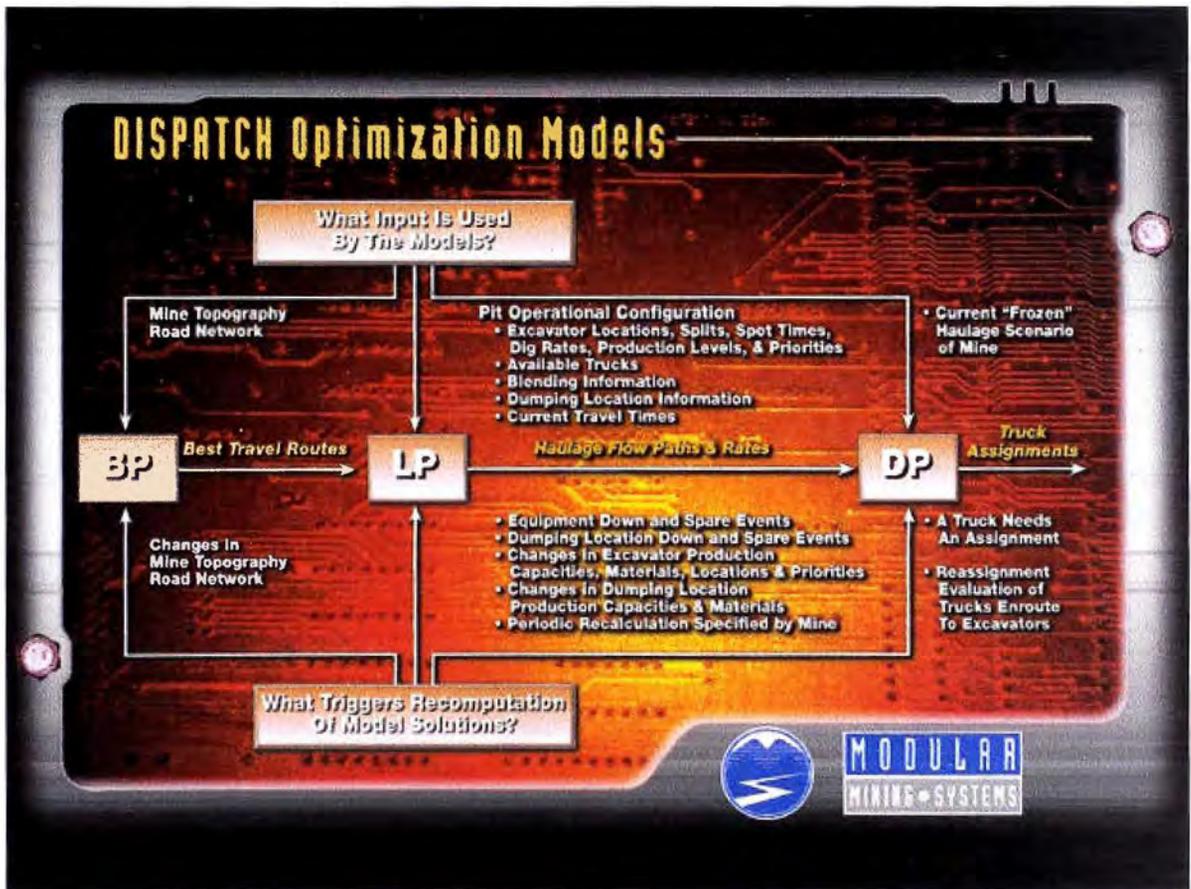
III.1.4 Estrategia de Optimización de DISPATCH (DOS)

La estrategia de optimización de Dispatch (DOS) es un mecanismo que consta de dos fases y que utiliza tres modelos matemáticos de programación—la Programación Lineal (PL), la Programación Dinámica (PD) y la Mejor Ruta (BP)—con el fin de obtener la mayor productividad de camiones posible en la mina.

El modelo de PL crea un plan maestro teórico para obtener la mayor productividad de camiones posible. Dicho plan, conocido como la solución de PL, contiene circuitos optimizados de producción que indican:

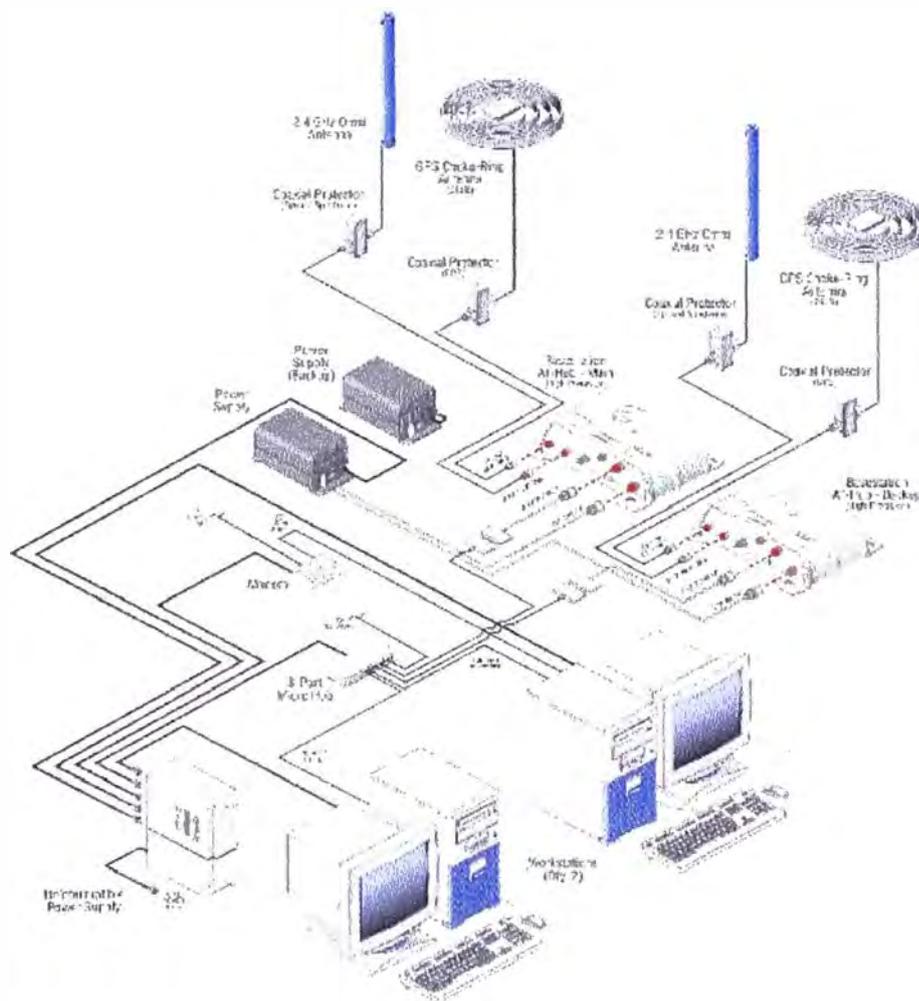
- Cuáles botaderos deben proveer camiones vacíos a cuáles palas; cuáles son las características de dichos camiones (a esto le llamamos Tipos LPTRUCK1) y las velocidades de alimentación de dichos camiones con respecto a las palas.

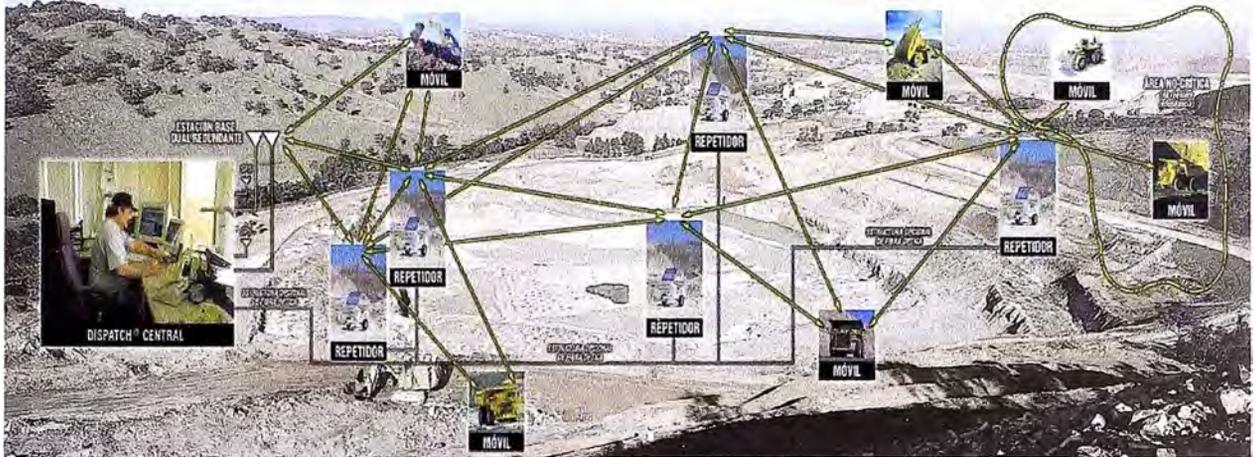
- Cuáles palas deben proveer camiones cargados a cuáles botaderos; cuáles Tipos LPTRUCK representan a dichos camiones; y las velocidades de alimentación de los camiones con respecto a los botaderos



III.1.5 Central General de Control (Despacho Mina)

El computador central, ubicado en el Despacho Mina, se encarga de realizar los cálculos y enviarlos a los equipos de carguio y acarreo por medio de señales de radio, y a su vez también recepciona la información en tiempo real de los equipos en mención, a fin de tener los datos reales de lo que viene aconteciendo en terreno, a fin de realizar el calculo con las variables actualizadas al segundo de la operación

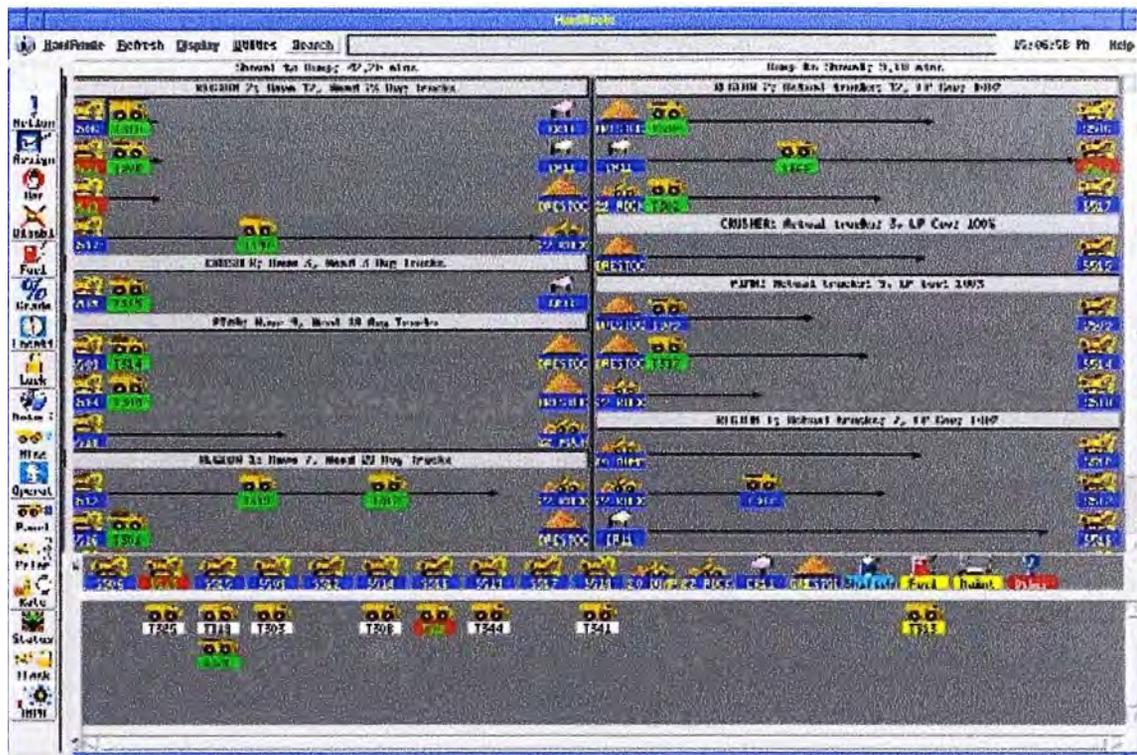




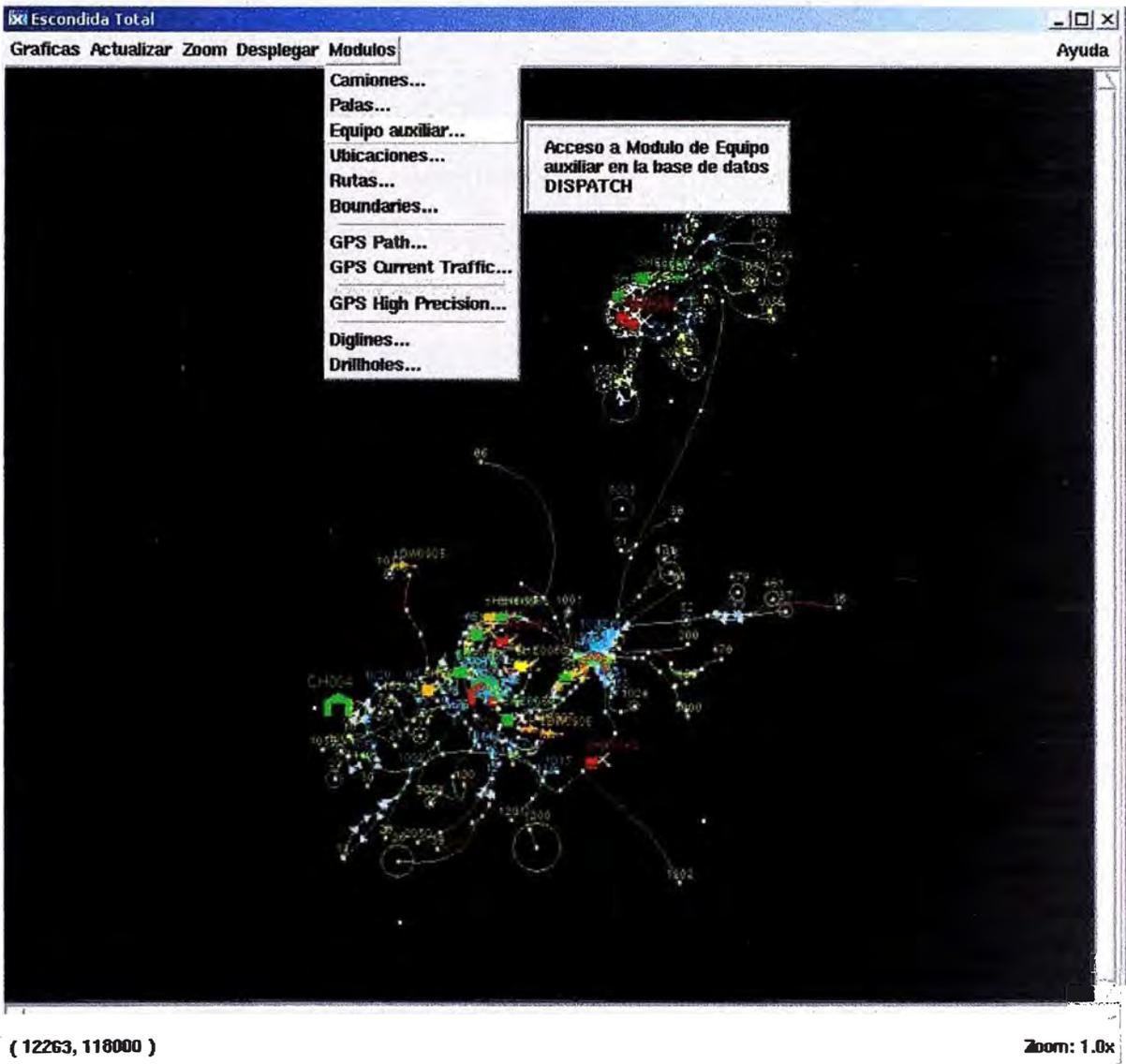
El despacho es el “centro neuronal” de la operación, donde se proponen protocolos para optimizar la toma de decisiones en varias condiciones y estados de operación. Es desde este lugar del que se manejan todos los equipos de la mina, y tiene como principal función el optimizar la asignación de los equipos lo cual conllevará a un inherente incremento en la productividad.

Es en este contexto que el Despachador, tiene labores fundamentales que repercuten directamente en el éxito o fracaso del día a día de la Operación, quien interactuando no solo con herramientas tecnológicas de alta generación, sino también aplicando gran criterio ingenieril, hacen de este individuo lo que en Minera Escondida llamamos “Gerente de Turno”.

El despacho es a su vez, estratégicamente el punto ideal de encuentro para las reuniones antes, durante y después del turno, ya que es en este lugar en el que podemos encontrar toda la información histórica y en línea del actual llevar de la operación.



El Despachador de la mina, puede ocupar funcionalidades del sistema que le permitan verla desde otra perspectiva, la cuales ayudan considerablemente a controlar todos los detalles de la operación incluyendo equipos de terreno, ley actual de mineral, tonelaje por hora y acumulado, rendimientos de equipos, % de cola de camiones, elevaciones de palas, mallas de perforación, etc. Pero el Despachador no solo opera con representaciones de los distintos elementos que conforman la mina, sino también con grafico escalares del pit, los que dan una visión mas real del progreso de la mina, y de la ubicación en terreno de cada uno de los equipos.



III.1.7 Sistema GPS Alta Precisión para Palas

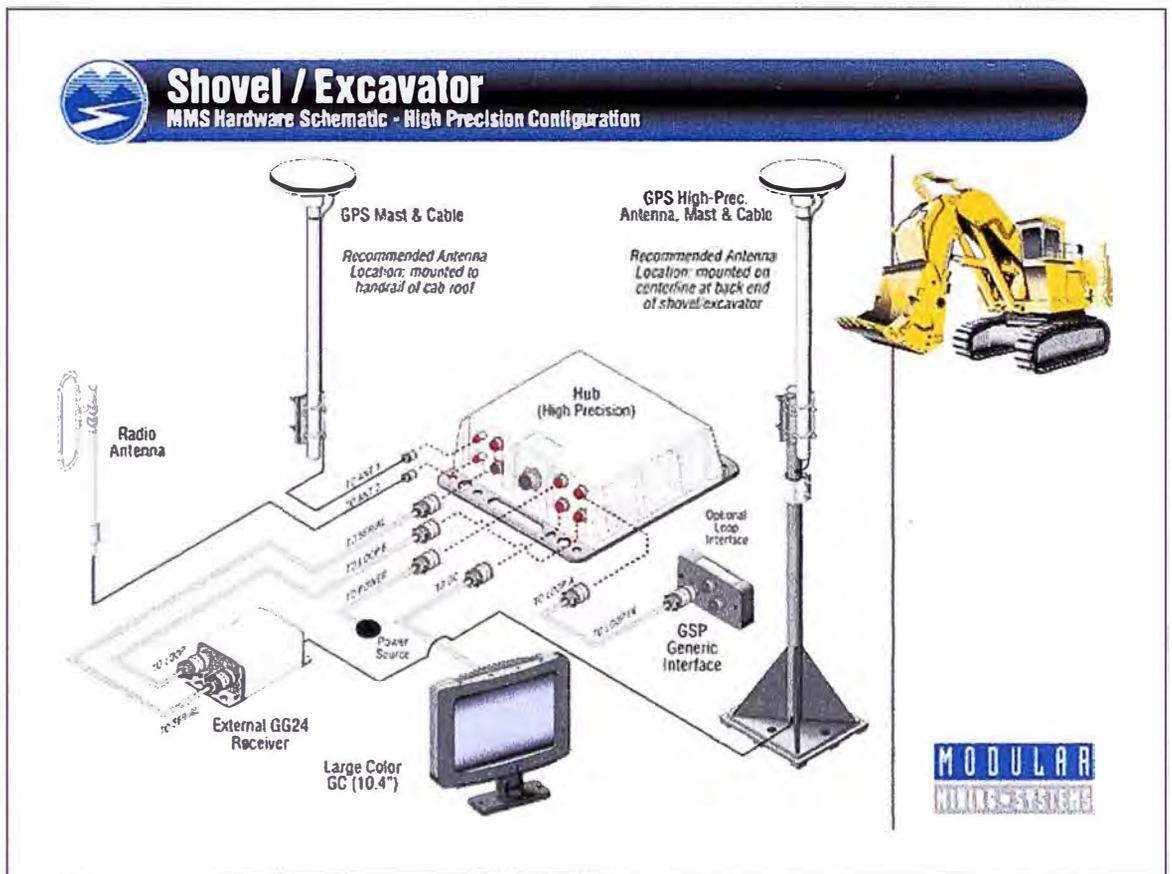
El sistema de alta precisión para palas reduce la cantidad de mediciones requeridas para monitorear una pala trabajando en un punto de extracción en la mina.

El sistema le proporciona al operador de la pala información en cuanto a: control mineral, diseño de la mina, control de elevación de palas e información en cuanto a la ubicación de la pala y el balde. Con dicha información es posible precisar la ubicación y tipo de material excavado para mantener la pala en la elevación correcta y seguir el movimiento de la pala. Para esto, el sistema utiliza un receptor GPS de Ashtech, diseñado para mantener un nivel específico.

El computador central monitorea y captura los datos en tiempo real y los utiliza para generar informes. Aunque el módulo de la base de datos del sistema requiere poco mantenimiento, dicho módulo proporciona información que es útil para el operador de la pala, el despachador y el personal de ingeniería. Desde la pala, el operador tiene acceso a una Consola Gráfica a Color (CGC) la cual despliega, en tiempo real, las líneas de excavación, la elevación y la posición de la pala. Dicha información le proporciona al operador una referencia visual para controlar la inclinación, los límites de la mina (polígonos de mineral/estéril, compuestos, etc.) y posibles peligros en el área (como tuberías y cables eléctricos).

Dicha información también sirve para reducir el número de cargas mal direccionadas. Desde el Despacho, el despachador puede monitorear la posición y el movimiento de las palas en tiempo real mediante el módulo de Gráficas de Mina. El personal de ingeniería puede utilizar el módulo de Informes para monitorear los indicadores claves de desempeño (KPI) para identificar qué cambios hay que

realizar en la mina con el fin de mejorar la seguridad. El personal de ingeniería tendrá más acceso a datos de producción debido a que toda información histórica puede ser vista gráficamente o reportada numéricamente.





III.1.8 Sistema GPS Alta Precisión para Perforadoras

El Sistema de Alta Precisión para perforadoras es un completo sistema integrado, y diseñado para incrementar la productividad de los equipos de perforación.

El sistema usa tecnología GPS, información proveniente de softwares de planeamiento de minado, una red inalámbrica radial, sensores de perforación, y una consola grafica a color a bordo del equipo, la cual provee de continua información y guía al operador donde y como perforar.

La información desplegada al operador en la consola grafica incluye la malla de perforación para la región actual de la perforadora, y un icono para identificar la posición actual del equipo en dicha malla. Esto permite al operador moverse en forma precisa de pozo a pozo, de día o de noche sin requerir marcas físicas en terreno. Durante la perforación, la consola grafica muestra la profundidad que se tiene

que perforar para llegar a la cota deseada, el radio de penetración, y la profundidad actual del pozo.

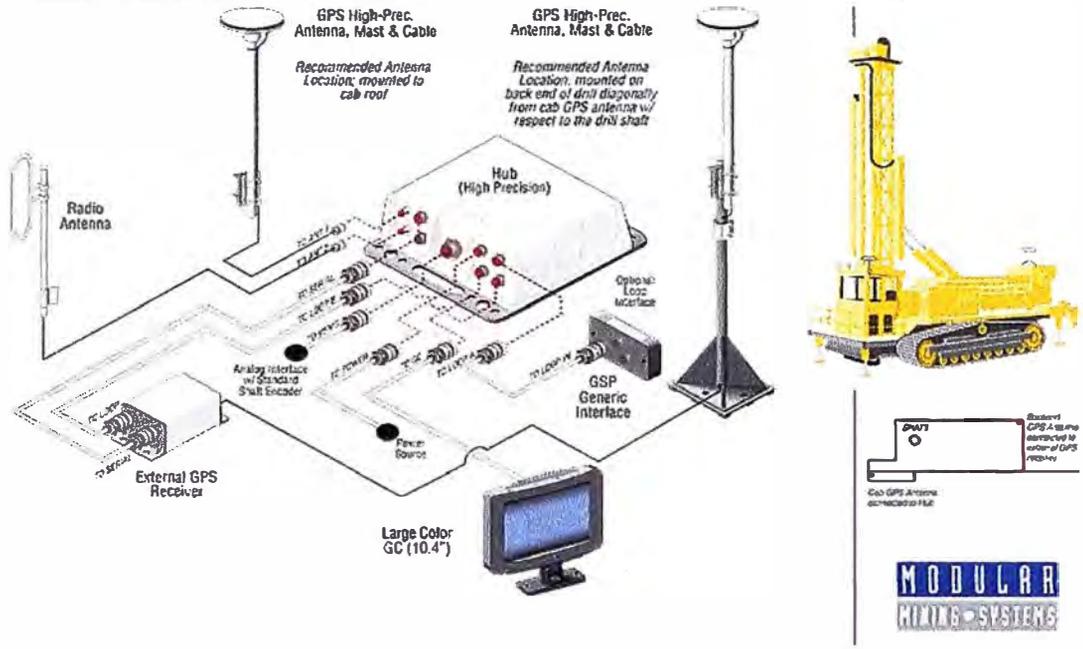
Esto permite al operador monitorear detalladamente el progreso de cada pozo, y hacer ajustes si fuese necesario, virtualmente eliminar la sobre perforación, falta de perforación y la reperfuración.

Toda la data desplegada al operador es también enviada al computador central en tiempo real para su procesamiento y almacenamiento. De esta manera, el jefe de turno puede monitorear en forma precisa el progreso de cada perforadora, y generar una gran variedad de reportes de producción.

El sistema de Alta Precisión en perforadoras captura valiosa información de cada uno de los pozos de perforación, incluyendo las revoluciones por minuto de la broca, la presión, el pulldown, torque, presión de aire y el radio de penetración.

El área de Planificación, puede usar esta data para generar un modelo de cada pozo perforado e incorporarlo al modelo de perforación, a fin de mejorar los futuros programas de perforación. El sistema también hace un seguimiento del uso de brocas, accesorios de perforación y estabilizadores, por perforadora, numero de parte, costo y tiempo de uso. Esta información permite al personal de perforación monitorear los costos operativos y planificar en forma efectiva.

Drill
MMS Hardware Schematic - High Precision Configuration



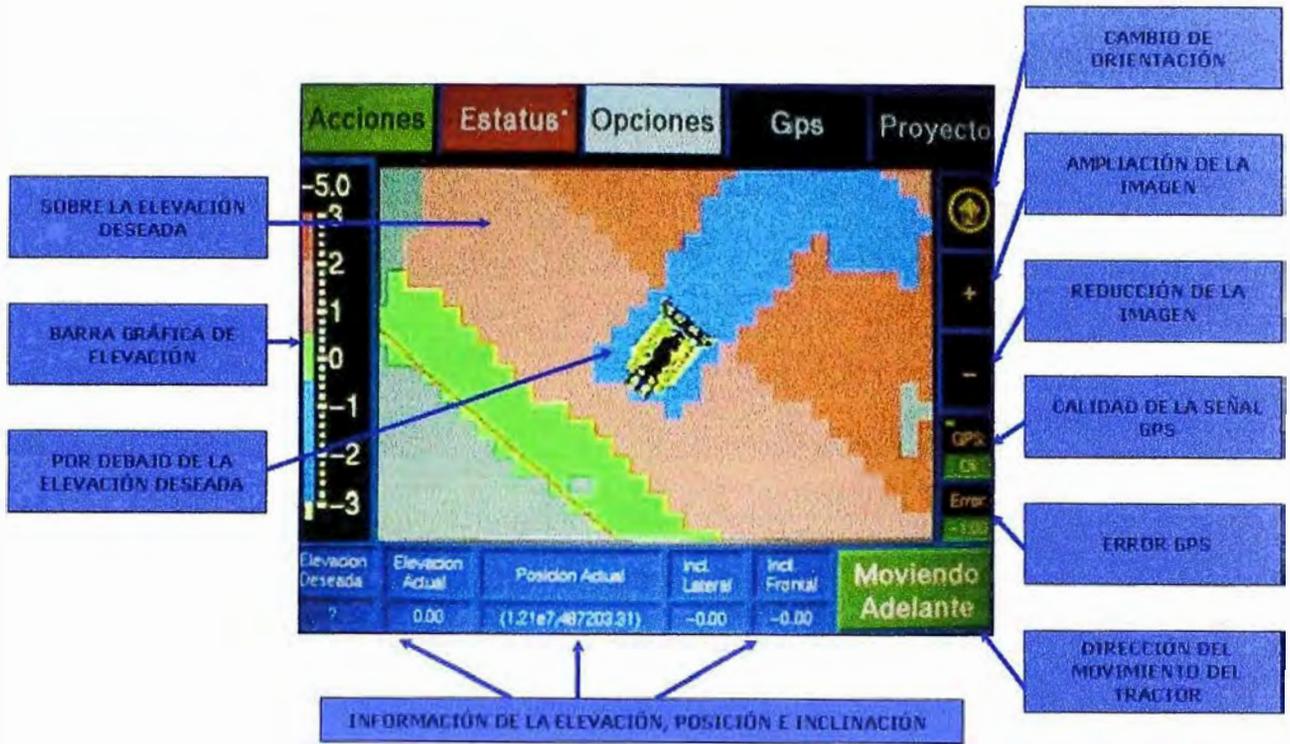
III.1.9 Sistema GPS Alta Precisión para Tractores

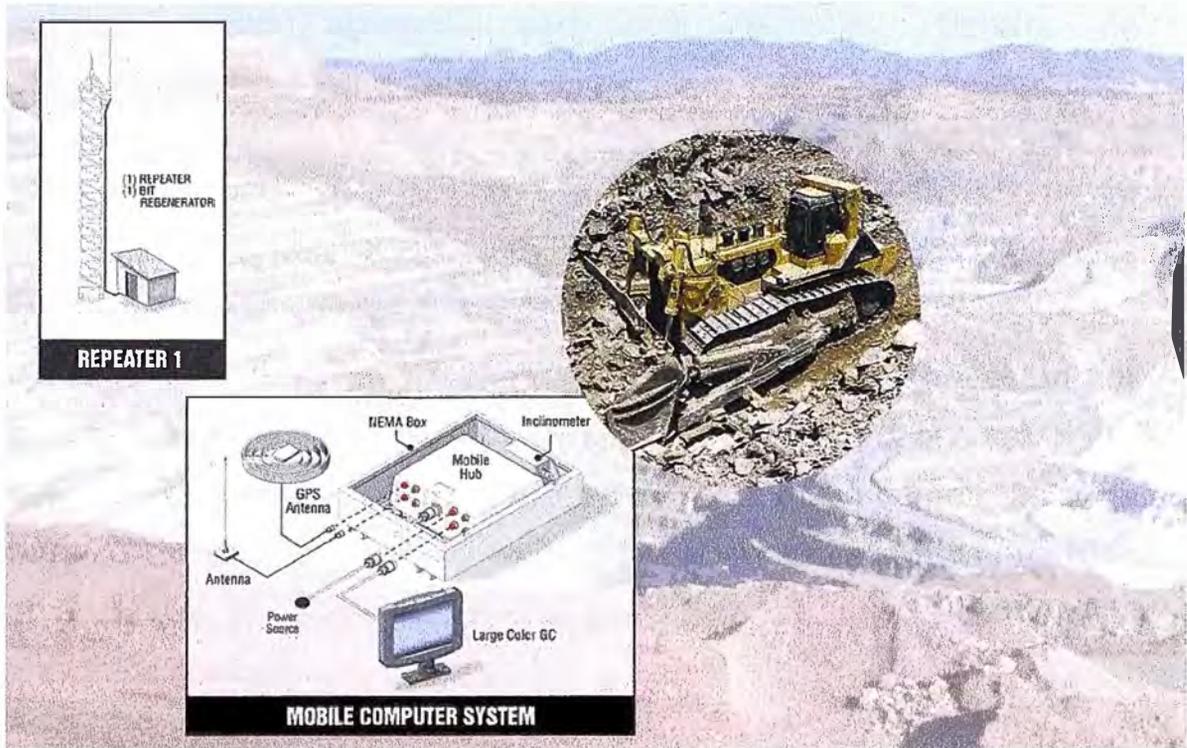
El sistema GPS de alta precisión para tractores (ProVision) es un subsistema de DISPATCH. Utiliza tecnología GPS para dar retroalimentación al operador del tractor en forma inmediata, para que pueda comparar el trabajo realizado con el relieve deseado.

En el tractor hay una Consola Grafica a Color (CGC), la cual despliega un mapa con las elevaciones de la región donde estará trabajando el tractor. Dicho mapa está codificado con colores.

Toda área que está en la elevación deseada aparece de verde. Las áreas que están por encima de la elevación deseada aparecen de rojo y las que están por debajo aparecen de azul. El operador utiliza el mapa como referencia porque indica que es necesario cortar las áreas rojas y rellenar las áreas azules hasta que toda el área sea de color verde, indicando que se haya alcanzado la elevación deseada en la región. La CGC despliega dos vistas de la región del proyecto: una de plano (desde arriba) y otra de perfil, con un corte transversal. La CGC tiene otras características que el operador puede acceder fácilmente. Para ello, solamente tendrá que tocar la pantalla.

El computador central de DISPATCH continuamente recibe datos del tractor en cuanto al trabajo realizado, tonelaje, número de pases, eficiencia, etc. El personal de operaciones tiene acceso a dicha información mediante varios informes.





El sistema GPS de alta precisión para tractores recibe datos del sistema de planeación mina. Planeación mina selecciona las regiones de la mina donde se trabajará con tractores. Cada región es un proyecto y recibe un número de identificación (ID) específico.

Planeación mina determina la elevación deseada para cada proyecto e identifica los peligros. Los proyectos son transferidos a un archivo DXF y este archivo es cargado en el sistema DISPATCH. El archivo DXF contiene la superficie deseada, representada por una red irregular triangular (Triangulated Irregular Network [TIN]).

El ingeniero de DISPATCH asigna dichos proyectos a los tractores que se encuentran en la base de datos de tractores. Durante el turno, cuando el operador de tractor solicita un proyecto, éste es enviado instantáneamente mediante una red inalámbrica de radio. Para solicitar un proyecto nuevo, el operador del tractor oprime el botón Proyecto desde el menú principal de su CGC. Del

submenú que aparece, selecciona Solicitar. Dentro de aproximadamente 30 segundos el proyecto nuevo es transferido al tractor y aparece el mensaje "Por Favor Espere" en la CGC.

En el mapa de la CGC del operador aparece la región del proyecto nuevo. Las áreas del proyecto que están en la elevación deseada aparecen de color verde en el mapa. Aquellas que están por encima de la elevación deseada aparecen de rojo y las que están por debajo aparecen de azul. El operador utiliza el mapa como referencia para cortar las áreas rojas y rellenar las áreas azules hasta que toda el área sea de color verde, indicando que se haya alcanzado la elevación deseada.

Mientras el tractor trabaja para obtener el relieve deseado, el sistema mantiene información en cuanto al volumen de material movido, el número de pases realizados, la distancia de cada pase, datos de corte y relleno, y mucho más. Con base en dicha información el usuario puede generar informes.

También es posible usar el sistema de alta precisión para tractores sin enviar datos al tractor desde el computador central. En este caso, el operador utiliza la CGC para crear niveles y rampas para aquellas áreas donde necesita trabajar. Esto es útil para aquellos tractores trabajando en áreas de descarga que no forman parte del patrón de planeación mina, o para las áreas que están fuera de la mina, o para actividades de construcción.



III.1.10 Sistema de Monitoreo para Supervisores

El sistema de monitoreo para supervisores, es una de las ultimas tecnologías puesta en funcionamiento en la industria minera, la cual tiene el objetivo de permitir a la supervisión de terreno, obtener no solo un panorama en vivo y en directo de la actualidad de la operación, sino a su vez, una visión cuantificada del desempeño actual del turno. Gracias a la red inalámbrica que cubre el 100% de la mina, el supervisor de terreno puede llevar un control en línea, lo cual le permite tomar decisiones instantáneas y controlar

de la misma manera la repercusión de estas en el desempeño de la operación.



El sistema consta de un computador portátil especialmente diseñado para soportar las duras condiciones de la operación, instalado en la camioneta de cada uno de los supervisores, el cual esta conectado en forma inalámbrica al sistema.

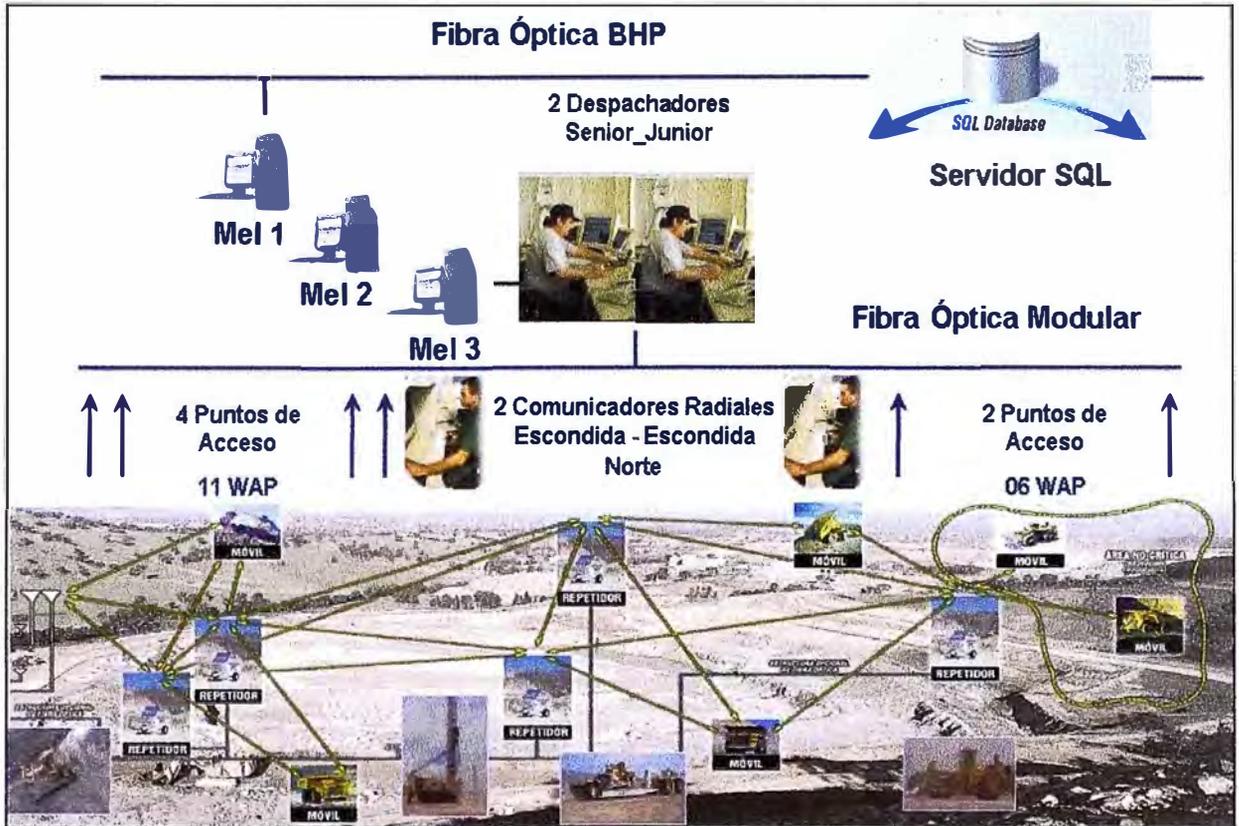
Este sistema permite a la supervisión en general, tener minuto a minuto el detalle actual de la operación, así como mantenerse en contacto no solo por vía radial, sino también ocupar los beneficios de la conexión a Internet, y a las herramientas de correo electrónico, tan importantes en la gestión del turno. Estas funcionalidades, hacen

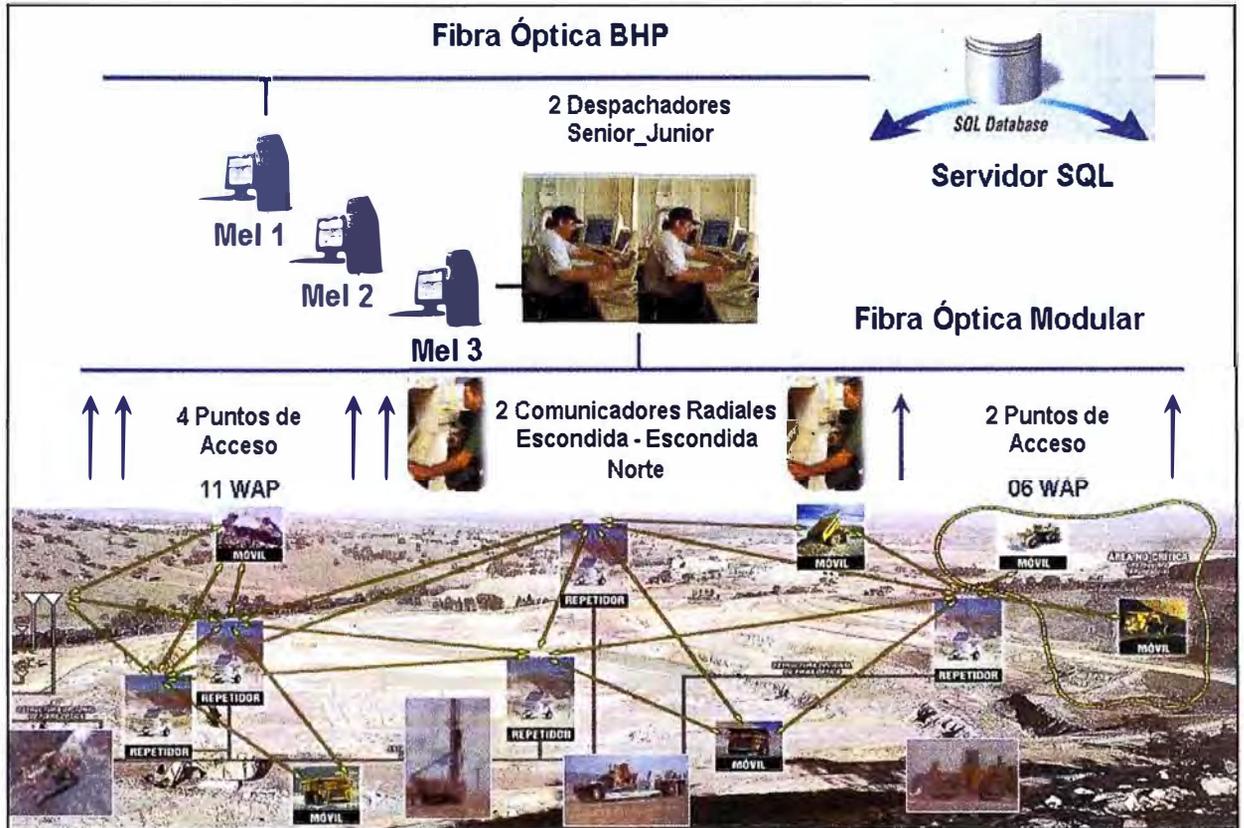
de cada una de las camionetas de la supervisión, verdaderas oficinas rodantes, las cuales obviamente tienen una vista privilegiada de la operación.

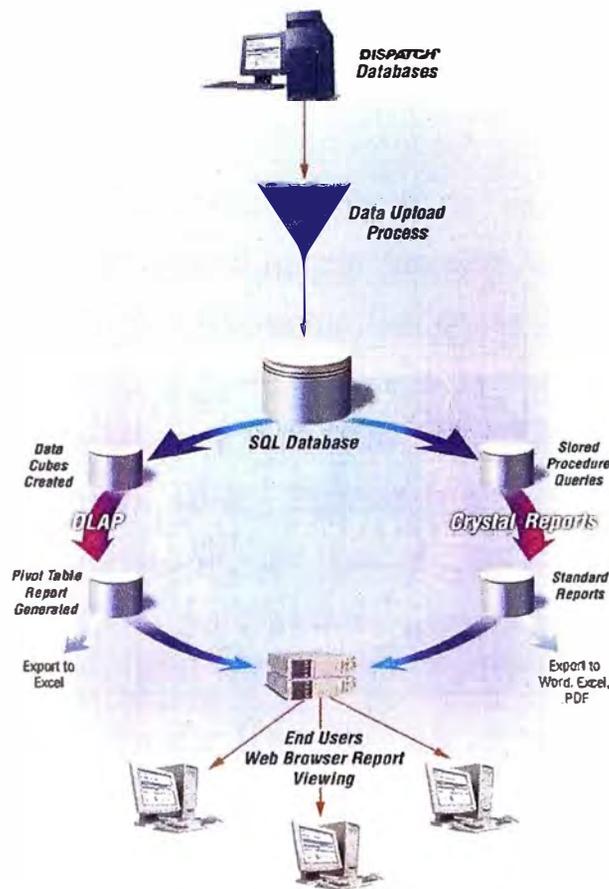


III.1.11 Proceso de almacenamiento de datos en la base SQL

Como se menciona anteriormente, el gran flujo de información que segundo a segundo se emite y recibe, por cada uno de los equipos de terreno, es enviado a una base que trabaja con un motor de datos SQL, la cual es fuente oficial para la reportabilidad de la mina, desde el nivel de supervisión hasta las altas esferas gerenciales de la corporación BHP. Es en este contexto, que el mantenimiento de dicho base, se convierte en una tarea crítica, la cual es responsabilidad del Administrador del Sistema.







III.1.12 Herramientas de Gestión para la Operación Minera

Con toda la gran cantidad de datos almacenados segundo a segundo en la base SQL, surge la necesidad imperiosa de transformarla en información, y partiendo de la premisa “ Lo que no se puede medir no se puede controlar”, nace el concepto de KPI.

III.1.13 Indicadores Claves de Rendimiento (Key Performance Indicators - KPI)

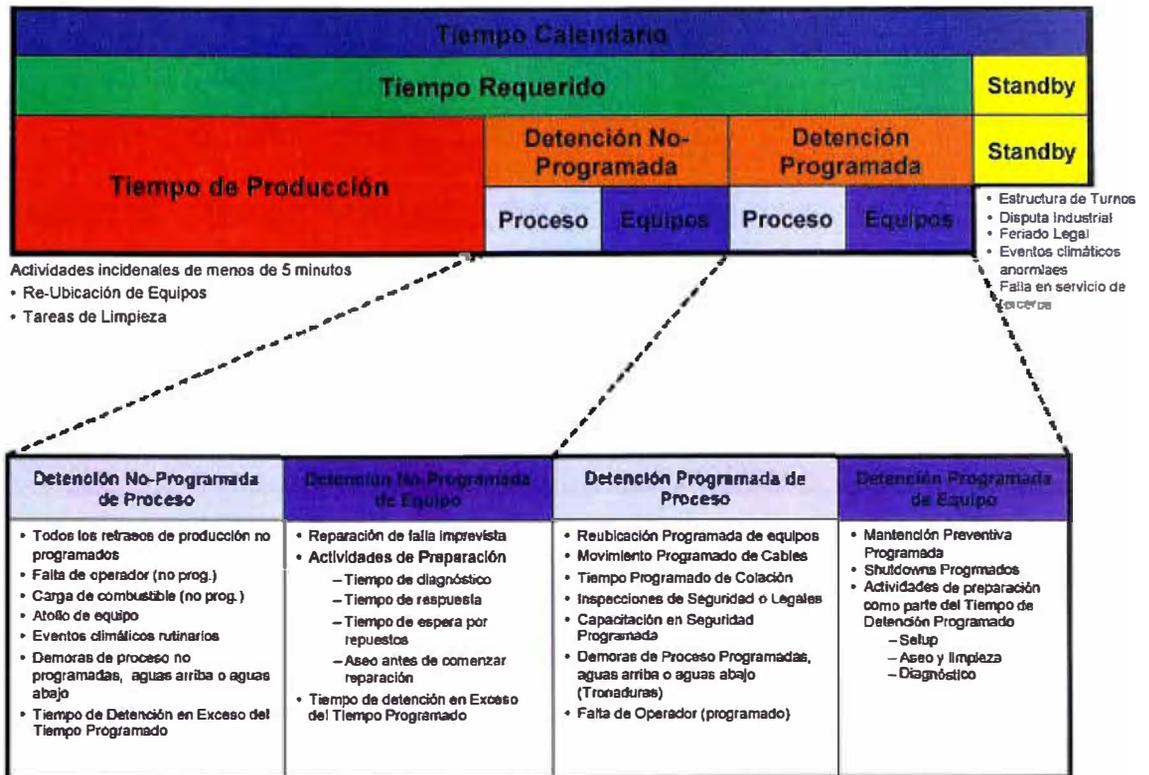
Existe una sola forma de hacer las cosas bien y es a través de los estándares. Es necesario centrarnos en estos y controlarlos a través de un número, conocido como **KPI**, que existe para cada

proceso que determinemos. Existe, asimismo, un único producto adecuado para su uso y es el que le permita alcanzar mayor productividad. Este control también se realiza a través de los KPI.

Por lo anterior, es fácil explicar la razón de ser de un departamento dedicado a personalizar los sistemas de control según las necesidades de nuestra operación, así como estudiar, determinar y automatizar reportes que muestren a la supervisión directa y gerencia de la operación los KPI que permitan tomar decisiones correctivas en tiempo real. También se requiere llevar las estadísticas de la operación, las cuales nos sirven para evaluar nuestro progreso y rendimiento global de las operaciones.

III.1.14 Clasificación de Tiempos en Minera Escondida Limitada

A fin de llevar un exhaustivo control de los equipos de la mina, BHP Minera Escondida Limitada ha dividido el tiempo nominal en 6 categorías, las cuales detallamos a continuación:



Tiempo de Producción (P):

Es el tiempo que el equipo ya tiene operador, y esta listo para operar o se encuentra ya operando.

Detención No Programada (DNP):

Son todas las detenciones que no fueron previstas ni planificadas, y que afectan el normal desempeño de la operación. Se subdividen en:

- **Proceso (DNPP):** Son aquellas detenciones que afectan a cada una de las actividades del proceso productivo (ejemplo, pala esperando camiones, problema línea de alta tensión)

- **Equipo (DNPE):** Son aquellas detenciones que afectan el normal desempeño de cada uno de los equipos mina (ejemplo, falla mecánica, falla eléctrica)

Detenciones Programadas (DP): Son aquellas detenciones inherentes a la operación, y que se tienen que llevar a cabo para el correcto desarrollo de la misma. Se subdividen en:

- **Proceso (DPP):** Son aquellas detenciones que hacen posible el cubrir necesidades básicas de la operación y las cuales no se pueden evitar (ejemplo tiempo para almorzar, tiempo para charlas de seguridad, etc.)
- **Equipo (DPE):** Son aquellas detenciones que nos permiten asegurar la disponibilidad de los equipos mina (ejemplo mantención programada, inspección de neumáticos, etc.)

Standby (SB): Son aquellas detenciones en las que los procesos productivos y/o los equipos se encuentra operativos, pero por efectos ajenos a nuestra voluntad tenemos que dejarlos fuera (ejemplo, stand by por huelga interna, stand by por clima).

Con la clasificación de tiempos definida, procedemos a mostrar toda la codificación para cada una de las flotas de la mina:

Equipo	Tiempo Calendario					
	Tiempo de Producción	Tiempo Requerido				Standby
		Detenciones No Programadas		Detenciones Programadas		Standby
		Equipos	Procesos	Equipos	Procesos	
CAMION	200 Producción. 201 Entrenamiento. 239 Remanaje Bermas/Caminos 240 Remanaje Desarrollo/Rampas 241 Remanaje Mineral 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Electrica. 2003 Pana Mecanica 3094 Pana Accidente. 2005 Pana Neumatico 2007 Esperando Atencion (Mantencion) 1052 Extension Mantencion Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 404 Arreglo de Piso. 410 Problema en Chancado. 411 Bano 412 Traslado Corto 413 Problema en Pela. 414 Traslado Pasacable 434 Inspeccion Neumaticos 499 Demora Otros 454 Enfriamiento Neumatico 606 Esperando Atencion (CSC, Ericar)	1051 Mantencion Programada. 1055 Mantencion Neumaticos	401 Colacion Dia. 402 Colacion Noche. 403 Retiro de Colacion. 406 Tronadura 407 Traslado Largo 409 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunion	303 Clima. 304 Catastrofe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 399 Otros
PALA	200 Producción. 201 Entrenamiento. 211 Recuperación Línea Programa 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Electrica. 2003 Pana Mecanica. 3094 Pana Accidente 2007 Esperando Atencion (Mantencion) 1052 Extension Mantencion Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 404 Arreglo de Piso. 405 Arreglo Frente Carguio 408 Cambio Tenido Electrico 410 Problema en Chancado. 411 Bano. 412 Traslado Corto 414 Traslado Pasacable 443 Problema Sub-Estacion 446 Espera Movimiento Cable Elec. 449 Problema Cable Electrico 455 Corte de Energia Interno. 499 Demora Otros. 608 Esperando Atencion (CSC, Ericar)	1051 Mantencion Programada.	401 Colacion Dia. 402 Colacion Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 433 Cambio de Turno. 436 Reunion	303 Clima. 304 Catastrofe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 399 Otros
CARGADOR	200 Producción. 201 Entrenamiento. 211 Recuperación Línea Programa 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Electrica. 2003 Pana Mecanica. 3094 Pana Accidente. 2005 Pana Neumatico. 2007 Esperando Atencion (Mantencion) 1052 Extension Mantencion Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 404 Arreglo de Piso. 405 Arreglo Frente Carguio 410 Problema en Chancado. 411 Bano. 412 Traslado Corto 434 Inspeccion Neumaticos 455 Corte de Energia Interno. 499 Demora Otros 608 Esperando Atencion (CSC, Ericar)	1051 Mantencion Programada. 1055 Mantencion Neumaticos	401 Colacion Dia. 402 Colacion Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 409 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunion	303 Clima. 304 Catastrofe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 399 Otros
CHANCADORES	200 Producción. 201 Entrenamiento. 223 Esperando Camion 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Electrica. 2003 Pana Mecanica. 3094 Pana Accidente. 2007 Esperando Atencion (Mantencion) 1052 Extension Mantencion Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 309 Stock Alto. 425 Atoyo de Buzon. 426 Pulcord 427 Desalineamiento Correa 428 Picando Bolon. 429 Limpieza Vaciado Camiones 430 Detector de Metales. 447 Cambio de Configuracion. 448 Material Externo. 455 Corte de Energia Interno. 499 Demora Otros.	1051 Mantencion Programada.	401 Colacion Dia. 402 Colacion Noche. 406 Tronadura. 433 Cambio de Turno. 436 Reunion	303 Clima. 304 Catastrofe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 399 Otros



Equipo	Tiempo Calendario					Standby
	Tiempo de Producción	Tiempo Requerido				
		Detenciones No Programadas.		Detenciones Programadas		
		Equipos	Procesos	Equipos	Procesos	
PERFORADORA	200 Producción. 201 Entrenamiento. 233 P. Pre Corte 234 P. Amortiguado 232 Repeforación 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2005 Pana Neumático. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 406 Cambio Tendido Eléctrico 411 Baño. 412 Traslado Corto 415 Cambio de Acero 417 Sin Marcación 432 Esperando Traslado 440 Esperando Petróleo 441 Esperando Agua 443 Problema Sub Estación 449 Problema Cable Eléctrico 452 Sin Espacio Para Perforar 453 Esperando Acero 455 Corte Energía Interno 495 Armado y Desarme Convoy 457 Chequeo Profundidad Pozo 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada.	401 Colación Día 402 Colación Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible 416 Relleno de Agua 423 Cambio de Turno. 436 Reunión	303 Clima. 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros
Aguadores	201 Entrenamiento 237 Regando 238 Desplazamiento 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2005 Pana Neumático. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 411 Baño 451 Carguío Cachimba 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada	401 Colación 402 Colación Noche 406 Tronadura 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunión 450 Clima Tronadura	303 Clima. 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros
Motonevadoras	201 Entrenamiento 227 Desarrollo Perforación 228 Desarrollo Extracción 231 Batidero o Exterior Mina 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2005 Pana Neumático. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 411 Baño 412 Traslado Corto 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada	401 Colación Día 402 Colación Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunión. 450 Clima Tronadura.	303 Clima. 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros
Tractores Neumáticos	201 Entrenamiento 227 Desarrollo Perforación 228 Desarrollo Extracción 231 Batidero o Exterior Mina 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2005 Pana Neumático. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 411 Baño 412 Traslado Corto 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada.	401 Colación Día 402 Colación Noche. 406 Tronadura 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible 433 Cambio de Turno. 436 Reunión 450 Clima Tronadura.	303 Clima 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros
TRACTORES ORUGAS	201 Entrenamiento 227 Desarrollo Perforación 228 Desarrollo Extracción 228 Back Suñero 230 Sack Oxide 231 Batidero o exterior mina 299 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 411 Baño. 412 Traslado Corto 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada.	401 Colación Día 402 Colación Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunión	303 Clima 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros
Enrollacable	200 Producción. 201 Entrenamiento. 200 Producción Otros	2001 Pana no Clasificada. 2002 Pana Eléctrica. 2003 Pana Mecánica. 2004 Pana Accidente. 2005 Pana Neumático. 2007 Esperando Atención (Mantencción) 1052 Extension Mantencción Programada	301 Detenido con Operador. 302 Detenido sin Operador. 411 Baño. 412 Traslado Corto 499 Demora Otros 608 Esperando Atención (CSC, Encar.)	1051 Mantencción Programada.	401 Colación Día 402 Colación Noche. 406 Tronadura. 407 Traslado Largo 408 Carga Combustible. 433 Cambio de Turno. 436 Reunión. 450 Clima Tronadura.	303 Clima. 304 Catastrófe Natural. 305 Problema Interno. 306 Problema Externo 308 Otros



Una vez definida la codificación para cada uno de los procesos y equipos de la mina, se procede a crear los KPI, los que nos permiten conocer cómo se está realizando la operación minera. Mediante estos números también es posible realizar una comparación con los estándares establecidos para cada proceso. Por tal razón se han convertido en una herramienta esencial para la gerencia de la operación.

III.1.15 KPI para el Área de Mantenimiento

Disponibilidad Física (DF)

Mide el % del tiempo total, que el equipo estuvo mecánicamente apto para ser usado.

$$DF(\%) = \frac{TR - (DPE + DNPE)}{(TR)} \times 100$$

TR: P+DPE+DPP+DNPE+DNPP

Disponibilidad Mecánica (DM)

Mide el % del tiempo total, que el equipo estuvo mecánicamente apto para ser usado, descontándole los equipos detenidos por accidente.

$$DM(\%) = \frac{TR - (DPE + DNPE - DNPE_{accidente})}{(TR)} \times 100$$

TR: P+DPE+DPP+DNPE+DNPP



Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

Nos muestra cuán frecuente son las paradas de un equipo debido a fallas que involucran al área de mantención. Este valor sirve para determinar la confiabilidad del equipo.

$$MTBF(h) = \frac{P}{NDMN}$$

NDMN: Número de detenciones por mantención.

Confiabilidad (D)

Efectividad y certeza al reparar el equipo.

$$D(\%) = \frac{MTBF}{(MTBF + DPE)} \times 100$$

III.1.16 KPI para el Área de Operaciones Mina

Utilización (U)

Mide el % del tiempo que el equipo estuvo utilizándose respecto al tiempo de producción.

$$U(\%) = \frac{P}{P + DPP + DNPP} \times 100$$

Productividad (PR)

Mide la cantidad de unidades de producción que realizó el equipo por tiempo neto de trabajo.

$$U = \frac{\text{Unidad de Producción}}{P + DPE + DNPE - (DNPP)}$$

III.1.17 Resultados Obtenidos con la Instalación de la Fase I

Una vez de terminada la instalación de la Fase I del Proyecto Despacho Monitoreo Integración (DMi), surge la necesidad de analizar la ganancia que involucra en la operación la adquisición de esta enorme herramienta de Gestión.

Es en este contexto, que la comparación se hace mas que una necesidad, razón por lo cual llega el momento de evaluar los 12 primeros meses de operación del Sistema Dispatch vs. la anterior herramienta de Gestión ocupada por Minera Escondida Limitada. Los resultados de este exhaustivo análisis, que solo involucró a los 105 camiones que tiene la mina, nos arrojó los siguientes resultados.

	Wenco	MMS	Diferencia	Total
Tiempo de Camión Esperando Pala / Tiempo Efectivo	8.04%	7.30%	9.22%	2.31%
Toneladas / Hora Operativa (Camión)	554.50	598.88	-8.00%	4.00%
Toneladas / Kilómetro Hora Operativa (Camión)	4239.42	4431.64	-4.53%	1.13%
Total				7.44%

- Una disminución del 2.31% del tiempo que los camiones están esperando en cola con respecto al tiempo total efectivo.
- Un incremento del 4% en las toneladas por hora operativa de los camiones mina.

- Un incremento del 1.13% de las toneladas kilómetro por hora operativa.

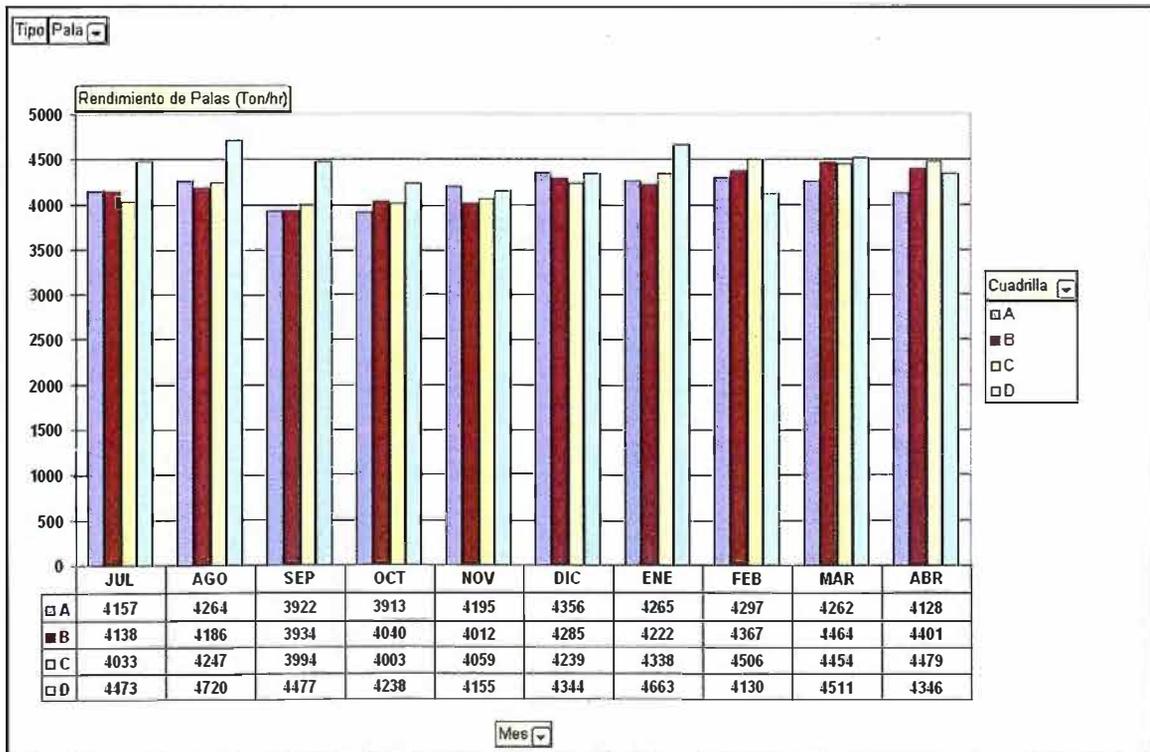
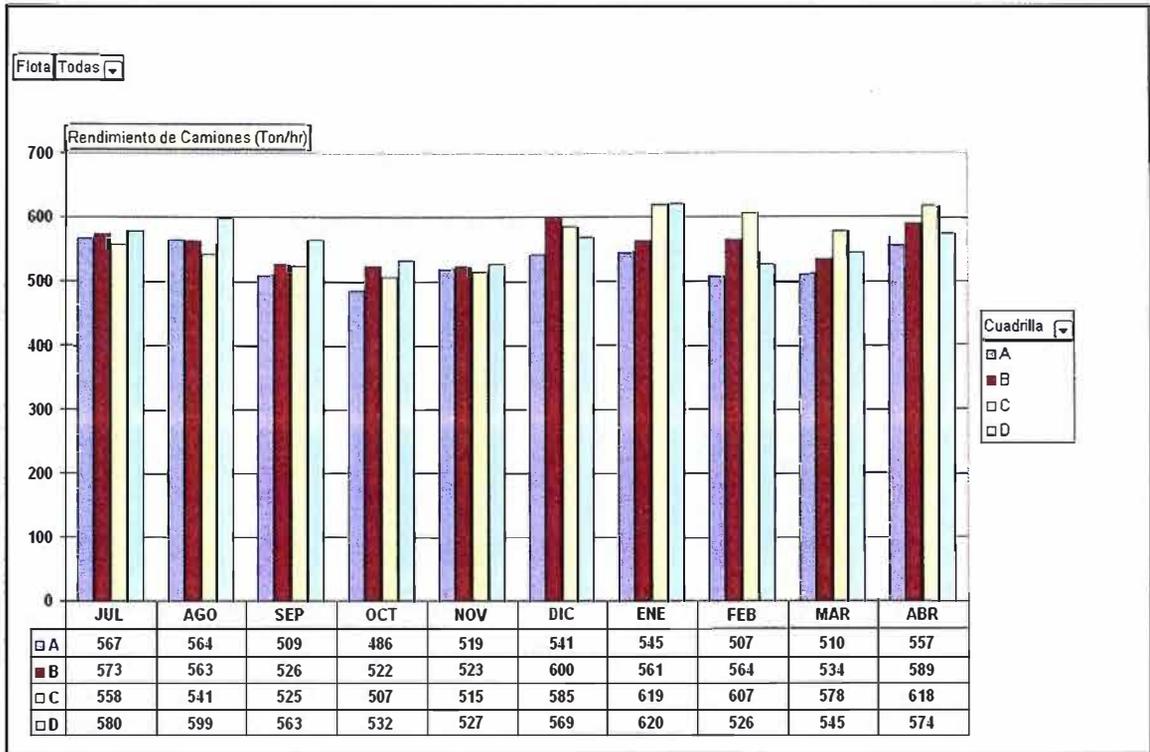
Los resultados anteriormente mostrados, fueron auditados no solo por el contralor general de la empresa, sino que llego a niveles Corporativos, ya que este alto porcentaje de incremento significo para Modular Mining System la adquisición de un bono de acuerdo a contrato del 10% de la inversión total (aprox. \$US 1'000,000).

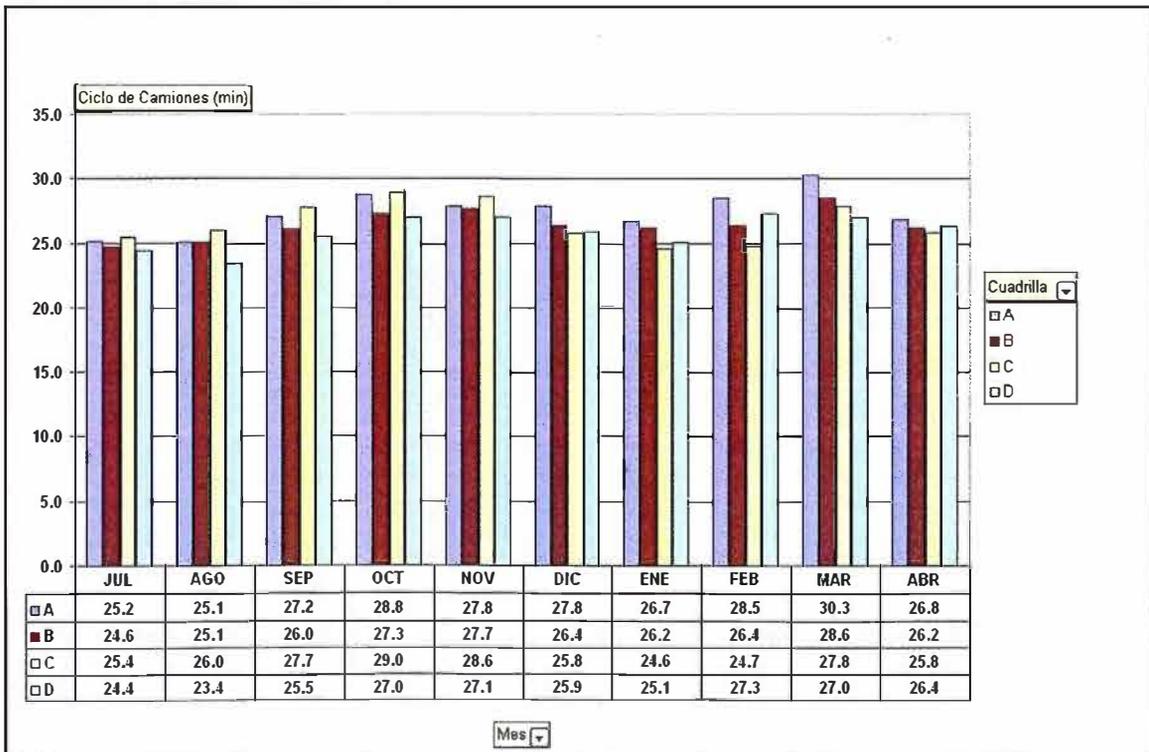
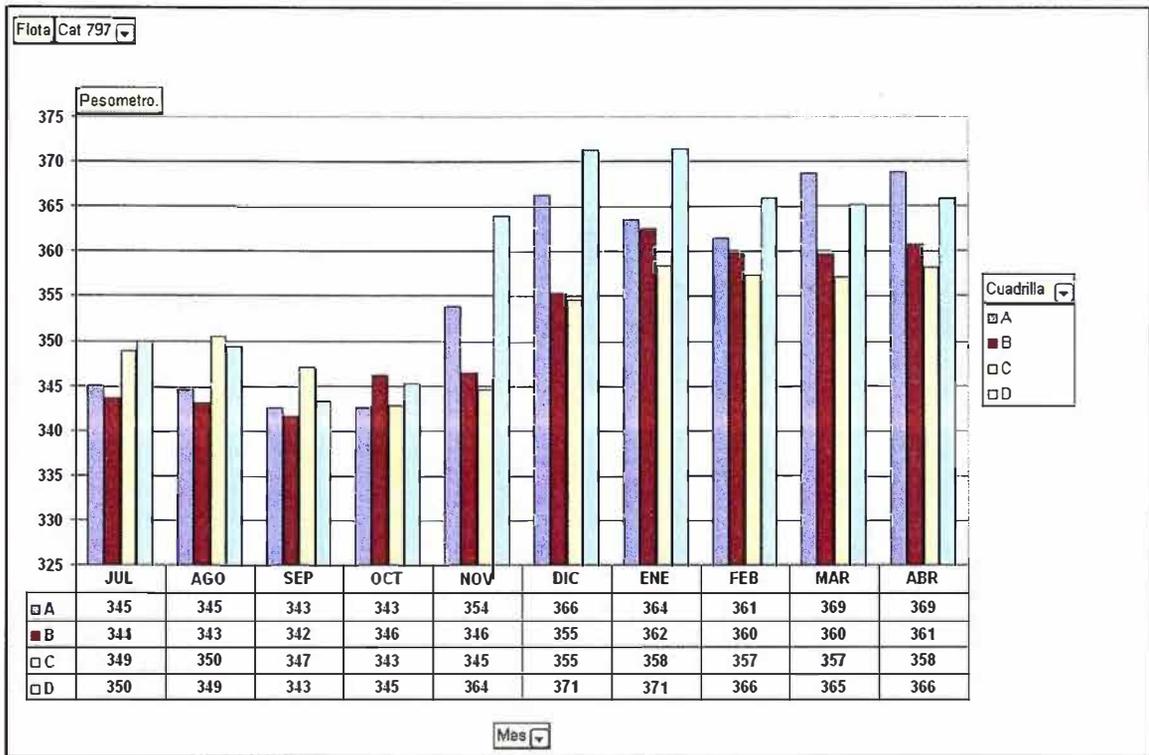
III.1.18 Mejora Continua de las Operaciones Mineras

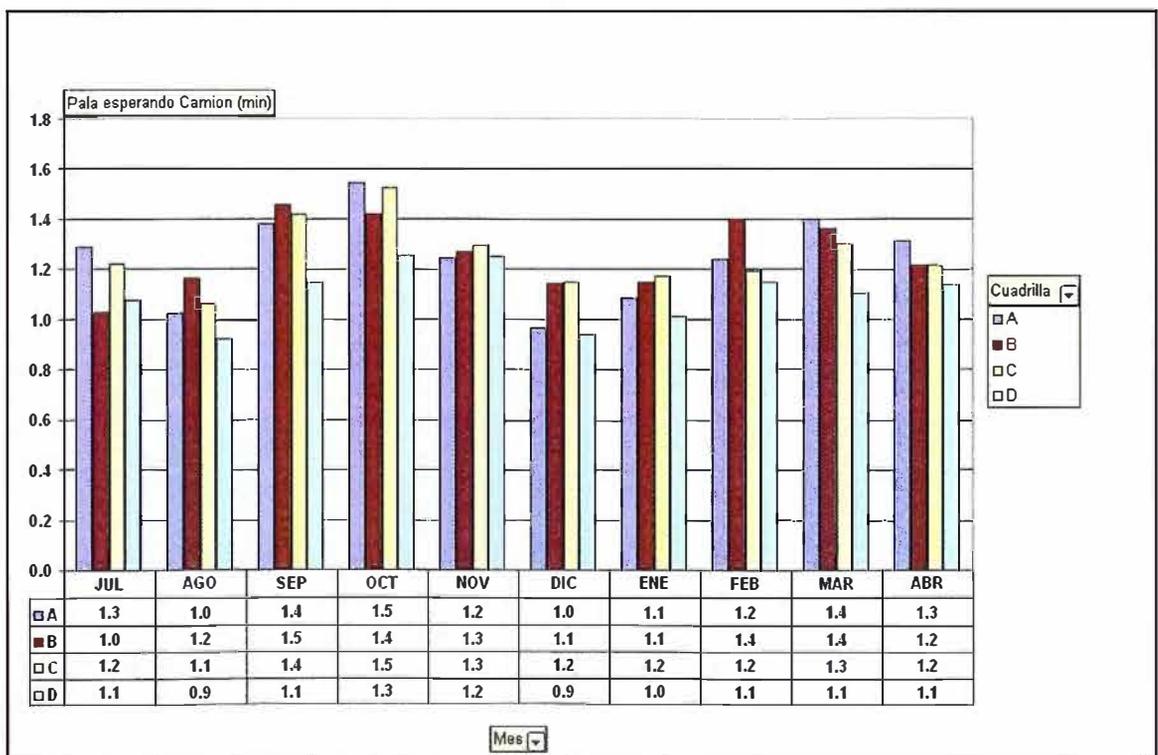
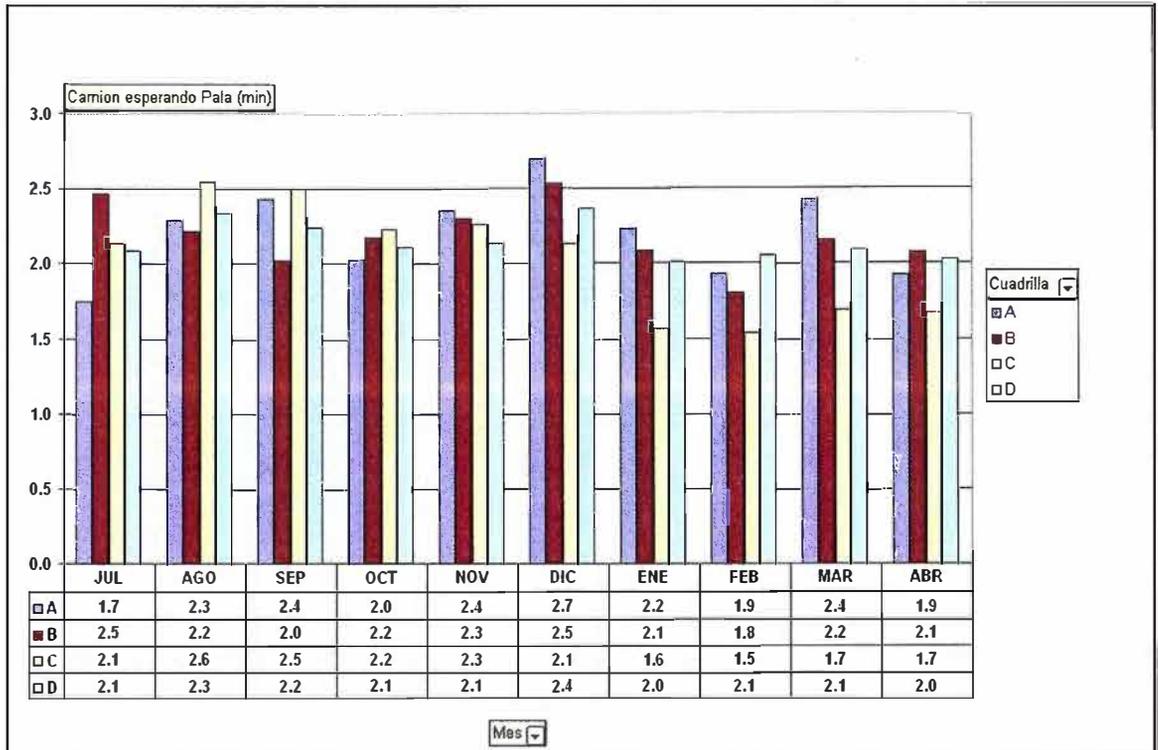
La instalación del sistema Dispatch ha permitido obtener grandes resultados en el global de la operación y por ende en cada una de las actividades que la conforman. Es en este sentido que se crea la necesidad de llevar un control mes a mes de los distintos KPI definidos para la operación, a fin de encontrar las mejoras practicas en cada uno de los turnos y hallar oportuidades de mejora.

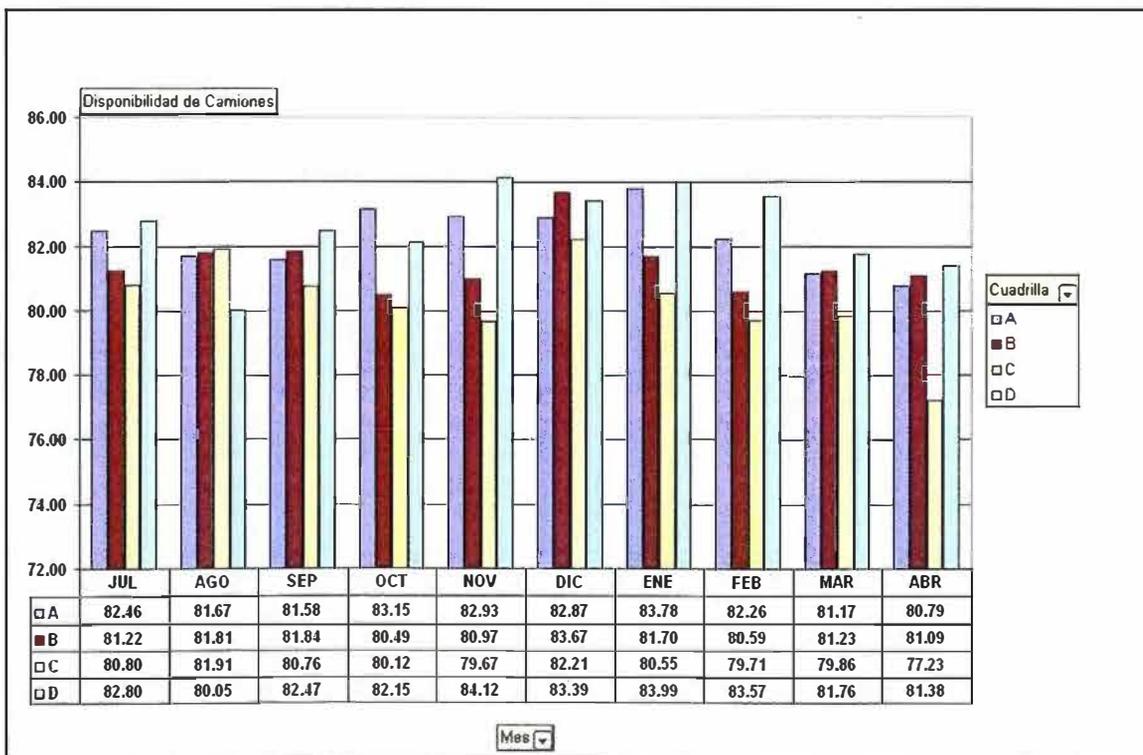
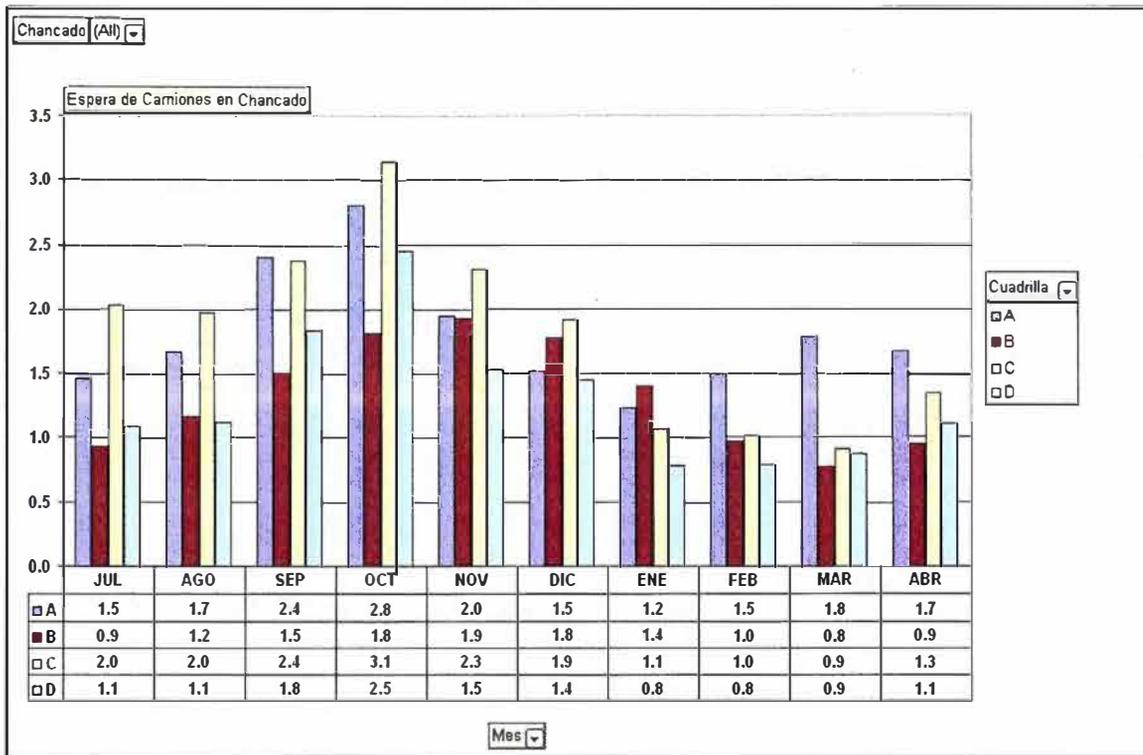
Estos análisis mensuales, nos han conllevado a mejoras paulatinas en cada uno de las actividades criticas de la operación, dándole especial énfasis al acarreo y transporte de material (el cual equivale al 60 % del costo total de minado). Con las herramientas ofrecidas por el sistema Dispatch, se logra llevar un control minuto a minuto, el cual se ve reflejado a fin de mes, una vez emitido el reporte oficial a la gerencia.

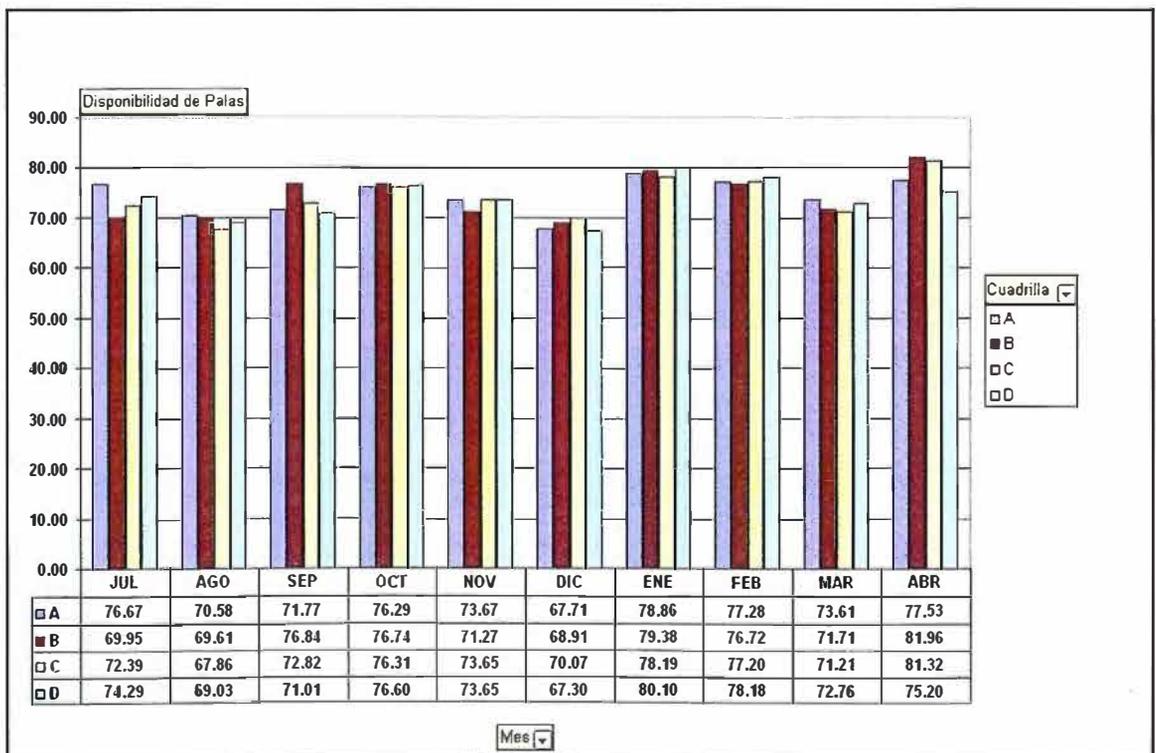
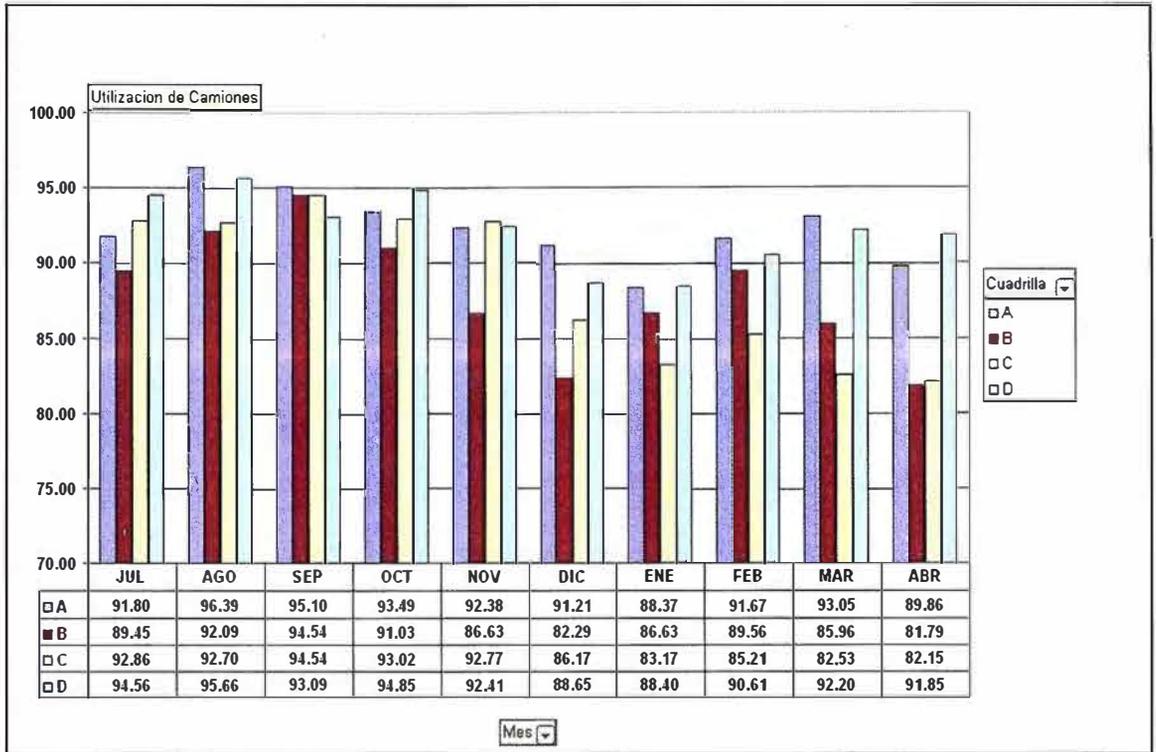
Entre los principales análisis tenemos:

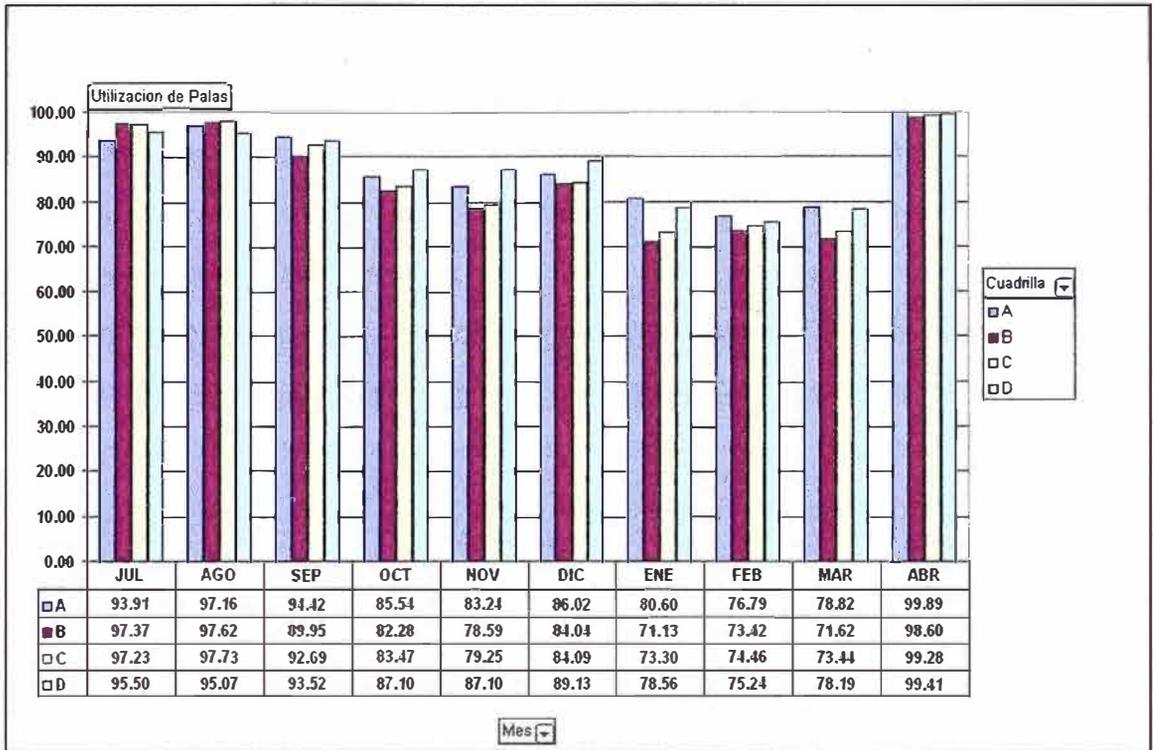












III.2 Fase 2

La fase II del Proyecto Despacho Monitoreo Integración (DMi), involucra la instalación en forma completa del software de gestión de mantenimiento MineCare, el cual se detalla a continuación:

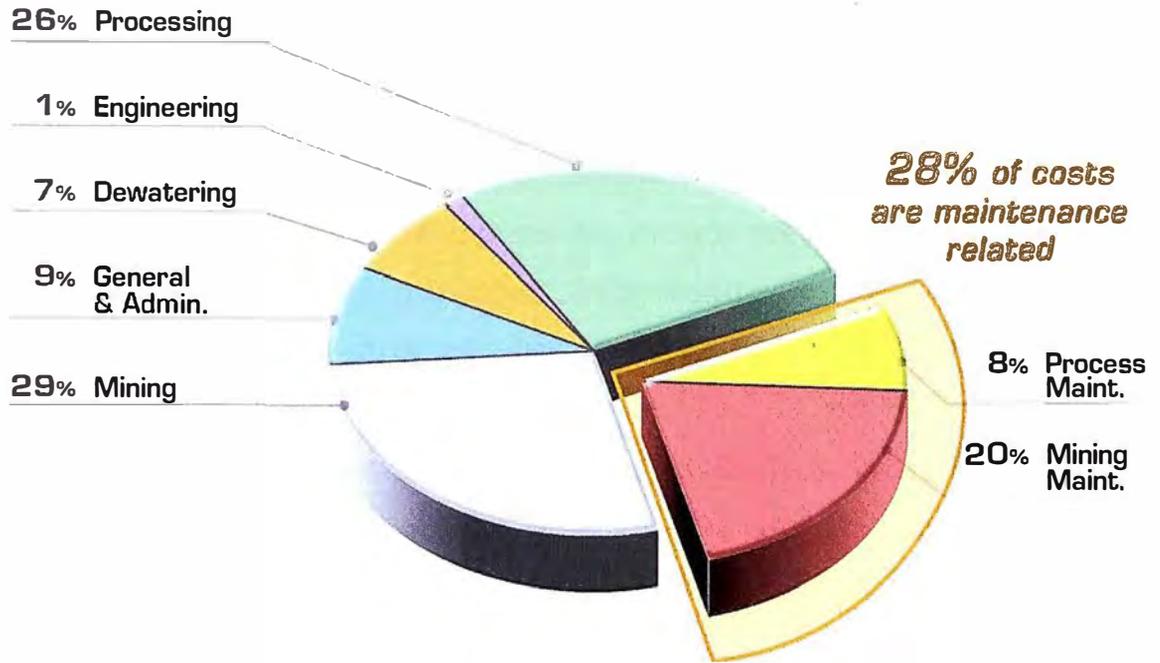
III.2.1 Resumen

El aumento de los costos operacionales está obligando a muchas compañías de explotación minera a tajo abierto a realizar reducciones significativas de los costos para poder mantenerse competitivas. El mantenimiento continua representando una parte significativa de los gastos operacionales de la industria minera.

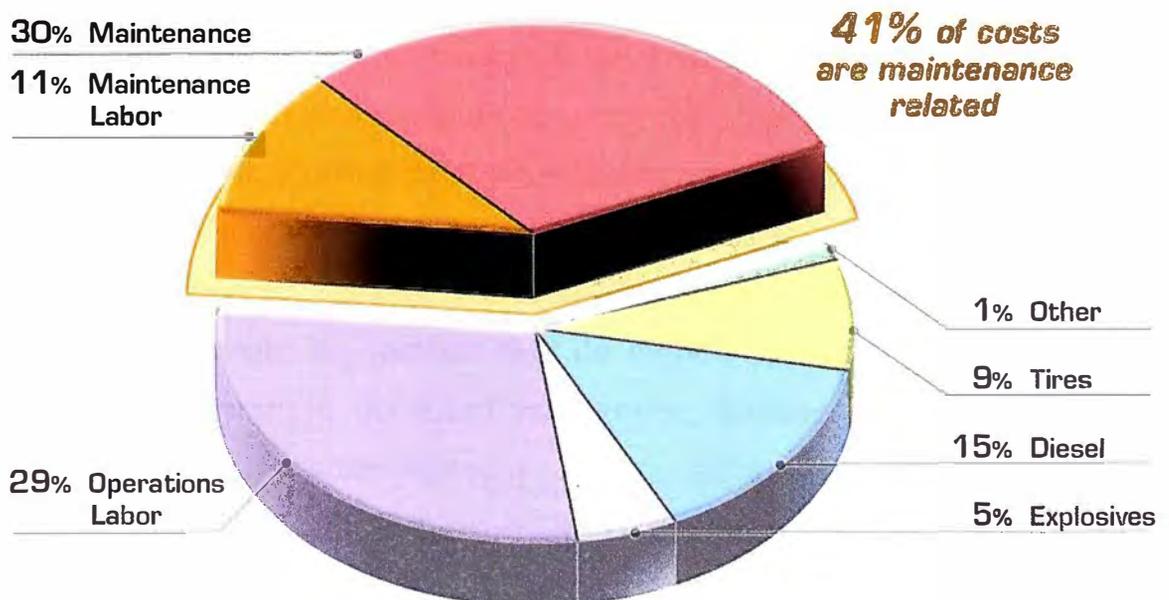
Sector	% Gastos Mantenimiento
Minería	20 a 50
Metales Primarios	15 a 25
Manufactura	5 a 15
Elaboración	3 a 15
Fabricación y Ensamblaje	3 a 5

Tabla de porcentaje de gastos en mantenimiento J. Dixon Campbell, UPTIME, 1995

Costos de Extracción de una mina a tajo abierto



Costos de Minado en un tajo abierto



Sin embargo, se ha realizado poco esfuerzo en optimizar el mantenimiento comparado con el esfuerzo realizado en los otros componentes de los costos operacionales. La rentabilidad potencial de la optimización del mantenimiento en el costo de la producción del cobre es enorme. Un gran porcentaje de estos costos, se debe a acontecimientos de mantenciones no programadas, las que por lo general producen interrupciones importantes en el proceso de producción. Estas pérdidas de producción inducidas por el mantenimiento pueden ser parte significativa de los gastos totales de la explotación. Un mantenimiento proactivo y estructurado, utilizando los últimos avances tecnológicos, puede conseguir una importante reducción de costos, además de un aumento de productividad.

Los sistemas de monitoreo remoto de condiciones, es el caso de la herramienta MineCare, se están convirtiendo cada vez mas comunes por tener el potencial de identificar problemas antes de que ocurra la falla. La detección anticipada a la falla de degradaciones en los equipos permite realizar reparaciones programadas, logrando reducir los costos e interrupciones de producción. La tecnología de monitoreo remoto de condiciones se ha desarrollado rápidamente en los últimos años, con un nuevo set de herramientas disponibles para asistir a los mantenedores de equipos mina en la mejora del proceso de mantenimiento. Estas herramientas tienen capacidades como: monitoreo remoto en tiempo real de signos vitales y monitoreo de desempeño, manejo de alarmas/eventos, análisis de tendencias y eventualmente, administrador del flujo de trabajo de mantenimiento. Si estas herramientas de monitoreo son usadas en conjunto con un sistema de administración minera (como

IntelliMine), los datos de signos vitales pueden ser integrados y asociados a mantenciones históricas, datos de mantenciones predicativas, información operacional e información geográfica. Esta integración hace posible que al administrar los datos críticos de mantenimiento, se logre cambiar el paradigma del mantenimiento de equipos de reactivo a proactivo.



Islas de Información del Sistema MineCare

III.2.2 Introducción

La industria de explotación minera se esta moviendo hacia el uso de equipos de transporte y de carga mas grande en un continuo intento de mejorar la productividad y de disminuir los gastos por tonelada. Debido a esto resulta crucial utilizar técnicas sofisticadas de control y monitoreo en la administración de estas maquinas.

En el área de Mantenimiento Mina Escondida, y específicamente los responsables de Ingeniería de Mantenimiento, al igual que en otros departamentos de mantenimiento, están tendiendo a cambiar a tecnologías de mantenimiento predictivo para mejorar los programas de mantenimiento. El método actual de realizar la colección de datos en terreno representa un gasto en términos de disponibilidad y producción, puesto que es necesario detener los equipos para intervenirlos y en la mayoría de los casos, las fallas son detectadas muy tarde. Junto con ello, estas tecnologías son difíciles de manejar y de integrar, ya que por lo general, cada interfaz OEM utiliza su propio computador y base de datos. El monitorio remoto de condiciones esta surgiendo como una solución efectiva para acceder a esta tecnología y cuando es introducida en conjunto con un sistema de comunicaciones de banda ancha puede entregar acceso efectivo a los datos.

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con un sistema con dichas características, Modular Mining Systems tiene a disposición del cliente un nuevo producto llamado MineCare. MineCare es un sistema que permite gestionar el mantenimiento en línea, puesto que se trata de una herramienta que es capaz de monitorear remotamente la condición de los diferentes sistemas de los equipos

mina en tiempo real. Apoyándose en la red de comunicaciones inalámbrica de banda ancha, MasterLink, la cual es utilizada para la operación del sistema de administración minera Dispatch, es posible transportar toda la información requerida por MineCare para mejorar el mantenimiento de los equipos mina.

MineCare se presenta como una alternativa totalmente factible para ayudar a mejorar la gestión del mantenimiento, en particular en minas con un parque significativo de equipos como Escondida.

III.2.3 Identificación de las necesidades del área de Mantenimiento

Los departamentos de mantenimiento de las minas en el mundo están orientándose cada vez mas hacia tecnologías de mantenimiento predictivo para completar sus programas de mantenimiento existentes. Las tecnologías predictivas tienen el potencial de identificar problemas antes de que se produzca la falla, permitiendo programar las reparaciones con el fin de reducir los costos en interrupciones de la producción.

Las tecnologías de mantenimiento predictivo que tradicionalmente están a la disposición de la mayoría de las minas incluyen desde pruebas ultrasónicas hasta análisis de vibraciones. Para realizar las inspecciones que requiere esta tecnología, generalmente se requiere apagar el equipo o removerlo de la actividad de producción. Por lo tanto, los costos de estas inspecciones en términos de la pérdida de disponibilidad y de producción pueden ser altos. Los planificadores de mantenimiento deben saber sopesar y decidir entre el costo de estas inspecciones y la probabilidad de una falla, del modo de falla y

las consecuencias de la falla, para poder determinar apropiadamente el periodo con el cual se realizaran las inspecciones a cada subsistema o componente.

Los equipos de monitoreo OEM tienen la capacidad de supervisar continuamente una gran cantidad de signos vitales. Típicamente, cuando es detectada una condición anómala por el sistema de monitoreo, este le hace una notificación al operador del equipo. El operador puede ignorar la alarma o detener el equipo a la espera de personal de mantenimiento de terreno, quienes se conectan al equipo y obtienen los datos a través de un laptop (computador portátil). Como resultado, algunos eventos críticos son ignorados; por otro lado cuando ocurren falsas alarmas se produce un tiempo de no disponibilidad del equipo que se va acumulando innecesariamente. Sin un sistema encargado de la administración de la colección remota, transmisión, filtro de datos, integración y manejo de datos y de la información de estos sistemas de monitoreo OEM, su utilidad se relega a la de un sistema sofisticado de diagnóstico mas bien que a una tecnología productiva de mantenimiento. La integración de esta tecnología en los programas de mantenimiento ha sido obstaculizada por la diversidad de herramientas computarizadas de análisis, ya que cada sistema de monitoreo requiere su propio computador, sistema operativo y base de datos.

El monitoreo remoto de condiciones de equipos móviles de la mina ha quedado detrás del mantenimiento predictivo tradicional debido a factores técnicos y económicos, relacionados con la recuperación de datos de los sistemas OEM a través de un sistema

dedicado de telemetría. En el aspecto técnico, resulta complejo transmitir esta información a través de dispositivos 3rd party, por la diversidad de estándares en el hardware y los diferentes protocolos de comunicación de cada OEM. Modular Mining Systems (MMS) ha desarrollado interfaces rentables que recolectan y procesan alarmas, tendencias, y datos en tiempo real de sensores de los principales dispositivos de monitoreo OEM. Esta información es transmitida a través de la red de comunicaciones inalámbrica MasterLink a un servidor que analiza, almacena y despliega en tiempo real esta información.

El monitoreo remoto de condiciones esta considerado como una de las principales tecnologías para reducir los costos de mantenimiento y aumentar la producción de la mina a través de un aumento de la confiabilidad. Para facilitar la transformación de los sistemas de monitoreo OEM de sistemas de diagnostico/detección de fallas a un sistema tecnológico de mantenimiento predictivo, se requiere un sistema de comunicaciones con un gran ancho de banda combinado con un software con herramientas de soporte para técnicos, ingenieros, planificadores y analistas principalmente.

III.2.4 Descripción del Sistema

La tecnología del monitoreo de condiciones ha demostrado ser una herramienta esencial para un programa de mantenimiento proactivo. La clave para el éxito de esta tecnología es el uso adecuado de cada una de sus aplicaciones. La eficacia de una herramienta de monitoreo sofisticada puede ser degradada si no se utiliza correctamente y dentro de contexto. Esta tecnología no puede existir como una herramienta aislada, si no que se debe integrar a

las otras herramientas e información de mantenimiento para ser completamente eficiente. Los datos generados en estos sistemas de monitoreo deben ser integradas con otra información disponible, a modo de tener un cuadro global de cómo el sistema esta interactuando.

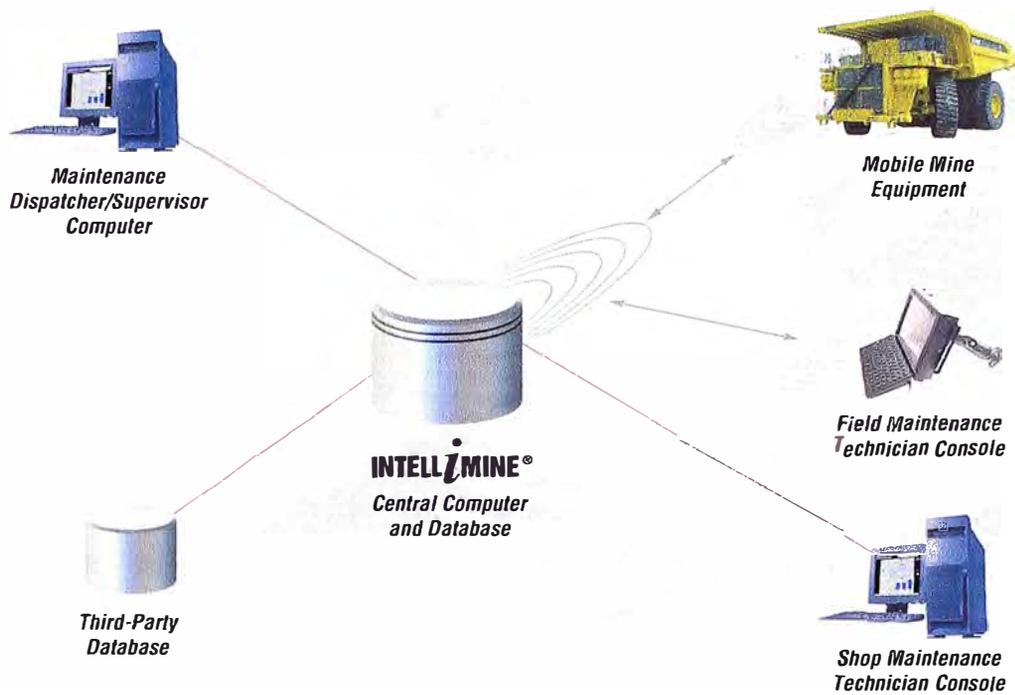
Los principales equipos de operaciones mineras están equipados con una gran gama de sensores para monitorear el estado de los sistemas mas críticos. En un camión típico hay diferentes sistemas desde los cuales pueden generarse condiciones de monitoreo tal como: motor diesel, sistema de activación, payload, neumáticos, vibración y sistemas de monitoreo de aceite. Actualmente una operación típica de mantenimiento puede tratar de monitorear muchos de estos sistemas y coleccionar y almacenar datos. La información de cada sistema es almacenada en su propia base de datos y no es almacenada en relación a los datos de otro sistema EOM. La efectividad de estos datos es reducida considerablemente y el potencial y valor de dichos datos nunca serán utilizados efectivamente.

La gran cantidad de información disponible para el departamento de mantenimiento no debe permanecer como islas de información. La integración de los datos mostrara el verdadero potencial del monitoreo de condiciones. La dificultad que muchas minas enfrentan, al intentar aplicar esta tecnología a sus operaciones de mantenimiento, es que se genera una cantidad impresionante de datos, los que a menudo resulta extremadamente difícil de manejar. Si estos datos son manejados adecuadamente, las rentabilidades pueden ser enormes, devolviendo a la mina la

inversión que hayan realizado en este sistema de monitoreo. Para ayudar a resolver la necesidad de utilizar y de manejar correctamente estas nuevas tecnologías en la industria de explotación minera optamos por usar MineCare.

El objetivo de MineCare es entregar al departamento de Mantenimiento Mina la capacidad de coleccionar alarmas y tendencias desde los dispositivos de monitoreo OEM, es decir una variedad de herramientas para asistir la planeacion del mantenimiento, detección de fallas y su ejecución. El acceso remoto a las utilidades de MineCare es posible gracias a la red de comunicaciones MasterLink, la cual extiende la red de área local (LAN) de la mina a otras regiones de operaciones. MineCare fue diseñado para ser altamente configurable adaptándose a la variedad de flujos de trabajo que utilizan las minas para conducir las tareas de planeacion a las etapas de ejecución y terminación. Considerando que el personal de la mina utilizara esta tecnología diariamente, el factor humano fue tomado siempre en consideración durante el diseño de cada modulo.

MineCare es un software diseñado para trabajar en MS WINDOS y esta integrado por seis módulos, los cuales son capaces de operar independientemente o como un paquete de mantenimiento integrado. Los datos contenidos dentro de las bases de datos de MineCare pueden ser integrados con sistemas de ordenes trabajo, análisis de aceites y análisis de vibración. Una interfaz al sistema de gestión minera DISPATCH permite obtener información operacional, geográfica y del estado del equipo para ser colectada e integrada con los datos MineCare.



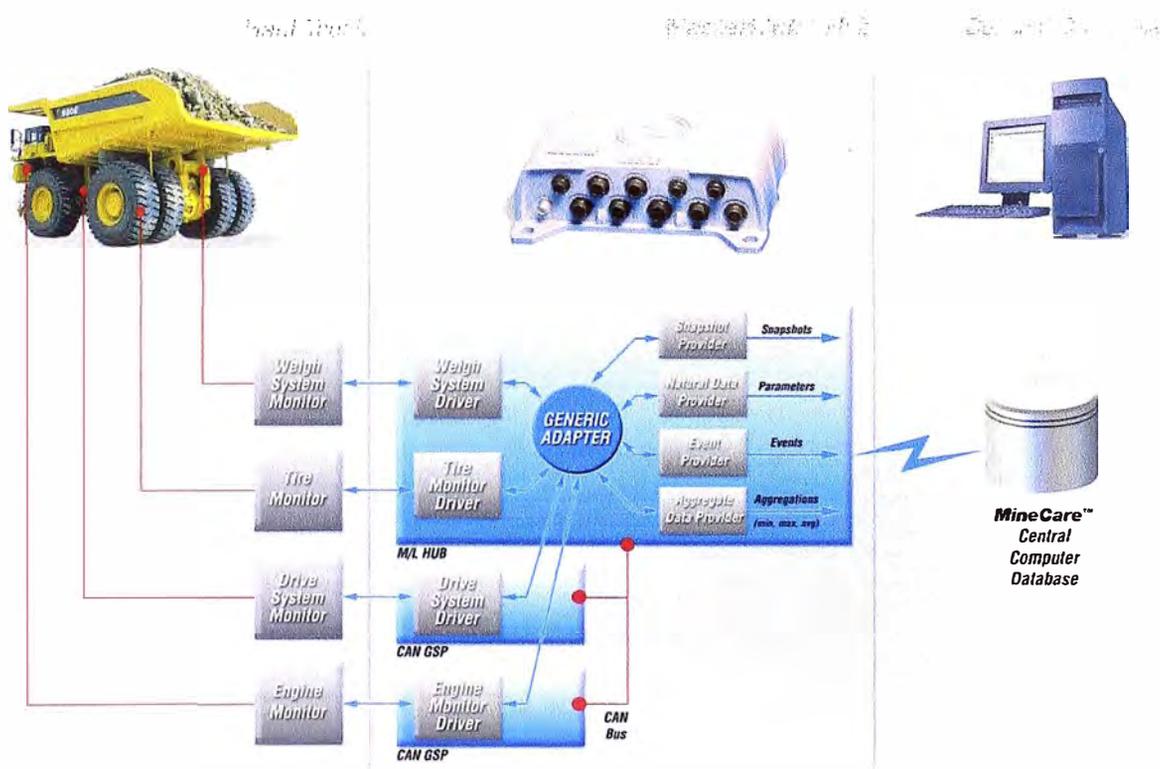
Flujo de Información

III.2.5 Aplicaciones y Utilidades

El servidor del sistema MineCare recibe información desde los equipos de campo, procesa esta información y la distribuye a las diversas aplicaciones. Esta información incluye alarmas OEM y parámetros OEM. Pero, ¿Toda la información entregada por el OEM debe ser enviada al sistema MineCare? Para responder esta pregunta debemos tener en cuenta que computador OEM entrega los valores de una lista de parámetros que el es capaz de medir, esta lista de valores es actualizada en algunos EOM cada 1 segundo. Esta enorme cantidad de información no puede ser enviada al sistema por dos motivos. En primer lugar, la mayoría de estos datos no contiene información importante. Por ejemplo, si el camión se encuentra sin carga, ¿Le interesaría saber cada 1 segundo la información del

pesómetro sobre el tonelaje que lleva el camión?. Otro ejemplo, si el camión está operando normalmente, ¿ Es relevante estar recibiendo información continuamente sobre los parámetros del motor bajo esta condición? En segundo lugar, se debe tener en cuenta que este canal de comunicación es utilizado por el área de operaciones mina para la utilización del sistema IntelliMine, por lo que se debe hacer un uso optimizado de dicho canal.

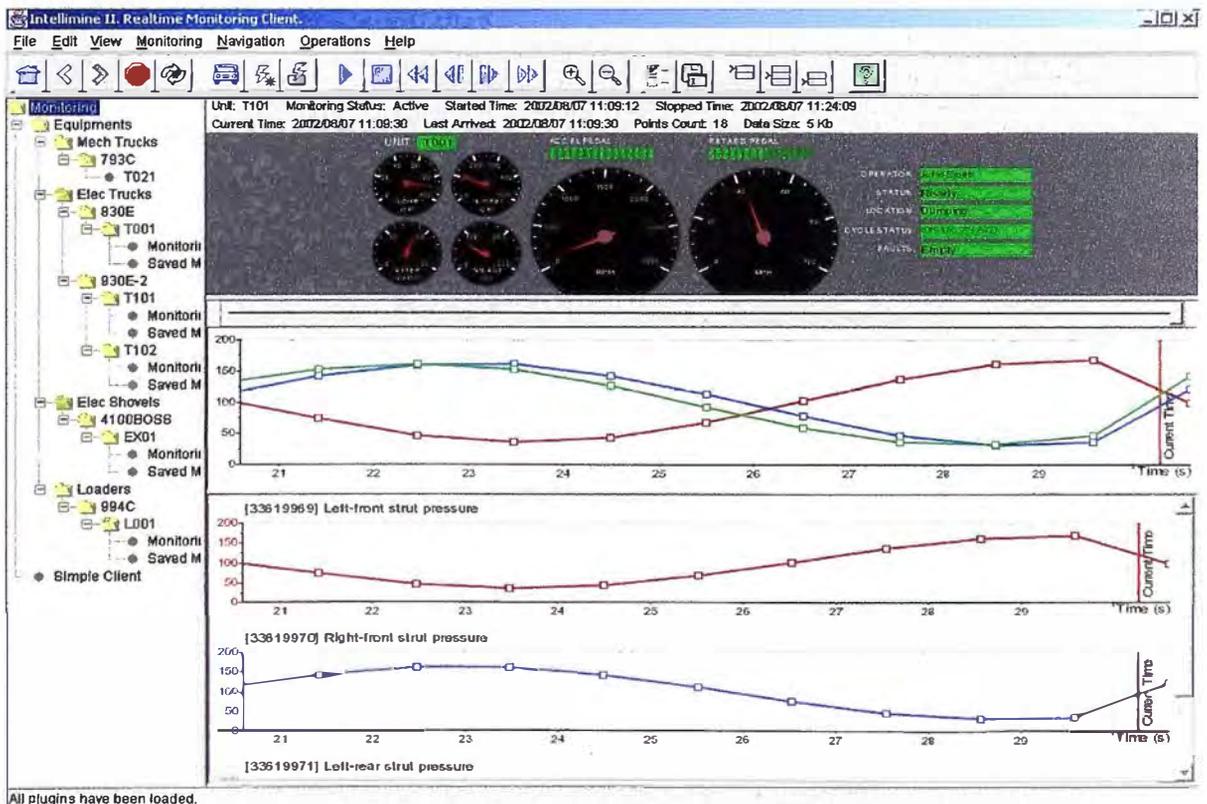
Para poder llevar a cabo la elección de que información debe ser dirigida hacia el servidor del sistema MineCare a través de la red MasterLink, se le ha otorgado una inteligencia local a los instalados en los camiones.



Equipos Principales

III.2.6 Monitoreo en Tiempo Real

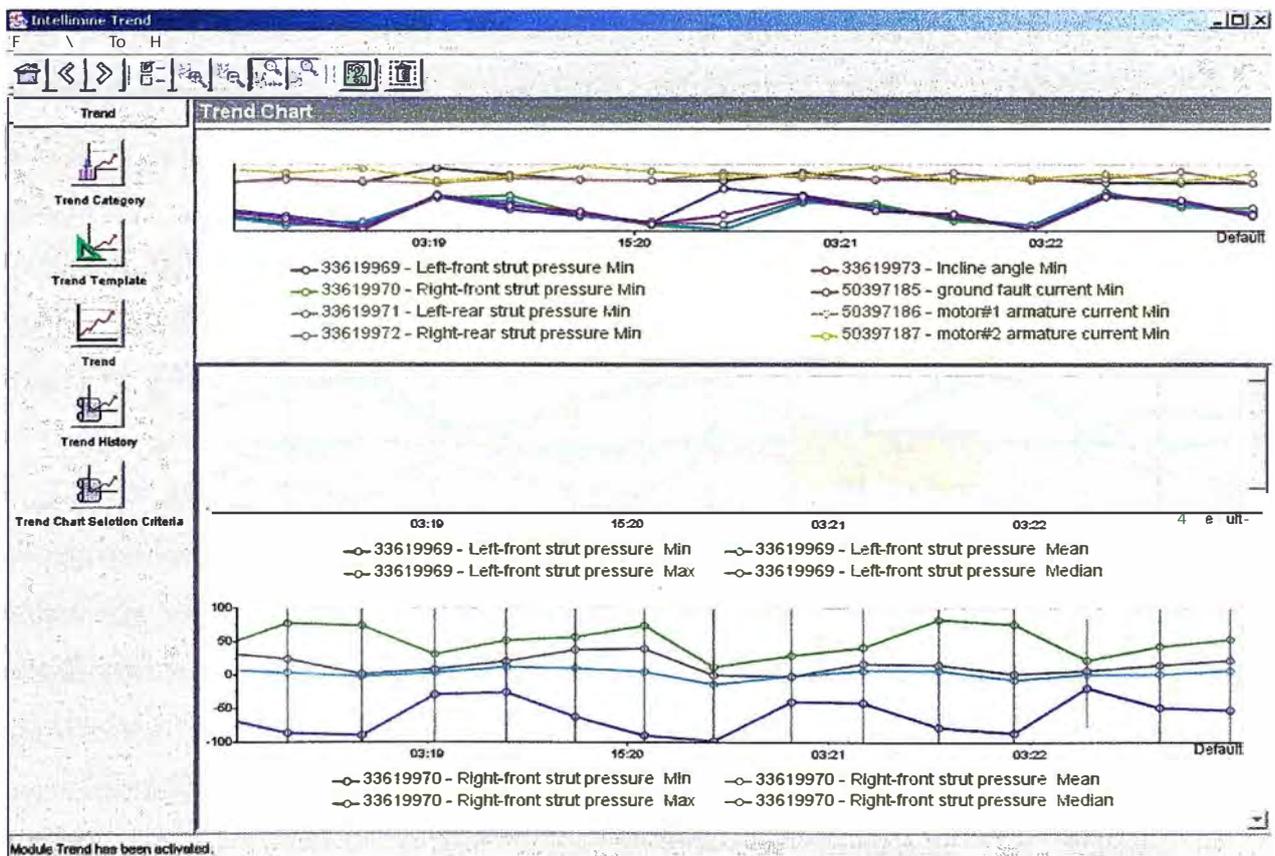
La herramienta de monitoreo de desempeño y de condiciones permite al personal de mantenimiento tener acceso remoto a los signos vitales de los sistemas OEM. Los usuarios definen el equipo y los parámetros que desean monitorear. Una sesión de monitoreo comienza entregando al usuario una interfaz para ver los datos de manera informativa y flexible. Otras características como la vista del panel analógico de control, representación grafica de los datos y la capacidad de utilizar datos guardados hacen que la información sea accesible y utilizable. El poder ver el panel de control permite al usuario tener una vista global de la condición actual de operación del equipo. La representación grafica de los datos es modificable y permite escalar y combinar los parámetros monitoreados.



Ventana de Monitoreo en tiempo real

III.2.7 Análisis de Tendencias

El análisis de tendencias es la técnica de mirar datos sobre un periodo de tiempo extendido para determinar interacciones y tendencias en los datos. La aplicación del análisis de tendencia de datos del monitoreo de condiciones apoya directamente a un enfoque proactivo de la conducción del proceso del mantenimiento. Los problemas potenciales se pueden identificar en su inicio y una apropiada acción correctiva puede ser planeada por adelantado. Esto reducirá al mínimo la ocurrencia de perdidas de producción relacionadas al mantenimiento, aumentando la capacidad del equipo.

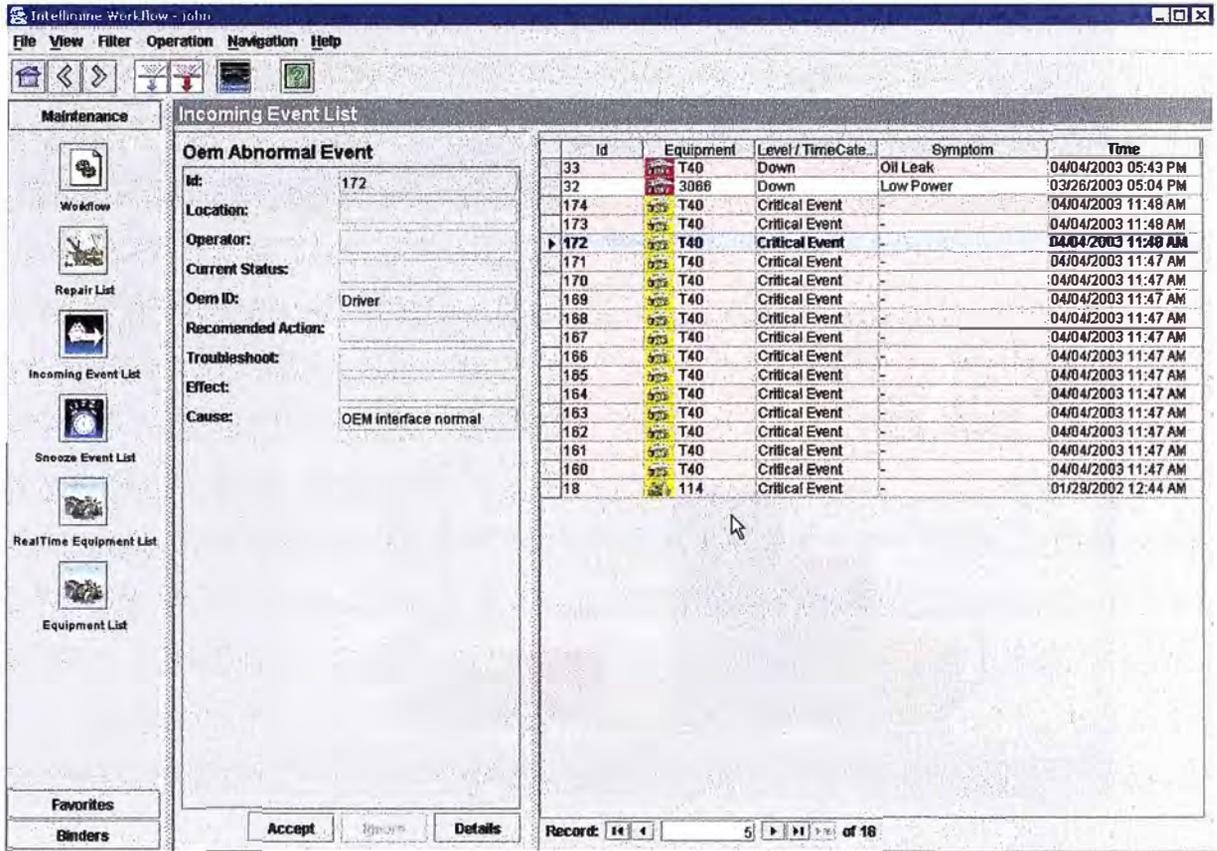


Ventana de análisis de tendencias

III.2.8 Manejo de Alarmas/Eventos

Muchos sistemas de monitoreo OEM tienen la capacidad de detectar condiciones anormales durante la operación del equipo antes de que ocurra la falla. Las alarmas que generan estos sistemas, así como también las alarmas definidas por los usuarios en MineCare pueden ser dirigidas hacia el personal de mantenimiento considerando criterios de ruteo configurados por los usuarios. Las alarmas críticas pueden ser ruteadas directamente a la utilidad de Manejo de Alarmas. El usuario podrá mirar reparaciones históricas, datos de mantenciones predictiva, información operacional y cualquier otro dato de soporte como parte del proceso de validación. Esta información le entrega al usuario una visión clara y global del estado de otros sistemas del equipo. La detención de degradaciones en los equipos previas a la falla permitirá realizar mantenciones programadas, reduciendo costos e interrupciones de producción. Un registro de mantenimiento se creará por cada actividad de reparación que ocurra. Esta utilidad será usada continuamente por el departamento de mantenimiento de la mina, sirviendo como foco para la gestión de los datos del monitoreo de condiciones.

El beneficio de esta tecnología no solo será provechoso para el departamento de mantenimiento, sino más bien para toda la mina. Esto se logra otorgando a la mina más control sobre el proceso de mantenimiento, reduciendo los costos de mantenimiento y aumentando la disponibilidad, lo que se traduce en un aumento de la producción, extensión de los intervalos de servicio y la vida del componente, evitar fallas catastróficas y mejorar los planes y prácticas de mantenimiento.



Ventana de Eventos Entrantes

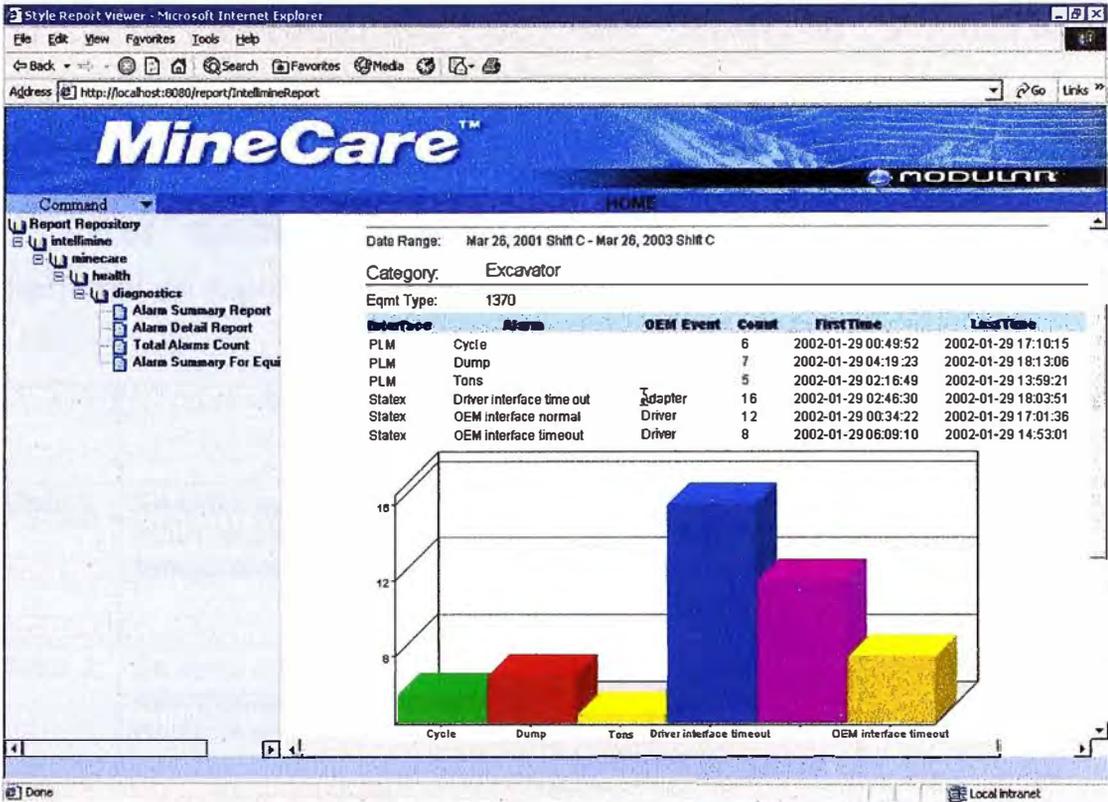
III.2.9 Creación de Reportes

Permite organizar y presentar información de mantenimiento basada en reportes históricos de Alarmas y Reparaciones.

Básicamente estos informes pueden ser clientizados a la medida del usuario, interactuando la información proveniente de los OEM más la información entregada por la base de datos de Dispatch.

Entre los principales reportes tenemos:

- Reporte resumen de alarmas
- Reporte detallado de alarmas
- Reporte total de alarmas
- Reporte resumen de alarmas por grupos de equipos



MineCare™ MODULAR™

Command: HOME

Report Repository:

- intellimine
- minecare
- health
- diagnostics
 - Alarm Summary Report
 - Alarm Detail Report
 - Total Alarms Count
 - Alarm Summary For Equip

Alarm Summary Report 2:14:39 PM

Date Range: Mar 26, 2001 Shift C - Mar 26, 2003 Shift C

Category: Excavator

Eqmt Type: 1370

Unit	Interface	Alarm	Oem Event	Count	Start Time	End Time
101	PLM	Tons		5	2002-01-29 02:16:49	2002-01-29 13:59:21
101	PLM	Cycle		6	2002-01-29 00:49:52	2002-01-29 17:10:15
101	PLM	Dump		7	2002-01-29 04:19:23	2002-01-29 18:13:06
108	Stalex	OEM interface tim	Driver	4	2002-01-29 06:11:53	2002-01-29 14:51:20
108	Stalex	OEM interface no	Driver	6	2002-01-29 00:40:01	2002-01-29 17:01:36
106	Stalex	Driver interfacetim	Adapt	8	2002-01-29 02:55:09	2002-01-29 18:03:51
111	Stalex	OEM interface tim	Driver	4	2002-01-29 06:09:10	2002-01-29 14:53:01
111	Stalex	OEM interface no	Driver	6	2002-01-29 00:34:22	2002-01-29 16:56:40
111	Stalex	Driver interface tim	Adapt	8	2002-01-29 02:46:30	2002-01-29 18:02:32

Eqmt Type: 191M

Unit	Interface	Alarm	Oem Event	Count	Start Time	End Time
102	PLM	Tons		3	2002-01-29 00:30:28	2002-01-29 10:16:55
102	PLM	Dump		7	2002-01-29 03:50:11	2002-01-29 16:48:41
102	PLM	Cycle		9	2002-01-29 01:36:19	2002-01-29 17:51:29

Eqmt Type: 290B

Unit	Interface	Alarm	Oem Event	Count	Start Time	End Time
114	Ddec	DdecOEM Interfac	Ddec	4	2002-01-29 05:59:08	2002-01-29 17:51:32
114	Ddec	DdecOEM Interfac	Ddec	6	2002-01-29 00:34:18	2002-01-29 16:48:41



III.2.10 Estimación de los Ahorros Potenciales Durante la Etapa de Pruebas

Los siguientes valores son estimaciones realizadas por el personal de mantención mina.

	Condición	Ahorro Potencial en US\$	Disponibilidad Potencial Perdida
Caso 1	Se evitó quedar sin información del parámetro de temperatura de refrigerante	Costo Mínimo: 10,000 Considerando cambio de una camisa y un pistón	3 turnos
Caso 2	Se evitó quedar sin información del parámetro de Nivel de aceite	Costo Mínimo: 60,000 Cambio de 3 unidades de fuerza	6 turnos
Caso 3	Se evitó quedar sin información del parámetro de presión de aire	0	0
Caso 4	Se evitó quedar sin información del parámetro de nivel de aceite y refrigerante	Costo Mínimo: 60,000 Cambio de 3 unidades de fuerza	6 turnos
Caso 5	Se evitó posible agrietamiento de Unidad de Fuerza (falla catastrófica)	Costo Mínimo: 200,000 Compra de motor reparado	6 turnos
Caso 6	Se evitó posible falla por sobre temperatura	Costo Mínimo: 10,000 Se estima como mínimo destrucción de empaquetaduras mas cambio de una unidad de fuerza	3 turnos
Caso 7	Se evito quedar sin información del parámetro de Presión de Carter	Costo Mínimo: 80,000 Se estima una fundición de motor, se debe cambiar cigüeñal mas cambio de metales	6 turnos

Caso 8	Se evito posible giro de metales (falla catastrófica)	Costo Mínimo: 200,000 Compra de motor reparado	6 turnos
Caso 9	Se evitó quedar sin información parámetro de Presión de Carter	Costo Mínimo: 80,000 Se estima una función de motor, se debe cambiar cigüeñal más cambio de metales	6 turnos
Ahorro Potencial		US\$ 700,000	
Disponibilidad Potencial Perdida Total			42 turnos

III.2.11 Conclusiones al Término de las Pruebas

Una vez concluidos estos cuatro meses de evaluación del sistema MineCare, es notable el cambio de estrategia para la gestión del mantenimiento por parte del grupo de trabajo involucrado en el proyecto MineCare. El uso de esta herramienta no solo ha facilitado la detección de averías (en algunos casos catastróficas), sino también ha otorgado a personal de mantenimiento la capacidad de identificar eventos críticos antes que ocurran.

Como conclusiones generales se puede decir lo siguiente:

1. Se comprueba que MineCare es una poderosa herramienta que permite detectar a tiempo los problemas que se presentan en los camiones de extracción Mina.

2. El sistema MineCare es totalmente confiable en la validez de la información entregada. Se pueden ejecutar monitoreos en tiempo real cuando los equipos se encuentran disponibles, evitando tener que detenerlos.
3. Realizar las tareas de monitoreo y diagnósticos remotos evita que los inspectores ingresen al circuito de acarreo e intervengan equipos, ello trae consigo importantes ventajas de seguridad.

III.3 Fase 3

La fase III del Proyecto DMI contempla el desarrollo de un Data Ware House, la que con interfases al Sistema Dispatch y al sistema de Gestión de Costos SAP, nos permita tener en tiempo real el impacto económico que signifique cada uno de los acontecimientos de la operación.

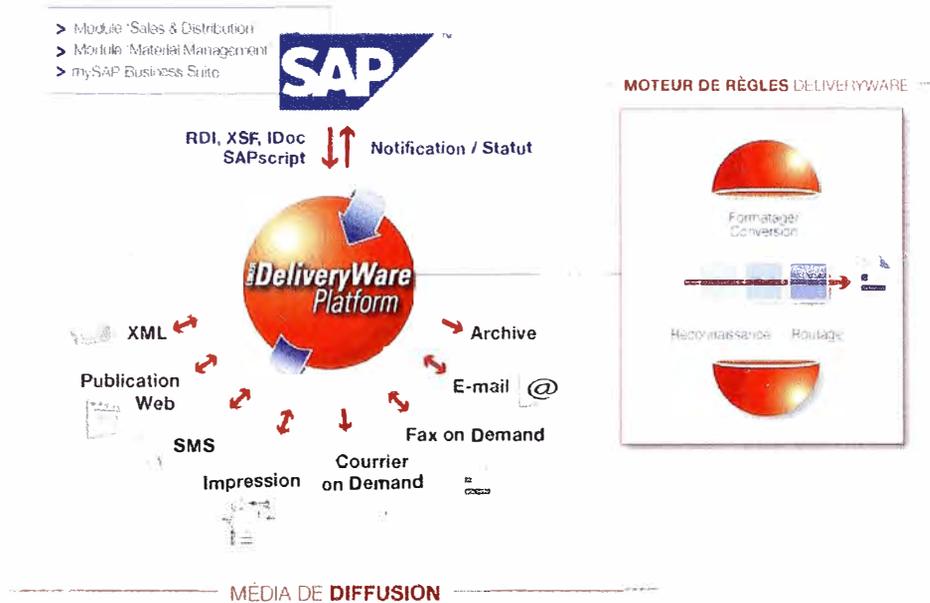
III.3.1 Resumen

En Minera Escondida se tiene un lineamiento bastante claro en función a la imperante búsqueda de la “Excelencia Operacional”, para lo cual llevamos un constante proceso de “medición”, donde lo más importante es alcanzar la uniformidad de nuestros servicios y productos, a fin de reducir la variabilidad de los procesos para que podamos obtener el mayor beneficio.

Con este panorama, es necesario llevar los resultados de nuestros procesos a resultados económicos, para lo cual el factor tiempo toma una gran relevancia. Es en este contexto que surge la necesidad de contar con herramientas que nos permitan evaluar en tiempo real, el impacto económico del día a día de nuestra operación.

III.3.2 Control de Costos en Minera Escondida

Los costos en Minera Escondida son administrados por la plataforma GSAP, la cual es la herramienta corporativa que nos permite llevar un efectivo control de cada una de las imputaciones económicas que fueron asignadas a los diferentes procesos de la mina.



III.3.3 Aplicación INGEM

En vista de la necesidad de tener una herramienta eficiente de control económico, y concedores de las principales plataformas de manejo de datos:

- Dispatch (Herramienta de Gestión para la Mina)
- GSAP (Herramienta de Gestión para el área de Costos),

se genero la aplicación INGEM (Indicadores de Gestión Mina), la cual es un sistema que combina las funcionalidades de las herramientas de gestión antes mencionada, es decir, extrae la información referente a la mina tal como: producción diaria, movimientos por tipo de material, tiempos por equipo y rajo, etc. Del sistema Dispatch, y los asocia directamente con los datos de costos cargados en la plataforma SAP.

Es de esta manera que lo realizado en la operación, se lleva inmediatamente a dinero, a fin de poder saber cual es el nivel de impacto de cada una de las actividades que conforman el proceso de minado, y así encontrar oportunidades de mejora.

GASTO x PROCESO	>>	US\$	=	Perforación	+	Tronadura	+	Carguio	+	Transporte	
		\$ 6,289,276		\$ 214,112		\$ 1,301,364		\$ 292,619		\$ 2,392,001	
		\$ 3,867,761		\$ 150,439		\$ 1,162,925		\$ 182,431		\$ 1,896,953	
			+	Eqp Auxiliar	+	Servicios Pit	+	Remanejo	+	Administri.	
				\$ 418,170		\$ 218,334		\$ 751,552		\$ 701,123	
				\$ 188,732		\$ 4,981		-\$ 73,266		\$ 354,566	
GASTO x ITEM	>>	US\$	=	Fuel	+	Labor	+	Explosives	+	Tires	
		\$ 6,450,387		\$ 1,331,837		\$ 1,048,141		\$ 1,091,812		\$ 1,194,106	
		\$ 3,867,761		\$ 1,539,527		\$ 0		\$ 930,605		\$ 717,570	
				+	Contractor	+	Power	+	Edges, bits	+	Rentals
					\$ 1,843,495		\$ 180,717		\$ 103,897		\$ 109,894
					\$ 475,376		\$ 167,596		\$ 80,878		\$ 15,877
					Safety Sup.	+	Rep. Parts	+	Other Item	+	Otros gastos
					\$ 17,425		\$ 55,342		-\$ 741,933		\$ 215,654
					\$ 6,978		\$ 0		-\$ 158,010		\$ 91,365
COSTO x PROCESO	>>	cUS\$ / t_expit	=	Perforación	+	Tronadura	+	Carguio	+	Transporte	
		\$ 44.8		\$ 1.5		\$ 9.3		\$ 2.1		\$ 17.1	
		\$ 28.7		\$ 1.1		\$ 8.6		\$ 1.4		\$ 14.1	
			+	Eqp Auxiliar	+	Servicios Pit	+	Remanejo	+	Administri.	
				\$ 3.0		\$ 1.6		\$ 5.4		\$ 5.0	
				\$ 1.4		\$ 0.0		-\$ 0.5		\$ 2.6	
>>	US\$ / t_total			Perforación		Tronadura		Carguio		Transporte	

Conclusiones

Una vez concluida la implementación de las 3 fases que conforman el proyecto DMi (Despacho Monitoreo Integración), son innumerables la cantidad de ventajas que trajo consigo el uso de estas herramientas de gestión en las diferentes áreas de la operación, entre las que destacan:

Dispatch

Equipos de Acarreo

Se comprueba:

1. La asignación Dinámica de los camiones, a los equipos de carguio (como principal función del Sistema), incrementa notoriamente la productividad de los mismos (para el caso de Minera Escondida 7%).
2. El proceso de simulación en tiempo real, llevada a cabo por el sistema con variables extraídas de la operación, hace de esta una herramienta vital al momento de decidir el número preciso de equipos de carguio y/o acarreo, a fin de alcanzar en forma segura y eficaz los planes de producción.
3. Una eficiente administración de la fuerza laboral, permitiendo, por medio de asignaciones automáticas de operadores a equipos (de acuerdo a las capacidades de operar las diferentes flotas), incrementar la utilización de los equipos mineros.
4. El Sistema Dispatch es una herramienta determinante al momento de investigar accidentes y/o incidentes, gracias a la inclusión de tecnología de posicionamiento



satelital en los camiones, lo que nos permite reconstruir movimiento de equipos para turnos históricos.

5. La problemática actual, referente a la escasez mundial de neumáticos, hace del Sistema Dispatch, una herramienta de suma importancia para el monitoreo en tiempo real de los signos vitales de cada uno de los mismos, a fin de administrar las variables, de las cuales depende directamente la vida útil de cada uno de los neumáticos.

Equipos de Carguio

La inclusión de la tecnología de posicionamiento satelital en los equipos de carguio, trajo consigo innumerables beneficios en la operación, entre los que se destacan:

1. El Sistema de Alta Precisión para Palas, simplifica el proceso minero mediante un enlace de información en tiempo real entre Planificación Mina, Operaciones Mina y las Palas trabajando en terreno.
2. Minimiza la dilución de material enviado a cada uno de los destinos económicos de la mina (En el caso de Minera Escondida se tiene un 1% de dilución).
3. Mejora el control de los pisos e inclinaciones de las palas, lo cual trae beneficios inherentes en el cuidado de los neumáticos (equipos de acarreo) y en el uso de equipos auxiliares para el arreglo de frentes de carguio.
4. Reduce estudios topográficos, gracias a las dos antenas GPS de Alta Precisión instaladas en cada uno de los equipos, la interacción de los topógrafos en el área de

trabajo de la pala (toma de cota de pala, y levantamiento de frentes) se ve notablemente disminuida, evitando así el incremento de fuerza laboral y la detención de equipos de carguio.

5. Mejora la utilización de las Palas, como consecuencia directa de la optimización de la asignación de camiones
6. Control en tiempo real de las líneas de avance de las palas y los diferentes polígonos de material en el frente de carguio.

Equipos de Perforación

Los beneficios del sistema Dispatch en el área de Perforación son:

1. El uso de tecnología de posicionamiento satelital de alta precisión en los equipos de perforación, reduce considerablemente la sobre perforación no planificada (en el caso de Minera Escondida 8.75%).
2. Reducir a 10 cm. el promedio de diferencia entre las posiciones (xy) de los pozos de perforación planificados vs. la ubicación real de los mismos.
3. Almacenar en la base de datos Dispatch, parámetros de dureza, velocidad de penetración, pulldown, torque y profundidad de perforación reales, para cada uno de los pozos perforados en la mina, lo cual nos permite diseñar modelos matemáticos, que nos anticipen características de roca en zonas aun no perforadas.
4. Administrar y controlar todos los accesorios de perforación.

Equipos Auxiliares

La inclusión de la tecnología de posicionamiento satelital en los equipos de auxiliares, trajo consigo innumerables beneficios en la operación, entre los que se destacan:

1. El Sistema de Alta Precisión en tractores simplifica las tareas de desarrollo en la mina, ya que disminuye considerablemente la interacción con el área de topografía.
2. Control total y autónomo del área de trabajo del tractor por parte del operador, gracias al despliegue en tiempo real de las elevaciones del proyecto, vista en plano (desde arriba) y otra de perfil, con un corte transversal.

Supervisión

Los beneficios del sistema Dispatch en la supervisión de las Operaciones son:

1. Centralizar toda la información de la mina en una única y oficial herramienta de gestión, a la cual se puede tener acceso en tiempo real, y por todos los niveles de la organización.
2. Gestionar en terreno, no solo basándonos en la experiencia, sino analizando información real llegada a cada una de las camionetas de los supervisores (foreman).

MineCare

1. Se comprueba que MineCare es una poderosa herramienta que permite detectar a tiempo los problemas que se presentan en los camiones de extracción Mina.
2. El sistema MineCare es totalmente confiable en la validez de la información entregada. Se pueden ejecutar monitoreos en tiempo real cuando los equipos se encuentran disponibles, evitando tener que detenerlos.
3. Realizar las tareas de monitoreo y diagnósticos remotos evita que los inspectores ingresen al circuito de acarreo e intervengan equipos, ello trae consigo importantes ventajas de seguridad.

INGEM

1. Informa en tiempo real los gastos y costos de cada una de las actividades de la operación minera, permitiéndonos conocer no solo proyecciones sino también nuestra situación actual con respecto a lo planificado económicamente.



Recomendaciones.

A raíz de los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

1.-Incorporar herramientas de gestión que nos permitan no solo un control exhaustivo de las operaciones, sino que a su vez den la posibilidad de anticiparnos a eventos y/o circunstancias de la operación, lo cual nos permitiría tener un mejor control sobre las mismas.

2.-Perfeccionar los sistemas de trabajo en función al avance tecnológico, a fin de garantizar la dinámica de la producción y el alcance de las metas anuales.

3.-Implementar sistemas de información integrales y asequibles para el mejor desempeño de los equipos de trabajo en las operaciones mineras, en el cual no solo se incorpore datos de producción, sino también el resultado final que son los costos.

4.-Crear las condiciones futuras para mejorar los resultados de las operaciones, principalmente en el campo de las competencias, ya que estas deben incluir el multiplicar las competencias culturales, las técnicas, de interacción y de mejoramiento continuo.

5.-Los recursos humanos de la empresa, deben ser considerados como tales, ya que constituyen el principal activo de la Compañía.

Bibliografía.

Documentación impresa

1. INTELLIMINE Documentation Library. 2001. Modular Mining Systems, High Precision Drill System, USA, 117 pp.
2. INTELLIMINE Documentation Library. 1996. Modular Mining Systems. Using the simulation utility. USA, 86 pp.
3. INTELLIMINE Documentation Library. 1997. Modular Mining Systems, USA, 1999.
4. Trimble Navigation Limited, GPS for Mining, USA, 61 pp.
5. Sense, J.J. "Determination of Equipment Availability". Mining Engineering.
6. Martínez Vidal, Carlos A. 1999. "Gestión de tecnología para la innovación y el mejoramiento de calidad y competitividad en la industria". Curso taller del Programa Interamericano de Gestión Tecnológica.
7. Congreso latinoamericano de INTELLIMINE. 2002. Santiago, Chile.

Información en Internet

1. <http://www.wencomine.com/>
2. <http://www.mmsi.com/>
3. http://www.caterpillar.com/products/shared/technology_products/01_products/_products_minestar.html
4. http://www.gisdevelopment.net/technology/gps/tech_gp0011.htm
5. <http://www.campus-oei.org/salactsi/gestec.htm>