



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE LA PLANIFICACIÓN DIARIA DE OPERACIONES EN MINERA
ESCONDIDA LTDA.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS

LEOPOLDO ARIEL GARRIDO MONTENEGRO

PROFESOR GUÍA:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
IVÁN BRAGA CALDERÓN
RODRIGO MONTAÑO FUENZALIDA

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2013

Resumen

Minera Escondida Ltda. es la mayor mina de cobre a nivel mundial ubicada en la II Región de Chile. En 2011 su producción fue cercana al 5% de la producción mundial de cobre y un 16% de la producción nacional, cuenta con una de las mayores reservas de cobre en el mundo, lo que le entrega sustentabilidad al negocio.

Actualmente los cumplimientos mensuales de movimientos mina y de alimentación a chancados se están logrando de manera muy satisfactoria llegando al 100% o sobre este valor, sin embargo, en la secuencia del plan minero, trabajos de desarrollo críticos o trabajos de infraestructura el cumplimiento llega a valores que no superan el 60% lo que genera costos mayores a los estimados producto de que se tienen que realizar tareas no contempladas.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior y reconociendo que en la actualidad existe un proceso productivo muy variable en cuanto al cumplimiento de los planes mensuales, surge la necesidad de generar una planificación diaria que incorpore tanto los movimientos de todas las áreas productivas (producción, desarrollos, perforación y tronadura) como los imprevistos que ocurren día a día, teniendo una componente de seguridad (HSEC) que indique los principales riesgos asociados, considerando además el incorporar tecnología a la visualización de estos planes, para facilitar así el entendimiento en la ejecución. Con esto se busca minimizar el impacto en el plan mensual que tienen los imprevistos en el día a día, mientras por otra parte, en el mediano plazo, se busca la estabilidad en el proceso de producción.

Se observó que existe una clara correlación entre el cumplimiento del plan diario y el cumplimiento de plan mensual. Para un promedio de cumplimiento del 85% del plan diario se pueden lograr valores aproximados del 66% del cumplimiento del plan mensual. Siendo el objetivo de la compañía estar sobre el 75%-80% del cumplimiento del plan mensual, se recomienda, debido a la relación existente entre la planificación diaria y mensual, llevar el cumplimiento del plan diario a valores sobre el 90%-95% que está asociado principalmente a la disciplina operacional y a minimizar los imprevistos, lo que implicará estar dentro de rango de cumplimiento del plan mensual que pide la compañía.

Dentro de todos los impactos mencionados en el estudio, el que fue evaluado tiene que ver con el aumento de remanaje de mineral producto del no cumplimiento de la secuencia mina. Esto genera un gasto adicional que representa el 2.21% del total mensual de la Gerencia de Operaciones versus un gasto de implementación que tiene este plan diario que representa el 0.1% del gasto total mensual y que está asociado aumento de dotación de planificadores. Si se logra capturar esta diferencia, se obtendría una reducción del costo para la Gerencia de un 0.3%. Por lo que se concluye, que si bien, el impacto no es de gran magnitud, es un impacto positivo para el negocio.

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	6
2	Descripción de la organización	10
3	Descripción tema a abordar y preguntas claves	12
3.1	Descripción del tema.....	12
3.2	Preguntas claves.....	14
4	Alcances del tema a abordar.....	15
4.1	Alcances de las áreas involucradas	15
4.2	Alcances del cumplimiento del plan mensual.....	16
4.3	Visualizador 3D	16
4.4	Benchmarking	16
4.5	Evaluación de las leyes comprometidas en el plan diario	16
4.6	Evaluación del impacto	17
5	Objetivos y resultados esperados	18
5.1	Objetivos Generales:.....	18
5.2	Objetivos específicos:	18
5.3	Resultados Esperados	18
6	Marco Conceptual y Metodología.....	19
6.1	Marco Conceptual.....	19
6.1.1	Planificación Minera.....	19
6.1.2	Metodología tradicional de Planificación de Largo Plazo.....	21
6.1.3	Metodología tradicional de Planificación de Corto Plazo	23
6.2	Metodología de Trabajo	24
7	Propuestas del proceso de planificación	27
7.1	Visión General (síntesis)	27
7.2	Producción	29
7.2.1	Requerimientos área de Producción.....	29
7.2.2	Benchmarking área de Producción.....	31
7.2.3	Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido .	33
7.2.4	Propuesta de plan diario de producción	34
7.3	Perforación y Tronadura	38
7.3.1	Requerimientos área de Perforación y Tronadura	39

7.3.2	Benchmarking área de Perforación y Tronadura	40
7.3.3	Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido .	41
7.3.4	Propuesta de plan diario de Perforación y Tronadura	41
7.4	Desarrollos y servicios Mina	43
7.4.1	Requerimientos área de Desarrollo y Servicios Mina	43
7.4.2	Benchmarking área de Desarrollo y Servicios Mina	45
7.4.3	Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido .	46
7.4.4	Propuesta de plan diario Desarrollo y Servicios Mina.....	46
7.5	Requerimientos Generales, Condiciones Geomecánicas críticas.....	47
7.6	Elementos críticos de apoyo (3D)	48
7.7	Formato de medición del cumplimiento del plan diario	50
7.7.1	Propuesta medición de cumplimiento área producción	51
7.7.2	Propuesta medición de cumplimiento área perforación y tronadura..	51
7.7.3	Propuesta medición de cumplimiento área Desarrollo y Servicios Mina	52
8	Impacto	53
8.1	Cuantificación de las desviaciones	53
8.1.1	Cuantificación de las desviaciones de tonelaje	53
8.1.2	Cuantificación de desviaciones de secuencia	54
8.2	Áreas de mayor impacto	59
8.2.1	Cantidad de mineral de remanejo.....	59
8.2.2	Traslado de equipos mineros no contemplados	62
8.2.3	Error de arrastre para los meses siguientes	62
8.2.4	Impacto aguas abajo en el proceso	62
8.2.5	Recurso adicional extra	62
9	Conclusiones y recomendaciones.....	64
10	Referencias y Anexos.....	66

Índice de imágenes

Imagen 1: Esquema de Planificación de Minera Escondida Ltda.....	7
Imagen 2: Áreas incluidas en el presente estudio	9
Imagen 3: Producción últimos años Minera Escondida	11
Imagen 4: Fórmula cálculo beneficio bloque	21
Imagen 5: Metodología aplicada a la propuesta de planificación diaria	25
Imagen 6: Ciclo de trabajo requerido	28
Imagen 7: Planillas diarias turno noche y día	30
Imagen 8: Planilla de Producción obtenida en Benchmarking	31
Imagen 9: Panilla diaria de alimentación	32
Imagen 10: Imagen real de secuencia de pala en plan diario de Benchmarking	32
Imagen 11: Flujo de información en la construcción del plan diario	34
Imagen 12: Ejemplo de propuesta de planilla de producción diaria	35
Imagen 13: Polígonos diarios y materiales en avance de palas	35
Imagen 14: Fotos reales de propuesta de planificación diaria en el área de producción	36
Imagen 15: Evaluación de riesgos del plan diario	36
Imagen 16: Plan diario de mantención programada de palas.....	37
Imagen 17: Plan diario de capacidad de chancados	37
Imagen 18: Plan diario de perforación de benchmarking	40
Imagen 19: Planilla plan diario perforación y tronadura	41
Imagen 20: Plan diario de perforación y tronadura con fotos reales	42
Imagen 21: Plan Diario de Desarrollos BenchMarking	45
Imagen 22: Plan diario de cables.....	47
Imagen 23: Evaluación Geomecánica	48
Imagen 24: Evaluación Geomecánica	48
Imagen 25: Visualizador 3D Rajo Escondida.....	49
Imagen 26: Visualizador 3D Expansión N6 Rajo Escondida Norte.....	49
Imagen 27: Visualizador 3D, trabajo de Bulldozer	50
Imagen 28: Visualizador 3D, pozos de tronadura	50
Imagen 29: Atrasos y adelantos de secuencia mayo 2012 Rajo Escondida.....	54
Imagen 30: Atrasos y adelantos de secuencia mayo 2012 Rajo Escondida Norte	55
Imagen 31: Atrasos y adelantos de secuencia junio 2012 Rajo Escondida	55
Imagen 32: Atrasos y adelantos de secuencia junio 2012 Rajo Escondida Norte	56
Imagen 33: Atrasos y adelantos de secuencia julio 2012 Rajo Escondida.....	56
Imagen 34: Atrasos y adelantos de secuencia julio 2012 Rajo Escondida Norte	57

Índice de tablas

Tabla 1: Tareas críticas Desarrollo y Servicios Mina.....	46
Tabla 2: Tabla cumplimiento plan diario de Producción	51
Tabla 3: Tabla cumplimiento plan diario de Perforación y Tronadura	52
Tabla 4: Cumplimientos Plan mensual año 2012	58
Tabla 5: Cumplimientos Plan diario año 2012	58
Tabla 6: Remanejo extra de mineral a chancado (toneladas).....	60
Tabla 7: Porcentaje extra del gasto producto del remanejo	61

Índice de gráficos

Gráfico 1: Cumplimiento plan diario versus cumplimiento plan mensual.....	59
---	----

1 Introducción

Dependiendo del horizonte de planificación (largo, mediano o corto plazo) existe una relación distinta con la operación de la mina. Resulta evidente que los planes de mediano y largo plazo son bastante más alejados de la operación que los planes de corto plazo y que además no consideran parámetros operacionales que son relevantes para el cumplimiento del plan producción.

Es la planificación de corto plazo o corto plazo operacional la que debe relacionarse directamente con el área de operaciones y adaptar todos los parámetros de largo plazo de una mejor manera para facilitar la ejecución de los trabajos. El presente estudio pretende que esta relación entre operaciones y planificación se haga a través de un plan diario que especifique la producción y los trabajos más importantes de la mina, para de esta manera día a día tener un objetivo claro que apunte a cumplir el plan mensual y que haga frente a la reconocida variabilidad que existe en el proceso productivo.

Antes de entrar en el detalle de lo que es esta tesis, es bueno clarificar los objetivos de cada una de las planificaciones para finalmente quedarse en el corto plazo operacional que es la encargada de confeccionar el plan diario de la mina.

La planificación en Minera Escondida se divide en cuatro grandes áreas cuyas funciones se detallan a continuación:

- Largo Plazo (LP): A cargo de hacer los planes que tienen que ver con la vida útil de la mina 10 o 20 años, además de la declaración de reservas de la compañía y los procesos de aprobación de proyectos, con el fin de contribuir con información relevante al proceso de toma de decisiones estratégicas.
- Mediano Plazo (MP): A cargo del plan de 5 años de la mina, además de gestionar y controlar el desarrollo de actividades, procesos y recursos del área de planificación a mediano plazo para asegurar información confiable que contribuya a la sustentabilidad de las operaciones de Minera Escondida en el largo plazo.
- Corto Plazo (CP): A cargo del plan de 2 años (Budget) de la mina y de los planes mensuales (Forecast), además de coordinar y administrar las actividades, procesos y recursos de planificación corto plazo, con el fin de garantizar la calidad y confiabilidad el cumplimiento del presupuesto anual de la compañía en producción, movimientos de materiales por procesos y costos, a través del desarrollo de planes operativos, que garanticen la seguridad de las personas, equipos y que agreguen valor a la Compañía.

- Corto Plazo Operacional (CPO): A cargo del plan semanal y diario de la mina, además de administrar y controlar el proceso de planificación minera con un horizonte mensual, elaborando los planes y programas de producción integrados de ambas minas, para proveer de minerales a los distintos procesos en términos de cantidad y calidad. Administrar las contingencias de los equipos y cambios en los modelos, con el objeto de encausar el plan y mitigar los efectos para cumplir las producciones definidas en el Budget. Además coordina todas las actividades de extracción, desarrollo e implementación de infraestructura y los planes de mantención de equipos que permitan semana a semana cumplir con el plan minero definido en el Forecast de producción, el que a su vez está subordinado al Budget.

En la

Imagen 1 se observa un esquema que muestra los horizontes de tiempo que tiene cada área de planificación en Minera Escondida Ltda. Es importante mencionar que la coordinación entre todas estas áreas más el área de operaciones es fundamental para el cumplimiento integro del plan de producción.

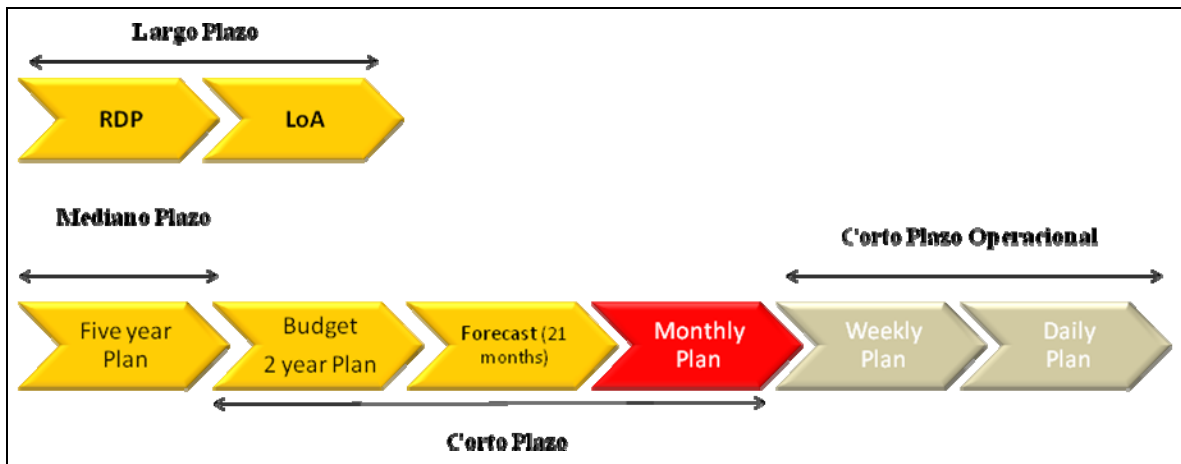


Imagen 1: Esquema de Planificación de Minera Escondida Ltda.

Pasando ahora, al área operativa que es la encargada de ejecutar los planes mencionados, se encuentra la Gerencia de Operaciones Mina que cuenta con aproximadamente mil quinientos trabajadores. La operación es más bien compleja principalmente por el tamaño de esta gran faena y la cantidad de gente, lo que genera problemas en la optimización de recursos, los tiempos de traslado, el control de las actividades, seguimientos de planes mineros, etc.

El nuevo modelo operativo implementado por la compañía busca que cada área sea responsable de solo hacer su trabajo, por lo tanto en este caso se busca que

la operación opere el plan realizado por el área de planificación, evitando la superposición de roles. “La Mina opera” y “Planificación planifica”

Actualmente los cumplimientos mensuales de movimientos mina y de alimentación a chancado se están logrando de manera muy satisfactoria llegando al 100% o sobre este valor, sin embargo, la secuencia del plan minero, trabajos de desarrollo críticos o trabajos de infraestructura no se cumplen debido a que no existe una disciplina de la operación y que además no se cuenta con una información clara y detallada lo suficiente, como para que facilite los trabajos de operaciones. El cumplimiento de secuencia del plan minero de los últimos meses llega en promedio a un 60%.

Este bajo cumplimiento en la secuencia minera es producto de las desviaciones que se generan, ya sea por los imprevistos operacionales o por atrasos o adelantos en las expansiones. Este impacto aumenta el costo presupuestado en el plan mensual ya que se estará haciendo actividades que no estaban contempladas en el plan mensual y que producto de la reacción que se debe tener ante los imprevistos tienen que realizarse.

El área de operaciones tiene como misión seguir la planificación y que en la práctica es representada por un documento llamado plan semanal que es una guía bastante buena como para que los trabajos sean realizados con la prioridad clara, sin embargo, este plan semanal no incorpora los imprevistos que van ocurriendo diariamente y que provocan que en ciertas ocasiones las prioridades de los trabajos cambien en función de ajustar el cumplimiento del plan mensual.

En este contexto de variabilidad en el cumplimiento de la planificación, surge la necesidad de generar un plan diario de planificación que incorpore tanto los movimientos (que se ajustan al plan semanal y mensual) de todas las áreas productivas (producción, desarrollos y perforación) como los imprevistos que ocurren día a día. Además surge la inquietud de poder incorporar tecnología a la visualización de estos planes diarios, facilitando la visualización de estos, lo que también se incorpora en el presente trabajo.

Con esto se busca el máximo cumplimiento del plan minero, lo que implica cumplir en el tonelaje y en la secuencia mensual, teniendo de esta manera un plan más seguro y que apunte a no tener costos extras.

El presente trabajo de tesis, se centra en un análisis que contempla desde el plan mensual, plan semanal y plan diario llegando hasta la ejecución de estos (ver Imagen 2), poniendo énfasis a la relación que existe entre la planificación y la operación mediante la planificación más operacional que es la del plan diario. Se buscan, de esta manera, las mejoras para la planificación diaria de operaciones en Minera Escondida, buscando obtener el máximo cumplimiento de la planificación mensual, cumpliendo con los estándares de calidad y de seguridad que exige la compañía.

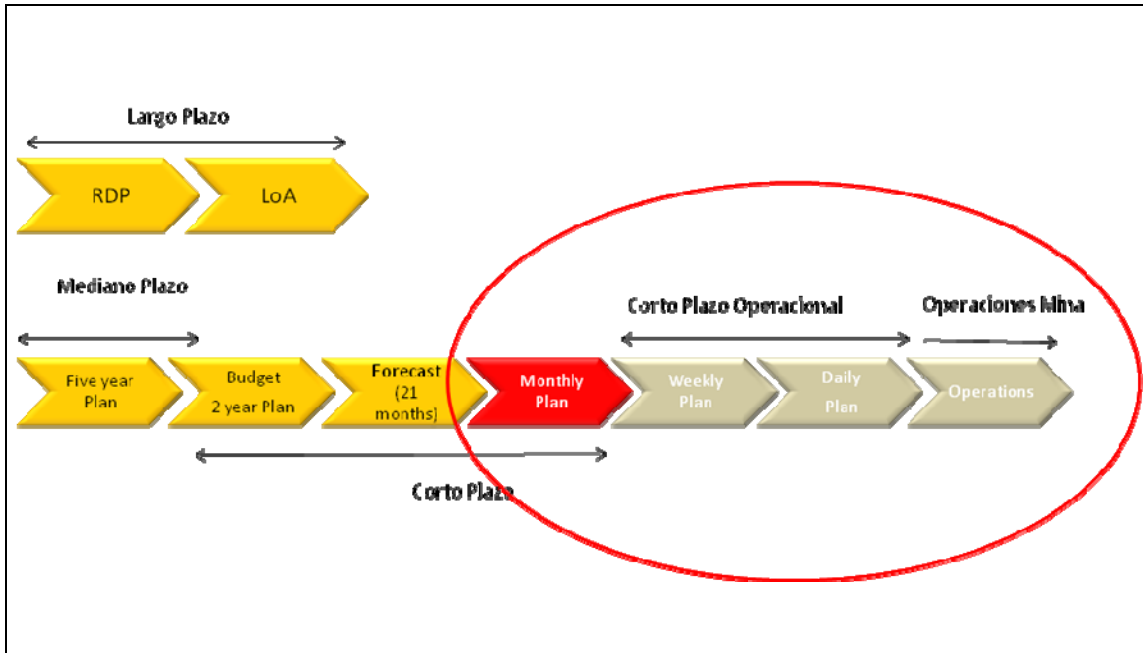


Imagen 2: Áreas incluidas en el presente estudio

2 Descripción de la organización

Minera Escondida Limitada es una empresa dedicada a la exploración, extracción, procesamiento y comercialización de recursos minerales del yacimiento Escondida, mayor mina de cobre operativa a nivel mundial ubicada en la II Región de Chile. Los principales productos de la compañía son el concentrado de Cobre (66% de las ventas en 2011), obtenido a través de un proceso de flotación de mineral; y los cátodos de Cobre (34% de las ventas en 2011), elaborados mediante un sistema de lixiviación de mineral oxidado y a través de un proceso de lixiviación bacteriana de mineral sulfurado de baja ley. Además, la empresa recupera oro y plata en calidad de subproductos de la producción de cobre, los que comercializa en forma de metal contenido en concentrado.

Actualmente, Minera Escondida es uno de los mayores productores y exportadores de concentrado de cobre no integrado del mundo. En 2011 su producción fue cercana al 5% de la producción mundial de cobre y un 16% de la producción nacional.

BHP Billiton Ltd.- operador de Escondida- Rio Tinto Ltd. y Mitsubishi Corporation – indirectamente a través de JECO Corporation- son los accionistas de la compañía (57,5%, 30% y 12,5% de la propiedad respectivamente), empresas mineras altamente destacadas en el mundo, para quienes Escondida representa una importante inversión estratégica. El apoyo de estos propietarios se traduce en un importante respaldo técnico y financiero.

Minera Escondida cuenta con una de las mayores reservas de cobre en el mundo, lo que le entrega sustentabilidad a su operación. Cabe destacar que gracias a una exitosa campaña de exploración y perforación, en marzo de 2012 Minera Escondida anunció el aumento de sus reservas en un 25%, aproximadamente. A junio de 2012, las reservas demostradas que posee la compañía en sus yacimientos Escondida y Escondida Norte equivalían a más de 30 años de operación a los niveles de producción actuales.

La operación de Escondida está expuesta a la caída natural que experimenta la ley del mineral extraído, al igual que cualquier operación minera. Este aspecto se traduce en una continua presión hacia un mayor costo directo y un menor nivel de producción. Como contrapartida, la compañía ha desarrollado proyectos orientados a contrarrestar el deterioro de la ley de cobre.

Las instalaciones principales de la compañía incluyen la mina a rajo abierto Escondida y el rajo Escondida Norte, dos plantas concentradoras –Los Colorados y Laguna Seca– para el tratamiento de mineral sulfurado, una planta de óxidos y una planta de lixiviación de mineral sulfurado de baja ley para la producción de cátodos.

La compañía cuenta con dos mineroductos para transportar el concentrado de cobre desde la mina al puerto Coloso, el cual dispone de una planta de filtrado de concentrado de cobre y bodegas de almacenamiento, además de la infraestructura propia del puerto.

El hecho que Minera Escondida corresponda a una empresa que posee un único activo principal, se refleja en un mayor riesgo operacional. Sin embargo, la existencia de diferentes frentes en un mismo rajo o diferentes rajos en una misma mina, provee cierta diversificación a la producción.

La producción de cobre fino de Minera Escondida desde el 2004 hasta el 2011 se muestra en la Imagen 3

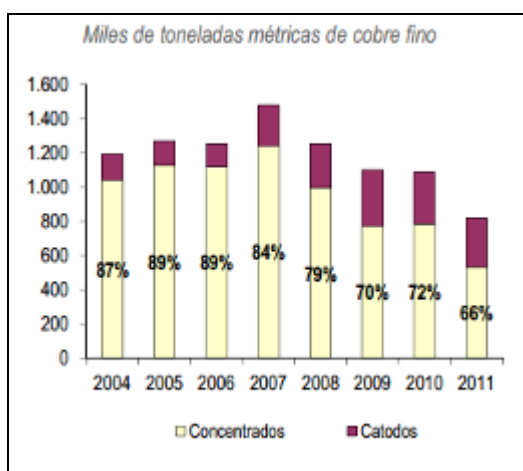


Imagen 3: Producción últimos años Minera Escondida

En cuanto a los resultados de la compañía, estos se encuentran determinados principalmente por el nivel de precios del cobre en el mercado mundial, situación que expone a la empresa a importantes variaciones de sus indicadores financieros producto de la ciclicidad de esta industria. Sin embargo, el bajo costo operacional de Minera Escondida y la buena ley de sus yacimientos le otorgan mayor flexibilidad para enfrentar escenarios de precios deprimidos y mantener resultados operacionales positivos en todo el ciclo de la industria.

Durante el 2011, su margen Ebitda alcanzó un 53%, equivalente a un Ebitda de US\$ 3.978 millones y a marzo de 2012, exhibió una mejora en el margen Ebitda alcanzando un 58%, gracias al acceso de mineral de mejor ley en este primer semestre.

3 Descripción tema a abordar y preguntas claves

3.1 Descripción del tema

El objetivo de la presente tesis es entregar una planificación diaria de todos los procesos productivos a la operación de Minera Escondida Ltda., por lo tanto el valor esperado es el cumplimiento máximo del plan mensual en cuanto a cantidad de tonelaje a mover, seguimiento de la secuencia de extracción, trabajos de desarrollo mineros y secuencias de tronadura, optimizando procesos productivos (que no hayan sobre costos), disminuyendo tiempos de respuesta ante posibles imprevistos, generando una información clara y conocida por todos mediante un buen flujo de información en donde se incorporan todos los requerimientos acordados con el cliente. De esta manera se espera no tener costos extras a los contemplados en el plan y que son producto del bajo cumplimiento.

Actualmente esta planificación diaria existe, pero no va de la mano con todos los requerimientos de operaciones por lo que se está entregando información que otorga poco valor y además se está entregando de una manera poco clara, sin un estándar claro. Por lo anterior no se está cumpliendo con lo requerido.

Adicional a lo expresado anteriormente, existe un plan semanal de planificación en donde se detallan todos los trabajos a realizar, sin embargo, no se contemplan los imprevistos que ocurren día a día en la operación y que hacen que el plan semanal no se pueda seguir estrictamente. Es necesario entonces generar un plan diario que contemple todos los imprevistos y que se oriente a cumplir el plan de la semana, que a su vez, cumpla con la planificación mensual denominada Forecast.

El requerimiento de la confección del plan diario de planificación nace de manera natural en el proceso de operación, apuntando de alguna manera a que los imprevistos diarios sean considerados en la planificación, con el objetivo de lograr un índice de cumplimiento mayor del plan mensual y con el mejor uso de recursos.

A continuación se mencionan los principales motivos de porque existe la inquietud de un plan diario, detallando por área productiva:

Producción:

- Si bien es cierto, existe un plan semanal de planificación, los imprevistos deben ser absorbidos por un plan diario que indique la secuencia de cada pala, tonelaje, rendimiento y utilización necesaria para cumplir con el plan semanal y mensual.

- Diariamente es necesario conocer el tipo de material que va a tener cada frente de carguío y su destino. Esto para palas que alimentarán a chancados, pilas de SX y a botaderos de lastre.
- Se deben especificar con detalle los traslados de pala y los trabajos adicionales que esto requiere (circuitos restringidos, cables, etc) incorporando todas estas demoras programadas en el movimiento de tonelaje diario de la mina.
- Se debe especificar el tiempo de ciclo de cada destino y la cantidad de camiones que se requiere para cumplir con el tonelaje planificado. De esta manera el plan diario indicará la cantidad de camiones por rajo que es necesario para cumplir el plan de producción de un día específico.
- Especificar que palas alimentarán a chancado y las leyes de cada una de ellas, entregando además opciones por cualquier imprevisto que ocurra. Con esto además se puede generar una cartilla que especifica el tipo de material que llegará a las plantas por día.
- Prioridad de palas en el caso que haya que detener por falla de camiones.

Perforación y tronadura:

- Tal como ocurre en el área de producción, a pesar de que existe un plan semanal de perforación y tronadura, debe existir un plan diario que se vaya ajustando a la realidad de los avances en la perforación, ya que en este caso también ocurren imprevistos.
- Este plan diario debe indicar los parámetros claves para cada perforadora como la disponibilidad, utilización y rendimiento. De esta manera se podrá medir el cumplimiento día a día.
- Se debe detallar la malla que se debe perforar, la expansión en donde se ubica y que perforadoras están asignadas a cada una de estas mallas. Esto ayuda a que la información de ubicación de cada perforadora no se mal interpretada ni que hayan informaciones distintas. La información válida será una sola y es la que se entrega en el plan diario.
- Se debe indicar las tronaduras que son necesarias en el corto plazo (uno o dos días), con la prioridad correspondiente, para tener claridad en donde deben estar los focos de atención.

Desarrollos y Servicios Mina:

- Se deben especificar los trabajos de desarrollo y los equipos asignados a cada uno de los trabajos, tomando en cuenta el tiempo planificado para cada tarea. Esto es de vital importancia ya que permite hacer un

seguimiento al tiempo que toma un trabajo específico de desarrollo y que por supuesto es fundamental para el avance de la mina.

- Considerando que el área de desarrollo es la responsable de los traslados de equipos en la mina, se deben entregar en detalle los traslados de pala y perforadoras, indicando el circuito que se tomará, los impactos en general y la condición de cables antes y después del movimiento.
- El plan diario debe contemplar en detalle la energización de todos los equipos que lo necesiten, ya sea palas o perforadoras. Debe indicarse la sub estación (S/E) destinada para cada equipo como el tendido de cables desde el origen al mismo equipo de carguío. Muy importante considerar todos los movimientos que existan ya que el área de desarrollo solo debe ejecutar lo planificado y no está dentro de sus funciones indicar cuál será la ruta que seguirá el cable.
- Basados en el plan de mantención de equipos de extracción y de los circuitos de camiones que planificación define, se debe entregar áreas destinadas a mantención de caminos indicando el tiempo disponible para realizar los trabajos así como los equipos destinados para ello.

HSEC

-
- El plan diario debe incluir comentarios de seguridad que apunten a las tareas más críticas, ya sea en el área de producción, perforación, tronadura o desarrollos. Como también los circuitos que presentan alguna anomalía o alguno tipo de congestión atípico.
- Además se debe incluir, si lo requiere, un informe con las novedades geotécnicas más críticas que permitan realizar trabajos de manera segura. Este informa además de incluir recomendaciones para realizar los trabajos por parte del área de operaciones.

3.2 Preguntas claves

A continuación se presentan las preguntas claves que dan origen y que se intentan resolver en este estudio:

- ¿Se está cumpliendo el plan mensual?
- ¿Existe un proceso productivo muy variable?
- ¿Cuál es el cumplimiento del tonelaje del plan mensual en %?
- ¿Cuál es el cumplimiento de la secuencia del plan mensual en %?
- ¿Qué implica que no se cumple el plan mensual?
- ¿Por qué no se está cumpliendo la planificación?
- ¿Existen los recursos para hacer un plan diario y que debe contemplar?
- ¿Qué porcentaje de cumplimiento se espera?
- ¿Cuál es el impacto que genera el cumplimiento del plan mensual?

4 Alcances del tema a abordar

4.1 Alcances de las áreas involucradas

Según lo expresado en el capítulo introductorio, el presente estudio se enfocará en tres áreas funcionales. A continuación se presentan los alcances de cada una de estas:

- **Planificación Corto Plazo:** El área de Corto Plazo es la encargada de generar el plan mensual de producción denominado Forecast y el plan de dos años denominado Budget. En el presente trabajo no se cuestionará la validez de estos y no se abordarán temas que tengan que ver con el Budget anual. Por otra parte, el plan mensual Forecast será el principal input que se tendrá y el punto de partida para la generación de los planes semanales y diarios.
- **Planificación Corto Plazo Operacional:** Es el área encargada de generar los planes semanales y diarios de la mina de acuerdo a lo que expresa el plan mensual de producción Forecast. En este caso el plan semanal no se abordará y se asumirá que está en línea con el plan mensual. Lo que si aborda este estudio es el plan diario, de hecho es el motivo del presente informe. Es aquí donde se trabajará, buscando mejoras para poder de esta manera apuntar a cumplir un plan semanal y mensual dado.
- **Operaciones Mina:** Esta área es la encargada de ejecutar los planes mineros construidos por el área de Corto Plazo Operacional. Como se mencionó en capítulos anteriores, el nuevo modelo operativo de la empresa busca que la operación solo opere el plan y no tenga injerencia en la planificación. De esta manera la operación se hace más segura y cada uno hará lo que su descripción de cargo diga.

El medio de interacción con el área operativa será el plan diario. Mediante este documento, se formalizan todos los trabajos a realizar por el área de operaciones, en donde además clarificar todos los trabajos a realizar, permitirá hacer un seguimiento de estos y al día siguiente buscar el cumplimiento de estas tareas diarias, con responsables claros, lo que permite tomar acción inmediata sobre las desviaciones.

Este último párrafo hace mención al seguimiento del cumplimiento del plan diario y los documentos que existirán para ello. Además se presentará un impacto estimado en gasto que tiene el remanajo adicional que está fuera de plan producto del no cumplimiento de la secuencia.

Finalmente se mencionaran otros impactos asociados, pero sin su valorización debido a que dependen de muchas variables que escapan de este estudio.

4.2 Alcances del cumplimiento del plan mensual

El plan mensual Forecast, tiene dos componentes fundamentales que son el plan en cuanto a los movimientos de tonelaje y a las secuencias de los equipos de extracción. En este estudio se trabajará para apuntar a cumplir el plan mensual en cuanto a secuencia del plan minero y se asume que este plan está correcto desde el punto de vista de secuencia, por lo tanto el presente estudio no cuestiona la certeza del plan mensual.

Por otra parte, si bien es cierto que es muy importante el cumplimiento del tonelaje de los planes, este parámetro históricamente es más fácil cumplirlo, y se asume que el llevar una secuencia correcta del plan no perjudica el cumplimiento del tonelaje por lo que solo se buscará cumplir la secuencia y como producto de esto se espera un cumplimiento satisfactorio del tonelaje.

4.3 Visualizador 3D

Se contempla el uso de un visualizador 3D que permitirá observar los planes diarios de una manera más clara buscando un mejor entendimiento de estos. Esta herramienta muestra los planes de producción en 3D, lo que facilita la visualización de trabajos que se presentan en planos de 2D y que finalmente no se hacen de manera correcta por la poca claridad que hay. Se asume que este software existe y que opera de manera correcta. La única tarea que si contempla este estudio es la generación de los polígonos diarios de producción, desarrollo o perforación, que son el principal input de este software. El funcionamiento no es parte de este estudio, ya que esto es parte de otra área y escapa de los alcances.

4.4 Benchmarking

Se consideró faenas que fueran representativas en el proceso de planificación diaria. Así se buscó faenas que cumplieran con un mínimo de tonelaje de movimiento diario así como la cantidad de equipos en operación.

4.5 Evaluación de las leyes comprometidas en el plan diario

El plan diario que se proponga, genera polígonos de extracción que deben ser evaluados para ver las características mineralógicas que tienen. Esta labor la ejecuta el área de Control de Mineral que es un área de apoyo a la de planificación corto plazo operacional. No se abordará la forma en que se hace esto no se cuestionarán los resultados obtenidos por esta área. La ley diaria será solo un input de este plan diario y no es parte del estudio.

4.6 Evaluación del impacto

Las desviaciones que existen en la secuencia del plan mensual generan costos extras que no estaban contemplados, por lo que en el día a día se deben programar actividades que apunten a minimizar el impacto generado.

En el presente estudio se presentará una estimación del gasto extra que genera el remanero de mineral producto de no cumplir con la secuencia mina. Se considera solo este impacto ya que está relacionado directamente con la operación y su cálculo es simple de valorizar.

Sin embargo, se mencionan otros impactos que se generan al no cumplir la secuencia mensual y que por la cantidad de variables que contemplan no se valorizarán, por lo que no serán parte de este estudio .

5 Objetivos y resultados esperados

5.1 Objetivos Generales:

Desarrollar un proceso de planificación diaria para la operación de Mina Escondida buscando lograr el máximo cumplimiento del plan mensual optimizando los recursos de operacionales.

5.2 Objetivos específicos:

- Plantear una propuesta de plan diario para cada área productiva, producción, perforación, tronadura y desarrollos.
- Este plan busca entregar las actividades específicas que debe hacer cada una de las áreas mencionadas con el objetivo posterior de ver los cumplimientos que estas tienen.
- Se buscará el máximo cumplimiento en cada una de estas áreas con el objetivo de cumplir íntegramente el plan, haciéndolo de esta manera más óptimo y en línea con los compromisos mensuales.

5.3 Resultados Esperados

El resultado esperado del presente trabajo es entregar de manera integra una propuesta de planificación diaria para cada una de las áreas productivas, que se oficializarán en un solo documento creado por el área de Corto Plazo Operacional llamado "Plan Diario" y que será entregado al área de Operaciones con el propósito de minimizar las desviaciones de secuencia minera buscando cumplir maximizar el cumplimiento del plan mensual en cuanto a la secuencia.

Además se propondrá un mecanismo para medir el cumplimiento de este plan diario, como el impacto estimado en gastos que genera. El impacto se medirá con respecto al cumplimiento del plan mensual, mostrando las áreas que son más impactadas por el incumplimiento del plan, pero solo valorizando una de estas y que representa el gasto extra que existe producto de un aumento del remanejo de mineral producto del bajo cumplimiento en secuencia.

6 Marco Conceptual y Metodología

6.1 Marco Conceptual

El proceso de planificación minera debe lidiar con la incertidumbre de muchas de las variables asociadas a la explotación minera como son la ocurrencia de eventos de interferencia y las capacidades reales de la infraestructura productiva minera.

La comprensión y control de esta aleatoriedad intrínseca en el proceso de planificación son fundamentales para lograr que las operaciones mineras sean capaces de reproducir el comportamiento productivo propuesto por el plan de producción. Sin embargo, actualmente el proceso de planificación es incapaz de incorporar esta naturaleza aleatoria por lo que el grado de incertidumbre asociado al cumplimiento de un plan de producción dado (que sustenta el valor del negocio) es muy elevado y poco entendido, por lo que se pone en juego el futuro económico de la faena.

Actualmente, los ciclos de planificación se basan en una serie de supuestos que intentan capturar la variabilidad intrínseca de la producción y plasmarla en los planes de producción propuestos, sin embargo estos supuestos son incapaces de adaptarse a las condiciones cambiantes de la explotación minera y reflejarla en sus resultados, por lo que pierden validez. Específicamente, hoy resulta bastante difícil acoplar y comprender como los planes de desarrollo que indican cómo la mina debe construirse en el tiempo, afectan el grado de cumplimiento de un plan de producción. Dar respuestas a preguntas como ¿dónde debo abrir nuevos puntos de ingreso a expansiones para mantener la producción actual? Son preguntas con respuestas no triviales.

6.1.1 Planificación Minera

Las empresas mineras desde hace ya más de un siglo están obligadas a presentar a la administración un proyecto de la explotación a realizar, previo a la obtención de la concesión final de explotación y, posteriormente un plan de labores anuales, que permite ejercer control por parte de los directivos de la compañía y por parte del estado, que es el propietario de las riquezas en el subsuelo. Estos artículos constituyen documentos bancables, necesarios para conseguir préstamos, justificar inversiones, y que en el caso de empresas que cotizan en la bolsa, inciden de manera directa en el valor de las acciones. En consecuencia surge la disciplina de planificación minera, que se define como el proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo, alineado con los objetivos estratégicos de la corporación, sean estos maximizar el valor presente neto (VAN), el volumen total de reserva, maximizar el tiempo de explotación, minimizar el riesgo de la inversión, etc., e integrando las restricciones

impuestas por el recurso mineral, el mercado y el entorno. Es posible separar en niveles el proceso de planificación de acuerdo las características de las decisiones tomadas:

- **Estratégicas:** Se refieren a la elección de los métodos de explotación, capacidad mina y de procesamiento y, en general las estimaciones de reservas mineras. El principal objetivo de la planificación estratégica es sincronizar el mercado con los recursos disponibles y la misión de la compañía.
- **Tácticas:** Corresponden a la especificación de los procesos a realizar a lo largo de la vida de la mina, como los programas de producción de largo plazo y los modelos de programación para la utilización de equipos y plantas de procesamiento. La planificación táctica o conceptual determina la forma de alcanzar el objetivo establecido previamente por la planificación estratégica. Su resultado es el plan minero, que define el cómo y el cuándo se extraerán los recursos, estableciendo los recursos humanos y materiales a utilizar.
- **Operativas:** Se realizan con frecuencia diaria, por ejemplo, dirección de extracción de palas, circuitos de descarga de camiones, mineral destinado a chancado, etc. Dentro de la planificación operativa se incluyen los procesos e índices operativos resultantes del plan minero correspondiente a las distintas disciplinas operativas como son producción, perforación, tronadura y desarrollos mina.

Finalmente, en función del nivel de precisión de los datos y de la escala espacial de los períodos de duración del plan minero, este se descompone en diferentes horizontes de planificación minera, los cuales constituyen una herramienta para tratar la incertidumbre dentro del proceso minero. Estos son:

- **Largo Plazo:** La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de las reservas mineras disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un plan minero anual, estableciendo el tamaño de la mina, el método, capacidad de producción, secuencia de explotación, y el perfil de leyes de corte. Se Incorpora variables más bien promedio y generales, debido a que el tamaño del problema a resolver, no permite un mayor nivel de detalle, considerando las heurísticas utilizadas actualmente.
- **Mediano Plazo:** La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo trianual y anual, y produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo.

- Planificación de Corto Plazo: El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal, mensual y trimestral. Es en esta instancia de planificación donde se debe analizar los recursos utilizados en la operación de la mina. Debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo.

A continuación se describe el proceso tradicional de planificación de largo y de corto plazo, para luego describir el estado de avance actual de las técnicas de investigación de operaciones y secuenciamiento de bloques utilizado para intentar resolver el problema de planificación en minería a cielo abierto.

6.1.2 Metodología tradicional de Planificación de Largo Plazo.

El proceso actual de planificación minera de largo plazo recibe como información de entrada un modelo de bloques, donde cada bloque contiene información de volumen y leyes del elemento con valor económico y una serie de parámetros geométricos de diseño minero para el depósito tales como ángulos de talud requeridos, ancho minero mínimo y el tamaño mínimo del fondo del pit. Con esta información de entrada se procede a realizar de manera secuencial una serie de etapas, las cuales pasarán a ser descritas a continuación tomando como base la metodología más ampliamente usada en la actualidad por la industria minera, propuesta por Whittle.

- Generación de Pits Anidados:

El cálculo de los pits anidados, corresponde a la ejecución secuencial del algoritmo de Lerchs & Grossman, utilizando un factor multiplicador del beneficio asociado a la extracción de cada bloque, este factor corresponde a un ponderador del precio. En cada ejecución del algoritmo se incorporan restricciones geométricas de precedencias verticales asociadas a un ángulo de talud. El cálculo de beneficio neto de cada bloque se realiza de manera simplificada según la metodología Whittle de la siguiente forma:

$$B_{\text{Bloque}} = (\text{Finos}_{\text{Bloque}}) \cdot (\text{RM}) \cdot (\text{Precio}) \cdot (\text{RF}) - (\text{Ton}_{\text{bloque}}) \cdot (\text{CM} + \text{CP})$$

Imagen 4: Fórmula cálculo beneficio bloque

Donde:

- B bloque: Beneficio del bloque
- RM: Recuperación metalúrgica
- RF: Revenue factor (factor multiplicador del precio)
- CM: Costo mina
- CP: Costo planta

Luego de generar los pits anidados se procede a la selección del pit final utilizando la metodología que se describe a continuación:

- Evaluación económica y selección del pit final

Luego de la generación de los pits anidados se efectúa una evaluación económica preliminar para seleccionar el pit final, para ello se genera un nuevo escenario económico donde se fija un precio, ritmo de producción mina y planta, tasa de descuento, gastos de administración y ventas, etc. En esta evaluación se calcula para cada pit anidado el valor presente neto asociado a dos secuencias de extracción, denominadas "Worst Case" y "Best Case". El primero corresponde a la concreción del plan minero mediante la extracción banco a banco del material que está dentro de cada envolvente económica, mientras que el segundo corresponde al plan resultante de la extracción pit a pit del material contenido en la envolvente económica.

Esto permite dimensionar los dos escenarios extremos que acotan en términos económicos la solución del problema del plan minero de largo plazo. La elección del pit final dependerá de los objetivos estratégicos de la compañía minera y del criterio que utilice el planificador.

- Elección de fases y construcción de programa de producción.

Las fases en el proceso tradicional de planificación de largo plazo corresponden a un subconjunto de los pits anidados contenidos dentro del pit final. Las fases seleccionadas y el plan minero están fuertemente entrelazados y se determinan de manera secuencial en un proceso iterativo donde el programa de producción se calcula maximizando el beneficio total del plan variando las proporciones de cada fase (previamente definida) consumidas período a período. De acuerdo a esta metodología se debe seleccionar los pits anidados que corresponderán a cada fase a través de un ejercicio de prueba y error buscando la cantidad y disposición espacial de fases que conduzcan al mejor plan de producción. Típicamente para la construcción del plan de producción se considera un número mínimo y máximo de bancos que deben ser extraídos de una fase para que la fase siguiente comience a ser extraída y un número máximo de bancos que pueden estar en explotación en una fase por período.

- Diseño minero y suavizamiento del plan de producción.

Finalmente se procede a operativizar el resultado del plan de producción propuesto por la metodología previamente descrita, efectuando el diseño operativo de fases e incorporando las rampas de acceso que determinarán el punto de entrada a cada banco. El resultado de esta última etapa es el que alimenta al proceso posterior de planificación de corto plazo, el cual pasa a describirse a continuación.

6.1.3 Metodología tradicional de Planificación de Corto Plazo

La generación de un programa de producción de corto plazo se realiza actualmente de manera manual utilizando distintos softwares de diseño que permiten delimitar y cuantificar los volúmenes seleccionados para la extracción período a período por el planificador. La planificación de corto plazo se efectúa posteriormente y de manera secuencial a la planificación de largo plazo y tiene como información de entrada las fases-banco previamente definidas, la metodología se describe a continuación:

- Recopilación de información del plan de largo plazo:
 - Triangulaciones o sólidos (volúmenes de material) de fase-banco disponibles para el período de acuerdo al plan de largo plazo.
 - Diseño de fase-banco involucradas en el período, con el cual se obtiene la ubicación de la rampa de acceso a cada fase y específicamente el punto de ingreso a cada banco.
 - Modelo de bloques, que contiene la información básica y necesaria para realizar el plan minero. La visualización del modelo de bloques permite identificar el comportamiento de las variables geometalúrgicas dentro de un banco, a través de una leyenda de visualización en un software de diseño.
- Recopilación de información de mediano y corto plazo:
 - Modelo de bloques actualizado con la información de los pozos de tronadura y mapeos geológicos.
 - Secuencia de perforación de la fase-banco (diseños de perforación). Si bien no es un input directo para el plan de extracción, sí debe ser considerado en los desarrollos de la mina ya que se debe generar los espacios para los patios de perforación y el camino de servicios que necesita este proceso.
 - Definición de cortes, que corresponden a los volúmenes específicos a ser extraídos desde cada fase-banco período a período:
 - Este procedimiento se realiza mediante una metodología manual de prueba y error, en la cual el planificador realiza cortes en la fase-banco en explotación definidas previamente en el proceso de planificación de Largo Plazo, y consta de los siguientes pasos:
 - Visualización del modelo de bloques para identificar sectores y trabajos de desarrollo a realizar para acceder a zonas de interés, las cuales fundamentalmente corresponden a las de mayores leyes del material asociado al negocio de cada faena minera.
 - Se despliega la triangulación fase-banco a incluir en la planificación.

- Finalmente se selecciona el volumen en cada fase-banco a extraer por período. Al construir estos sólidos el planificador minero debe tener en cuenta los equipos de carguío de los que dispone la faena minera y debe asegurar la extracción en cada período del volumen requerido para saturar la planta de procesamiento. Además de lo anterior debe procurar cumplir con el movimiento mina que garantiza el stripping de estéril establecido por el plan de largo plazo para el horizonte temporal de corto plazo que se está planificando y asegurar el cumplimiento de las restricciones geometalúrgicas impuestas por el área de procesamiento para cada período. Este último ítem genera la necesidad de que el planificador minero de corto plazo realice múltiples ensayos de prueba y error que le permitan encontrar los cortes o polígonos de extracción que período a período cumplan con todas las restricciones establecidas.

La planificación de corto plazo presenta complicaciones ya que no es trivial operativizar el plan entregado por las planificaciones de más largo plazo. Su rol es fundamental porque es la encargada de relacionarse con la operación y debe dar las explicaciones de las decisiones que se toman para poder influir en la correcta ejecución del plan.

De esta manera nace la planificación semanal y en particular la planificación diaria, buscando el apoyo a la operación con el objetivo único del cumplimiento del plan mensual que entregará el cobre comprometido con los clientes.

6.2 Metodología de Trabajo

La metodología a implementar es básicamente descriptiva, analítica y práctica partiendo con la evaluación de la situación actual en cuanto a las brechas que existen en la planificación diaria. Este será el punto de partida que permitirá establecer los requerimientos del área operativa para poder lograr un buen entendimiento de la planificación.

Luego, es clave establecer los objetivos generales y específicos del estudio, además de los alcances para así tener claridad de lo que se está buscando y tener la claridad si finalmente se cumple con lo pedido.

Posteriormente, se obtendrán los requerimientos de cada una de las áreas involucradas en el plan diario que son, producción, perforación, tronadura y desarrollo y servicios mina.

De forma paralela se realizará un benchmarking que apunte a poder revisar es estado del arte en cuanto a planificación diaria y tener la opción de incorporar alguna práctica en beneficio del presente estudio.

Se genera así una propuesta del proceso de planificación diaria para cada área productiva y que será oficializado en un solo documento. Además se entregará la opción de visualizar este plan diario en un software 3D con el objetivo de facilitar el entendimiento de este.

Finalmente se presenta una estimación del impacto en costo que tiene el incumplimiento del plan mensual, mostrando las actividades más golpeadas, pero solo valorizando una de ellas.

Se decidió utilizar esta metodología ya que incorporará toda la información interna que se requiere para la confección del plan diario. Se involucrará a todas las unidades productivas, por lo que el resultado final incluirá todos los acuerdos con los clientes. Además se incluirán las mejoras que se puedan obtener de otras faenas, buscando que este plan diario sea utilizable en cualquier faena minera.

Como desventaja se puede mencionar que no existe mucha información como para usar de referencia ya que la planificación diaria no se tiene en todas las minas, menos con el detalle que se quiere y en una faena tan grande como Minera Escondida Ltda.

En la Imagen 5 se muestra un esquema de la metodología que se aplicara en el estudio:

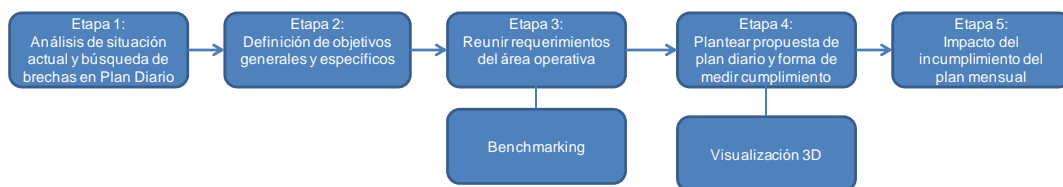


Imagen 5: Metodología aplicada a la propuesta de planificación diaria

A continuación se explican en detalle los pasos a seguir en la metodología de trabajo del presente estudio:

- Etapa 1: Se analiza la situación actual de la planificación diaria y se evaluación de cumplimiento actual de este plan. Se buscan las posibles razones del no cumplimiento y se determinan las brechas que pueden existir en la planificación.
Se reúne toda la información necesaria para poder establecer que un porcentaje alto de cumplimiento del plan diario implica minimizar las desviaciones del plan mensual.
- Etapa 2: Se determinan los objetivos generales, específicos y los alcances del presente estudio. Esto permitirá tener claro los límites que se abordarán así como los problemas que se busca resolver. Será el punto de partida para poder enfocar de manera correcta el trabajo y no incurrir en desviaciones que lo perjudiquen.

- Etapa 3: La etapa 3 consta de dos trabajos que se realizarán en forma paralela:
 - Determinación de unidades productivas críticas: Se establecerán las áreas productivas críticas que tienen la necesidad de que se les planifique diariamente. Luego, se reúnen los requerimientos de todos los stakeholders involucrados. Para esto es necesario unificar criterios y acordar cuales son los alcances que se abordaran en el plan diario. Se determinó que los stakeholders principales son las áreas productivas de producción, perforación, tronadura y desarrollo y servicios mina. Se realizaron reuniones con cada uno de ellos para determinar los requerimientos específicos y en conjunto que tienen estas áreas.
 - De forma paralela se realizó un benchmarking a las minas de mayor tamaño y que de alguna manera la planificación diaria podría tener relación con lo que se desea realizar en Minera Escondida. Se revisará en detalle lo que estas minas hacen para poder incorporar mejoras en el presente estudio.

- Etapa 4: La etapa 4 también consta de dos trabajos:
 - Determinación de actividades principales por área: Una vez que se tienen claras las áreas que serán incorporadas en la planificación diaria y se tienen claros sus requerimientos se procede a la construcción de este plan, en donde eventualmente se incorporan algunas mejoras que se obtuvieron en el benchmarking. Este plan diario buscará entregar la información de la manera más simple y clara posible, para esto se trabajará de la mano con cada una de las áreas críticas de manera de satisfacer sus requerimientos y no generar información que no agregue valor.
 - Visualización 3D: Se revisa el input necesario para el correcto funcionamiento del software, facilitando el entendimiento de los planes diarios, ya que se detectó que muchas veces el plano habitual en 2D que se utiliza en la mina, no clarificaba el trabajo solicitado, teniendo como consecuencia el hacer mal la tarea, demoras en la ejecución de estos o doble trabajo, lo que tiene un costo extra asociado.

- Etapa 5: Al finalizar el estudio se presentará el impacto que tiene el cumplimiento del plan, detallando las áreas más relevantes, con la evaluación estimada en gasto extra de una de ellas. Se debe tener claro que las desviaciones de secuencia mensual se presentan por un atraso o un adelanto en la foto estimada por el plan mensual versus lo que ocurre en la realidad. Lo anterior genera un impacto ya que si existen desviaciones en el plan, se deberá programar trabajos no contemplados en el plan mensual.

7 Propuestas del proceso de planificación

7.1 Visión General (síntesis)

Según el nuevo modelo operativo que se pretende implementar en forma transversal a todos los Assets de BHP Billiton, la planificación juega un rol clave en la organización. Todas las actividades operacionales solamente se deben concentrar en operar y ejecutar los programas realizados por el área de planificación. De esta manera se deja en claro cuáles son las responsabilidades de cada una de las áreas, no dejando que existan dualidades en las funciones.

Comienza así, un largo proceso que se inicia con la necesidad imperiosa de contar con un plan que permita operar de manera “distinta” la mina.

Antes de implementar este nuevo modelo operativo, solo existía un plan semanal que indicaba todos los movimientos que se debían hacer durante toda la semana en la mina. Considerando la cantidad de equipos que tiene Minera Escondida, con 19 palas eléctricas, 170 camiones, y más de 100 equipos de apoyo, pensar en que en una semana completa no van a haber imprevistos (lo que indica un proceso variable), es algo utópico para la realidad actual. Debido a esto se llega a la necesidad de contar con un plan diario para la mina que pueda especificar el detalle de cada una de las actividades que se deben hacer en la operación, alineándose al plan semanal y buscando el máximo cumplimiento del plan mensual haciendo frente a la variabilidad del proceso. Por otra parte, gracias a una detallada planificación diaria, se podrá hacer gestión con las que más presentan problemas de cumplimiento en sus planes ya que se pondrá mucho énfasis a los cumplimientos de cada uno de los planes de estas áreas, es decir, se comparará lo planificado versus lo real, permitiendo encontrar los responsables que no ayudaron a que el plan se cumpliera.

Nace de esta manera el plan diario que se implementa de manera bastante rápida en su inicio y con muchas falencias que de a poco fueron desapareciendo, pero con brechas que es muy importante cerrar. La implementación de este plan, requiere una manera distinta de abordar el proceso de planificación, teniendo en cuenta además que es necesario contar con el recurso humano “extra” que permita que este plan funcione de manera correcta.

Una vez que se asimila este cambio de enfoque en la planificación y que además se cuenta con el recurso humano, es posible pensar en hacer las mejoras correspondientes que permitan cerrar las brechas existentes.

Muy importante en todo este proceso es generar un ciclo de trabajo que permita cerrar las mejoras que se propondrán. En la Imagen 6 se muestra el ciclo de trabajo requerido que parte del área de planificación para luego pasar a la ejecución que la realiza el área de operaciones. Posteriormente aparece de nuevo el área de planificación para verificar el cumplimiento y la adherencia al plan realizado. Finalmente una de las etapas más importantes de este ciclo de trabajo es el tomar medidas pertinentes cuando los planes no se cumplen a cabalidad. Se debe generar un plan de acción que apunte a acortar las diferencias entre lo que se planificó y lo que se ejecutó.

Actualmente este ciclo de trabajo no funciona bien ya que se tarda mucho en tomar un plan de acción y se pasa directamente desde el “check” al “plan” no dando espacio para hacer las mejoras que permitan que el cumplimiento del plan sea mayor.

El plan diario que aquí se propone intenta entregar todas las instancias para que este ciclo se pueda cerrar y tener de esta manera un proceso de mejora continua. Este plan diario se enfocará en la tres áreas principales de la mina, que son Producción, Perforación/Tronadura y Desarrollo/Servicios Mina. Estos serán los principales clientes, sin olvidar por supuesto la componente de seguridad que deben tener todos los planes.

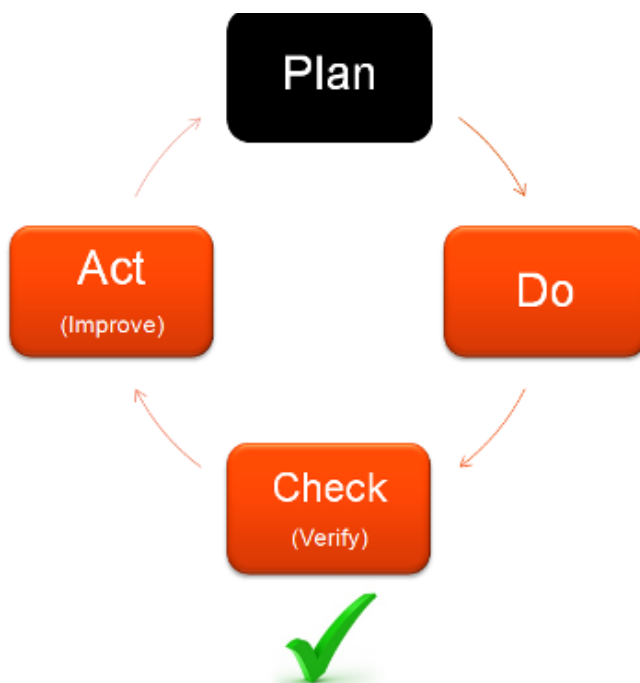


Imagen 6: Ciclo de trabajo requerido

7.2 Producción

El área de producción en Minera Escondida está liderada por dos Superintendentes de Producción (uno de cada rajo) y que a su vez están liderados por el Gerente de Operaciones Mina.

La labor principal de ésta área es el carguío y transporte de material a chancados, pilas de lixiviación y botaderos apuntando a cumplir los planes de producción entregados por el área de planificación. La flota de equipos que la compone es de:

- 19 palas eléctricas + 1 hidráulica
- 5 cargadores propios y 4 contratistas
- 3 Excavadoras contratistas
- 173 camiones propios + 43 contratistas

Tal como se mencionó en el capítulo de metodología, se solicita una reunión con los responsables de esta área, para poder canalizar y formalizar los requerimientos que tengan y luego verificar la factibilidad de incorporarlos y además poder recomendar algunas actividades que el área de planificación considera claves. Además se propondrán mejoras que hayan sido detectadas en el benchmarking realizado a otras faenas.

7.2.1 Requerimientos área de Producción

Según las reuniones establecidas con el área de producción los requerimientos pasan por un documento diario en donde se indique el detalle de todos los equipos de carguío y transporte necesarios para cumplir con el plan, indicando su ubicación, el detalle del tipo de material, origen y destino de los camiones. Todo lo anterior respaldado por una evaluación de riesgos que incorpore los riesgos principales para tener en cuenta en el plan.

Esto sin duda debe estar alineado con planes diarios de mantención de chancados, palas y camiones, otorgando una gran importancia a la comunicación que debe tener el área de planificación con todas las áreas mencionadas para así obtener un plan realista.

Por otra parte, el plan diario de producción debe considerar las condiciones reales que se presentan con los equipos de carguío, ya que la postura de cada uno de estos es muy distinta en función de la ubicación en el rajo. Por ejemplo, es muy distinta la condición para una pala que está haciendo remate de banco a una pala que está abriendo un blanco con una frente de carguío amplia que permite obtener mejores resultados en cuanto a la utilización y rendimiento, lo que por supuesto hace que la cantidad de camiones asignado a cada equipo de carguío varíe.

Se puso bastante énfasis a este requerimiento y se mencionó que generalmente ocurre que se le programa una cierta cantidad de tonelaje a una pala, pero no se consideran factores como por ejemplo los traslados, los cortes de energía por tronadura, los despejes por tronadura, los arreglos de piso en el caso que la pala se esté clavando en rampa, etc. Por lo tanto se solicitó que si buscamos el cumplimiento máximo del plan diario, este debe ser lo más realista posible y debe incorporar todos los detalles que sean necesarios.

De esta manera se llega a los parámetros más importantes que requiere el área de producción como input para su operación:

- Ubicación del equipo de carguío (origen)
- Tipo de material con que trabajará (alta ley, marginal, óxido, lastre)
- Destino de descarga de los camiones que trabajarán con este equipo de carguío
- Disponibilidad física del equipo de carguío (dado por el área de mantención)
- Utilización del equipo de carguío (dado por planificación en función de la condición real del equipo)
- Rendimiento (dado por planificación en función de la condición real del equipo)
- Número de camiones necesarios para cumplir tonelaje planificado
- Tiempos de ciclo de los camiones
- Comentarios generales que indiquen alguna condición especial
- Evaluación con los riesgos más importantes del plan ya que la componente HSEC es fundamental en cualquier plan

Además de lo anterior, surge como requerimiento de parte del cliente, que se muestre en un plano y con fotos reales los polígonos de avance de cada uno de los equipos de carguío, para facilitar el entendimiento por parte de los jefes de turno, sobre todo para los que trabajan en turnos de noche.

Finalmente se logró un consenso que el visualizador 3D ayuda a visualizar los planes diarios y que es muy importante estar incorporando tecnología que posteriormente permitirá ir monitoreando el avance en línea de las palas y ver si existen desviaciones para poder tomar acciones inmediatas.

7.2.2 Benchmarking área de Producción

En general, en minas de gran tamaño, no se encontró un plan diario que cumpliera con todos los requerimientos mencionados en el punto anterior. Se revisó planes diarios de Los Bronces (AngloAmerican), Radomiro Tomic (Codelco) y Chuqui (Codelco). Todas estas minas presentan movimientos sobre las 400 ktpd y tienen una cantidad de equipos que permiten hacer un análisis representativo ya que no se tomaron en cuenta faenas con bajos tonelajes de movimiento, con pocos equipos mineros y que se diseño de planificación diaria fuera totalmente distinto.

A continuación se muestran algunos ejemplos de la información obtenida en los planes diarios de las faenas mencionas.

En la Imagen 8 e Imagen 9 se observa el mejor formato de planilla de producción que se encontró en las faenas observadas:

DESARROLLO:

EQUIPO Desarrollo	ORIGEN	TURNOS		
		A	B	A
P205	2810-F16-Oeste Rpa Operativa	13,750	27,500	13,750
P211	2945 - F23	16,250	32,500	16,250
P210	2885 - F17 Oeste	16,250	32,500	16,250
PT01	2915 - F17 Recorte Rampa ESTE	7,500	15,000	7,500
P206	2900 - F17 Sur Oeste	Mineral	Mineral	Mineral
P208	2900 - F17Este	Mantenc	Mantenc	Mantenc
P204	2945 - F20 Sur Este	15,000	30,000	15,000
CF3	Cuña	5,000		5,000
CF3	2945-Rampa Fase 23		16,000	
CF4	2900-F17-Rampa	7,500	15,000	7,500
P202	2900-F17 Este	Mantenc	Mantenc	Mantenc
P209	2915 F20	15,000	Mineral	Mineral

EQUIPO	ORIGEN-DESTINO	TURNOS		
		A	B	A
Correa Brottec	Planta BCF			
P201	2660 - F32 Cierre Norte	13,750	27,500	13,750
P207	2615 - F32 NorEste	10,000	20,000	10,000
CF1	2645 - SurOeste	9,500	19,000	9,500
P203	2810 - F16 Sur Oeste	10,000	5,000	Mineral
PT03	2915 F20	10,000	20,000	10,000
CF2	Planta Brottec	5,000	10,000	5,000
		154,500	339,000	175,500

Imagen 8: Planilla de Producción obtenida en Benchmarking

	LEY DE SULFUROS			
	%CuT	%CuS	%Mo	TON
P207 2615-F32	0.71	0.05	0.020	40000
CFrontal - 2630 Sur	0.50	0.05	0.006	38000
TOTAL	0.61	0.05	0.013	78000

Imagen 9: Panilla diaria de alimentación

Como se puede ver, se especifica el equipo de carguío, la ubicación de estos, los equipos contemplados en alimentación a chancado y las leyes asociadas a ellos, además el tonelaje asociado a cada turno.

Todos estos parámetros fueron requeridos por el área de operaciones por lo que nos asegura que efectivamente debemos incorporar los a la planificación diaria de Escondida, sin embargo hay muchos de los parámetros solicitados que no se encuentran, como por ejemplo, la disponibilidad, utilización, rendimiento por hora, observaciones que indiquen una condición anómala en la mina, etc.

Lo otro que se observó es que se adjunta a este plan diario un esquema real de fotos que indican la ubicación de la pala y que es de mucha utilidad para los turnos que trabajan en las noches. Este también fue un requerimiento que nació del área de operaciones y que también se incorporará en la planificación diaria propuesta.



Imagen 10: Imagen real de secuencia de pala en plan diario de Benchmarking

Estas imágenes como las que se presentan en la Imagen 10, existen para cada equipo de carguío contemplado en la planificación diaria. Sin embargo se detectó que no especifica el tipo de material con que trabaja la pala lo que implica que esta foto no adquiere el mayor valor agregado que se le pudiera dar.

En lo concerniente a camiones, no se encontró la cantidad de camiones con que debe trabajar el equipo de extracción ni la cantidad de camiones para cumplir el plan total del turno. Tampoco se encontró información sobre los tiempos de ciclo de camiones ni el destino específico en donde deben descargar.

Otro tema importante a destacar es que en los planes diarios revisados no hay información sobre los equipos de carguío que entran a mantención programada, el compromiso de tonelajes de envío a chancado ni el compromiso de procesamiento de las plantas, lo que de alguna manera no permite a operaciones tomar las mejores decisiones en el caso de imprevistos de mineral ya que no se cuenta con toda la información necesaria disponible.

Se determina del Benchmarking que si bien es cierto existen faenas con planes diarios en sus operaciones, no cumplen con los requerimientos que establecen la áreas productivas en Minera Escondida. Por lo tanto del estudio externo se incorporarán solo algunas propuestas, pero la base será construida principalmente en forma interna con los clientes.

7.2.3 Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido

Tomando en cuenta los requerimientos del área de producción y el benchmarking realizado, se determinan los recursos necesarios para poder cumplir.

Se establece entonces que para poder cumplir con todo lo solicitado se necesitan dos personas que en conjunto puedan generar este plan diario. Una, el ingeniero de planificación, encargado de la parte técnica de planificación que tendrá como función ejecutar los planes diarios en el software para luego coordinar el envío de minerales a chancado y las leyes de estos materiales con el área de control de mineral. Además se requiere que exista una coordinación con el área de mantención de palas para ver diariamente que palas estarán en mantención programada y que por lo tanto no podrán considerarse. También debe coordinar con el área de chancados para ver la capacidad de recepción que tendrá y así poder programar tonelajes de acuerdo a este requerimiento.

La otra persona clave para el funcionamiento de este plan es el Jefe de Terreno que estará encargado de que el plan se ejecute en terreno y de verificar las condiciones reales en que se encuentra la mina para así poder hacer un plan realista. Será el nexo entre el área de planificación y operaciones. Además estará encargado de generar a tiempo las desviaciones que permitan tomar medidas inmediatas con el fin de minimizarlas.

El ingeniero de planificación y el Jefe de Terreno son elementos que ya existen por lo que no se requiere un recurso adicional, solo alinear las funciones de cada uno de ellos y permitir la correcta coordinación con las demás áreas mencionadas.

El flujo de información requerida para un plan diario, las tareas y compromisos se muestran en la Imagen 11

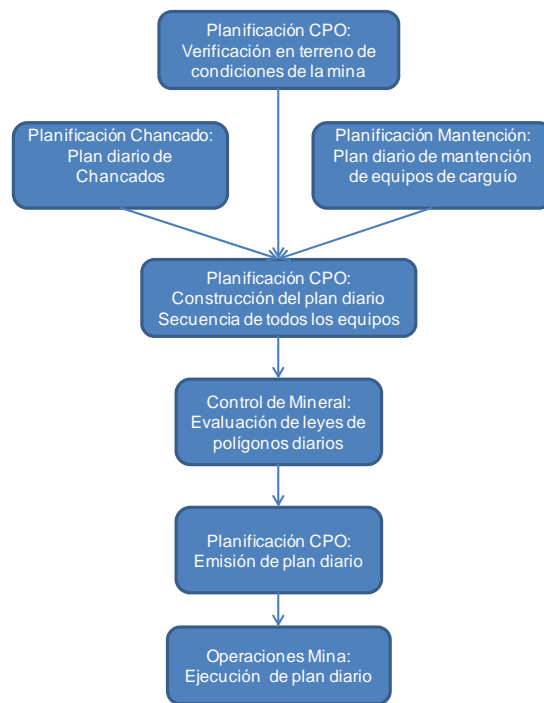


Imagen 11: Flujo de información en la construcción del plan diario

7.2.4 Propuesta de plan diario de producción

Según los requerimientos establecidos por el área de operaciones, junto con los hallazgos encontrados en el benchmarking y considerando los recursos requeridos para la confección del plan diario, se genera una propuesta para la planificación diaria.

A continuación se muestran uno por uno los resultados de este plan diario propuesto para el área de producción, que además de lo solicitado por ellos, contiene información relevante que el área de planificación consideró fundamental incluir, como por ejemplo las leyes de todos los sectores que tienen mineral para que por cualquier imprevisto de chancados o de palas contempladas en la alimentación se pueda tomar la mejor decisión (por ej durante turnos de noche).

En la se presenta la planilla de producción diaria, turno noche (de igual manera se hace para el turno día), con todos los parámetros solicitados y propuestos.

Por temas de visualización solo se muestra una pala, pero en la práctica el plan se realiza para cada equipo de extracción:

PLAN DIARIO RAJO ESCONDIDA										
Plan de Extracción Noche Miércoles, 20 de Junio de 2012										
EQUIPO	ORIGEN	MATERIAL	DESTINO	DF(%)	UT(%)	TPH	TPT	Tciclo(min)	N° de Camiones	OBSERVACIONES
LDW-1	S3C-3040	Lastre	BotDiqueE	89.6%	77.5%	1,500	12,500	23	3	Trabajo de desarrollo
SHE055	Stock 3100	Chancado	CH1-CH3	89.6%	79.1%	4,000	34,000	30	6	Alimentacion
SHE056	SMX31405W001-M1	Mixto	P3F14	89.6%	44.3%	4,200	20,000	53	5	pilas
SHE062	S3C-3040	LASTRE	BotDiqueE	89.6%	80.9%	4,600	40,000	15	3	
SHE065	S3C-3040	LASTRE	BotDiqueE	89.6%	81.6%	5,700	50,000	18	5	

Imagen 12: Ejemplo de propuesta de planilla de producción diaria

Luego de esta planilla de producción se muestra una imagen con los materiales que tiene la pala en su frente de avance, indicando los polígonos comprometidos para el turno. Se puede ver lo comentado en la Imagen 13

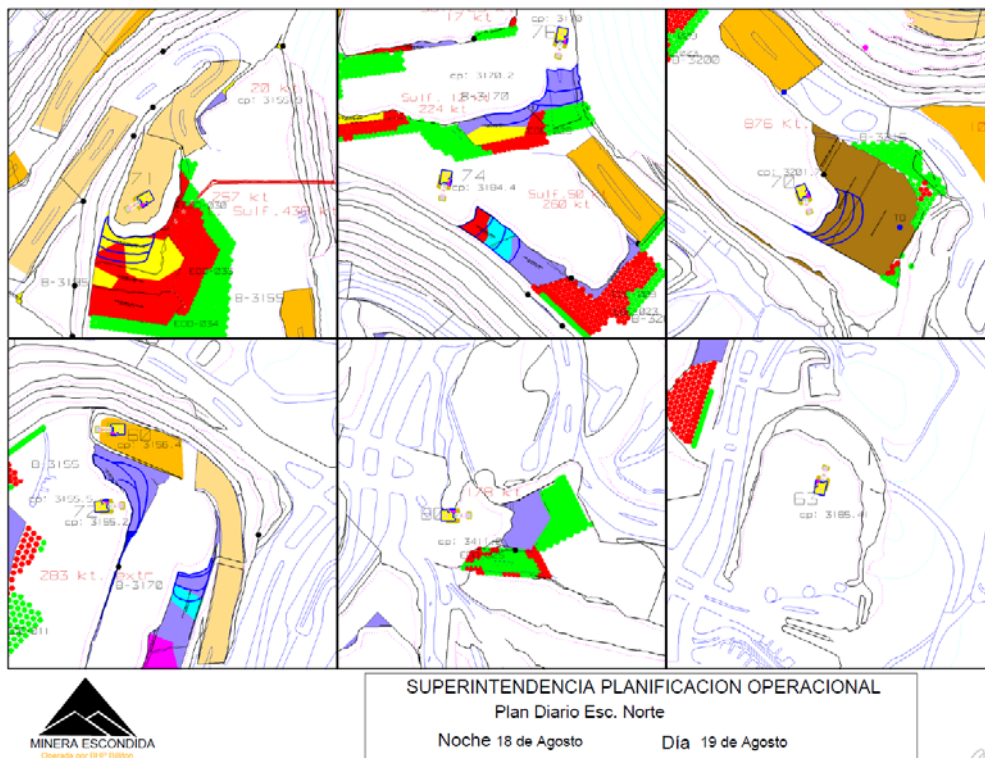


Imagen 13: Polígonos diarios y materiales en avance de palas

Finalmente se incorporan fotos reales que muestran estos avances, buscando el objetivo de clarificar sobre todo al turno que trabaja de noche ya que como es sabido no es posible tener la visual que si se tiene en el día.



Imagen 14: Fotos reales de propuesta de planificación diaria en el área de producción

Luego de presentar todos los detalles de la planificación diaria en el área de producción, se presenta una lámina con la evaluación con los riesgos más importantes del plan. El esquema de presentación es el que se muestra en la Imagen 15:

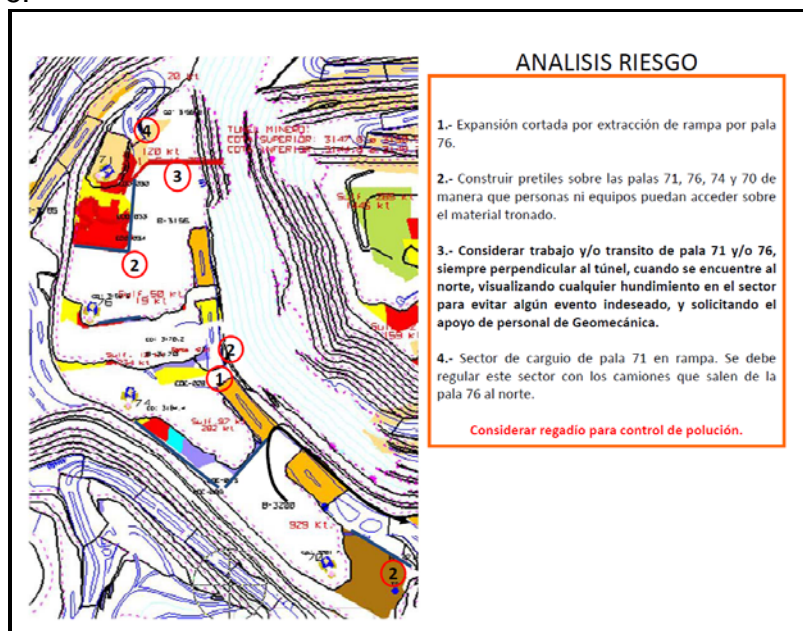


Imagen 15: Evaluación de riesgos del plan diario

La última información que falta y que está incluida en los requerimientos hechos, es la información con la mantención programada diaria de palas y la información con la capacidad diaria que tendrán los chancados. Ambos planes se pueden observar en las respectivamente.

Turno Noche			Turno Día			Observaciones
Saturday, August 18, 2012			Sunday, August 19, 2012			
Equipo	Mantención		Mantención		Total Hrs	
	Inicio	Entrega	Inicio	Entrega		
SHE055						
SHE056						
SHE060						
SHE062						
SHE063						
SHE065						
SHE066						
SHE067	20:00	8:00	8:00	20:00	47 días	Reparacion mayor.-
SHE068						
SHE069						
SHE070						
SHE071						
SHE072						
SHE073	20:00	8:00	8:00	20:00	21 días	Reparacion mayor.-
SHE074						
SHE075						
SHE076			10:00	14:00	4	Instalacion disco duro Rocky.-
SHE077			8:00	20:00	24	PMB + Backlog.-
SHE078	20:00	8:00			36	PM3000 + backlog.-

PM X Pauta de mantención X=A, B, C, ...
 CTC Cambio de Todos los Cables
 CCL Cambio de cable levante
 CER Cambio de cable Empuje y Recoge

Imagen 16: Plan diario de mantención programada de palas

REUNIÓN DIARIA DE COORDINACIÓN CONTROL DE MINERAL - PLANTAS - CHANCADOS							
Fecha:	20-08-2012	Hora:	16:59	Área:	Superintendencia de Producción Chancados y Correas		
Sup.Ch&C:	Franco Hermosilla Torres						
Configuración para Turno Noche 20-08-2012							
No.	Estado Operacional	Programa Turno [Ton Secas/Turno]	Asignación [tph]	Configuración hacia las Plantas	Inicio Mantención	Término Mantención	Comentarios
Ch #1	Atollo	0	0		20:00	8:00	Atollo con material en taza
Ch #2	Operativo	20,000	3,500	100% Los Colorados (A)	---	---	Sin trabajos contemplados durante turno de noche
Ch #3	Operativo	45,000	6,500	100% Los Colorados (B)	---	---	Sin trabajos contemplados durante turno de noche
Ch #5	Operativo	55,000	7,000	100% Laguna Seca	1:30	3:00	Cambio de cabezal Picarroca Ch35
Total Sulfuros		120,000	17,000		---	---	
Ch #4	PM	0	0		20:00	8:00	Mantención programada alineada con shifting Área Seca
Configuración para Turno Día 21-08-2012							
No.	Estado Operacional	Programa Turno [Ton Secas/Turno]	Asignación [tph]	Configuración hacia las Plantas	Inicio Mantención	Término Mantención	Comentarios
Ch #1	Atollo	0	0		---	---	Atollo con material en taza
Ch #2	Operativo	20,000	3,500	100% Los Colorados (B)	---	---	Reserva todo el turno día producto de PM de 24 hrs. en la línea B
Ch #3	Operativo	45,500	6,500	60% Laguna Seca / 40% Los Colorados (A)	---	---	Sin trabajos contemplados durante turno de día
Ch #5	Operativo	50,000	7,000	55% Laguna Seca / 45% Los Colorados (B)	---	---	Cambio de polines CV-2C
Total Sulfuros		115,500	17,000		---	---	
Ch #4	PM	0	0		8:00	20:00	Mantención programada alineada con shifting Área Seca

Imagen 17: Plan diario de capacidad de chancados

7.3 Perforación y Tronadura

El área de perforación y tronadura en Minera Escondida está liderada por un Superintendente, que a su vez está liderados por el Gerente de Operaciones Mina.

La labor principal de ésta área es administrar y controlar las áreas técnicas y operacionales de perforación & tronadura, además del control de las empresas prestadoras de servicios de aceros y explosivos, a fin de garantizar el cumplimiento de los programas HSEC y Plan Minero en volumen, fragmentación y costos de los procesos operativos

La flota de equipos la componen:

- 11 perforadoras eléctricas
- 9 perforadoras diesel
- 5 perforadoras de precorte contratistas
- Un contrato externo de explosivos

Al igual que en el proceso de producción se generó una reunión con los encargados del área para poder establecer los requerimientos. Estos, se deben analizar para ver la factibilidad de incorporarlos en base a los recursos de planificación que se tiene y en base a las prioridades que se acuerden. Además se pueden incluir las mejoras que se hayan encontrado en el benchmarking.

La idea de tener un plan diario para esta área es entregar un documento todos los días en donde se indique el detalle de todas las perforadoras necesarias para cumplir con el plan determinado por el área de planificación, indicando los parámetros operacionales más importantes. Esto sin duda debe estar alineado con planes diarios de mantención perforadoras.

Es importante reflejar en este plan diario de perforación las condiciones reales que tendrá el equipo durante el día, es decir, se debe reflejar si por ejemplo la roca que perforará es muy dura con un bajo rendimiento o si la perforadora será trasladada deberá ser reflejado con una baja utilización. Finalmente debe existir una instancia en que se pueda revisar el cumplimiento diario del plan, tema que se expondrá en la propuesta de plan diario para perforación & tronadura.

7.3.1 Requerimientos área de Perforación y Tronadura

Según las reuniones establecidas con el área de perforación & tronadura los requerimientos pasan por un documento diario en donde se indique el detalle de todos los equipos de perforación necesarios para cumplir con el plan, indicando su ubicación, malla a perforar y los parámetros operacionales más importantes. Todo lo anterior respaldado por una evaluación de riesgos que incorpore los riesgos principales para tener en cuenta en el plan.

Lo anterior debe estar alineado con planes diarios de mantención programada de perforadoras, lo que nuevamente (al igual que en el caso de producción) le otorga un grado alto de importancia a la comunicación que debe tener el área de planificación con todas las áreas relacionadas con perforadoras.

Por otra parte, el plan diario debe considerar las condiciones reales que se presentan con las perforadoras, ya que los parámetros operacionales de cada una de estas son muy distintos en función de la ubicación en el rajo. Por ejemplo, es muy distinta la condición para una perforadora que esté perforando en grava o en una roca mucho más dura. Los rendimientos en este caso serían muy distintos. Lo otro importante es reflejar si existirá un corte de energía programado o un traslado ya que esto impacta directamente la utilización del equipo.

Este punto tiene mucha importancia, ya que generalmente se le da prioridad a los equipos de carguío por sobre las perforadoras. Históricamente estas tienen menor utilización así que se solicitó ser muy realistas con los parámetros operacionales planificados.

De esta manera se llega a los parámetros más importantes que requiere el área de perforación y tronadura como input para su operación:

- Ubicación del sector en donde debe estar la perforadora
- Malla que debe perforar (indicando parámetros de la malla)
- Disponibilidad física dada por el área de mantención
- Utilización en función de las condiciones operacionales
- Rendimiento (metros x hora, pozos x turno)
- Comentarios generales que indiquen alguna condición especial
- Evaluación con los riesgos más importantes del plan ya que la componente HSEC es fundamental en cualquier plan

Además de lo anterior, surge como requerimiento de parte del cliente, que se muestre en un plano y con fotos reales de los sectores en donde deben perforar los equipos, para así poder visualizar sectores que tengan algún riesgo especial. Esto ayuda mucho al turno de noche que no tiene buena visual del panorama completo. No existieron requerimientos para el visualizar 3D.

7.3.2 Benchmarking área de Perforación y Tronadura

Los planes diarios estudiados de otras faenas no ayudan mucho en lo que es la planificación de perforación. Se observó que solo se indica la ubicación del equipo, sin especificar parámetros operacionales lo que no permite finalmente tener una medición del cumplimiento. Según los requerimientos de Minera Escondida, es muy importante que cada área tenga establecidas sus responsabilidades y verificar su cumplimiento, en este caso las responsabilidades están claras, pero no se puede establecer si la gestión que se hizo cumplió con los requerimientos.

En la Imagen 18: Plan diario de perforación de benchmarking se observa una plan diario visto en otra faena, en donde se puede apreciar que solo se indica la ubicación, sin especificar parámetros como disponibilidad, utilización, rendimiento, etc.



Imagen 18: Plan diario de perforación de benchmarking

7.3.3 Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido

Tomando en cuenta los requerimientos del área de perforación y el benchmarking realizado, se determinan los recursos necesarios para poder cumplir.

Se establece entonces que para poder cumplir con todo lo solicitado se necesitan dos personas que en conjunto puedan generar este plan diario. Ambas personas son las mismas que se utilizan en el plan diario de producción, es decir, el ingeniero de planificación y el jefe de terreno. Que deben tener las mismas funciones, o sea, el ingeniero de planificación, encargado de la parte técnica de planificación que tendrá como función ejecutar los planes diarios en el software para luego coordinar las posturas y parámetros operacionales de las perforadoras, en coordinación con el área de mantención de perforadoras que dará el input de la disponibilidad de estas.

Por otro lado, el jefe de terreno seguirá siendo el encargado de que el plan se ejecute en terreno y de verificar las condiciones reales en que se encuentra la mina para así poder hacer un plan realista. Será el nexo entre el área de planificación y operaciones. Además estará encargado de generar a tiempo las desviaciones que permitan tomar medidas inmediatas con el fin de minimizarlas.

Como se mencionó antes, el ingeniero de planificación y el jefe de terreno ya existen como cargo, por lo que no se requiere un recurso adicional al actual.

7.3.4 Propuesta de plan diario de Perforación y Tronadura

A continuación se muestra la planilla diseñada para el área de perforación junto con las imágenes que el cliente requiere:

PLAN DIARIO RAJO ESCONDIDA NORTE										
Plan de Perforación Noche Tuesday, July 10, 2012										
EQUIPO	Expansión- Banco	Malla	B X E	DF(%)	UT(%)	Rend.(m/h)	Metros	N° Pozos	Día de tronadura	OBSERVACIONES
EDE011	N7-3055	6006	9.5 x 11.0		60.0%	95	0	0		
		6007	9.5 x 11.0				0	0		
EDD025	N8-3425	3002	6.0 x 7.0		60.0%	37	0	0	(11-07-2012)	
							0	0		
EDD017	N8-3425	3002	6.0 x 7.0		48.0%	37	0	0	(11-07-2012)	
							0	0		
EDE023	N6-3215	5114	7.5 x 8.5		46.0%	75	0	0		
		5109	7.5 x 8.5				0	0		
		5110	7.5 x 8.5				0	0		
EDD035	N6-3200	5089	7.5 x 8.5		75.0%	90	0	0		
		5088	7.5 x 8.5				0	0		
EDE009	N6-3155	5022	6.5 x 7.5		60.0%	78	0	0	(11-07-2012)	
		5118	6.5 x 7.5				0	0		
		5012	6.5 x 7.5				0	0		
EDE028	N6-3215	5012	6.5 x 7.5		65.0%	86	0	0		
EDD030	N6-3215	5012	6.5 x 7.5		58.0%	70	0	0		
							0	0		

Imagen 19: Planilla plan diario perforación y tronadura

Como se puede ver en la Imagen 19 se informan en la planilla diaria de perforación y tronadura todos los requerimientos solicitados y acordado con el cliente. Se pueden ver todos los parámetros relevantes para que el jefe de turno, quien recibe este documento, tenga claras todas le metas que tiene en su turno. La ubicación de la perforadora, el número de la malla, los parámetros de la malla, es decir el burden y espaciamiento, la utilización planificada, el rendimiento en metros por hora y en cantidad de pozos en el turno para finalmente informar el día en que está presupuestado tronar esa malla.

En la Imagen 20 se observa cómo queda la especificación del plan de perforación con fotos reales, los puntos 2 y 3 especifican la ubicación y mallas en que debe estar cada perforadora que se menciona, esto ayuda mucho a los turnos de noche:



Imagen 20: Plan diario de perforación y tronadura con fotos reales

7.4 Desarrollos y servicios Mina

El área de Desarrollo y Servicios Mina está liderada por un Superintendente, que a su vez está liderado por el Gerente de Operaciones Mina.

La labor principal de ésta área es elaborar, liderar y verificar la implementación operativa de la estrategia para asegurar la continuidad operativa de los procesos productivos, en el marco de los planes de seguridad, producción, calidad y costos definidos, a través de la eficiente motivación de las personas y administración de los recursos.

Los equipos de apoyo que contempla esta área son:

- 22 Bulldozer
- 21 Wheeldozer
- 12 Aguadores
- 13 Motoniveladoras
- 7 Manipuladores de cables

Tal como se hizo en el caso de producción y perforación & tronadura, se realiza una reunión con los responsables de esta área, así se formalizan los requerimientos para luego verificar la factibilidad de incorporarlos y además poder recomendar algunas actividades que el área de planificación considera claves. Además se propondrán mejoras que hayan sido detectadas en el benchmarking realizado a otras faenas.

7.4.1 Requerimientos área de Desarrollo y Servicios Mina

Según los requerimientos, estos pasan por un documento diario en donde se indique el detalle de todos los trabajos de desarrollo necesarios para cumplir con el plan, indicando el recurso que se destinará para ello y el tiempo estimado para el trabajo. Además es muy importante incluir los principales riesgos que tienen estas actividades.

Lo anterior debe estar alineado con los planes de mantención de equipos que será entregada por el área de planificación mantención y que indicarán la disponibilidad de equipos que existe para hacer los trabajos.

Por otra parte, el plan diario debe considerar las condiciones reales que se presentan en la mina, ya que las programaciones de trabajos que se hacen en los planes semanales claramente no se pueden seguir con exactitud por los imprevistos que ocurren día a día. Por ejemplo, si el plan semanal estimaba en dos días la construcción de una rampa, en la realidad esto puede ser muy distinto ya que podría suceder que la tronadura destinada para este efecto no haya tenido buenos resultados lo que atrasará al menos en un par de días la construcción de esta.

Por otra parte, el área de desarrollo y servicios mina tiene a cargo todo lo concerniente al movimiento de cables en la mina. Esto quiere decir que están a cargo de todos los traslados de equipos eléctricos. Debido a esto es necesaria una planificación detallada del movimiento de los equipos y del esquema de cables propuesto para la mina.

De esta manera se llega a los parámetros más importantes que requiere el área desarrollo y servicios mina para su operación:

- Detalle de los trabajos más críticos que se deben realizar
- Recurso destinado para estos trabajos
- Tiempo estimado para los trabajos
- Porcentaje de avance de los trabajos en desarrollo
- Detalle de los traslados largos de pala, indicando su trayecto
- Detalle del tendido de cables y los eventuales movimientos que vayan a existir
- Comentarios generales que indiquen alguna condición especial
- Evaluación con los riesgos más importantes del plan ya que la componente HSEC es fundamental en cualquier plan

Además de lo anterior, surge como requerimiento de parte del cliente, que en el caso que sea necesario, se incluya una foto real del sector en donde se debe realizar el trabajo. Sobre todo en esos casos que el turno de noche no esté muy claro con las actividades a realizar. No existieron requerimientos para el visualizar 3D.

7.4.2 Benchmarking área de Desarrollo y Servicios Mina

Según los requerimientos que existen para la planificación de los desarrollos mina, los planes diarios estudiados de otras faenas no cumplen con los requisitos mínimos. Se observó que solo se indica la ubicación del equipo, sin especificar parámetros operacionales lo que no permite finalmente tener una medición del cumplimiento. Según los requerimientos de Minera Escondida, es muy importante que cada área tenga establecidas sus responsabilidades y verificar su cumplimiento, en este caso las responsabilidades están claras, pero no se puede establecer si la gestión que se hizo cumplió con los requerimientos.

En la

Imagen 21 se observa un plan diario visto en otra faena, en donde se puede apreciar que solo se indica la ubicación, sin especificar parámetros como disponibilidad, utilización, rendimiento, etc.

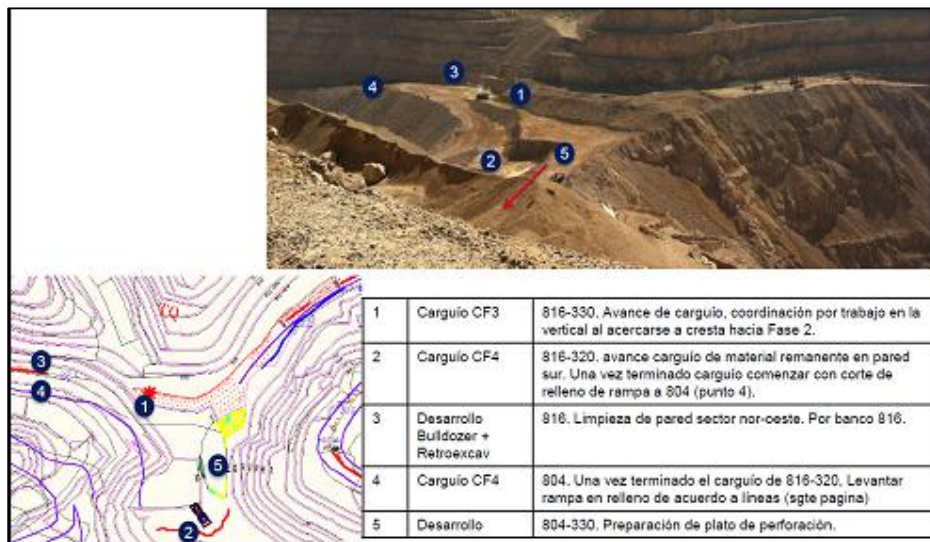


Imagen 21: Plan Diario de Desarrollos BenchMarking

Como se puede ver, el plan diario es un buen ejemplo de lo que se requiere, pero faltan algunos parámetros importantes solicitados por el área de Desarrollos Mina y tiene que ver con la cantidad de horas requeridas para el trabajo del Bulldozer. En este caso, en el punto 3, se solicita una limpieza de pared, pero no se especifica la cantidad de trabajos que esto requiere. Si se tiene esta información, será posible programar todos los trabajos que hay en el turno de manera más eficiente, ya que se podrá coordinar por ejemplo con la mantención o el traslado de estos equipos de apoyo.

7.4.3 Recursos necesarios para la construcción del plan diario requerido

El plan diario para esta área consiste en entregar un documento todos los días en donde se indique el detalle de todos los trabajos de desarrollo y servicios críticos indicando las prioridades de cada uno de estos. Es muy importante esta parte ya que ante algún imprevisto de equipos, ya sea Bulldozer, Motoniveladoras, etc, se debe tener claro que trabajo es más importante.

De esta manera el recurso necesario para este plan diario de desarrollo mina sería contar con la cantidad de planificadores tal que permita hacer esta tarea con el detalle solicitado.

7.4.4 Propuesta de plan diario Desarrollo y Servicios Mina

La programación diaria de actividades para el área de Desarrollo y Servicios Mina, consiste en la siguiente tabla que muestra el detalle de las tareas críticas, indicando el equipo considerado para el trabajo y la cantidad de días estimados para esto:

ESCONDIDA NORTE							
EXPANSIÓN N06	Equipo	PLAZO			% AVANCE TURNO N	% AVANCE TURNO D	
Actividad	Equipo	DIAS	FECHA INICIO	FECHA TERMINO			Comentarios / Plan de acción
Limpiar pata y construir berma para precorte banco 3185 lado norte	Bull	2	6/18/2012	6/20/2012			
Ampliar patio perforacion al 3155 hacia Zaldivar	Bull	1	6/18/2012	6/19/2012			

Tabla 1: Tareas críticas Desarrollo y Servicios Mina

Esta tabla da las prioridades de los trabajos a realizar y el tiempo en que deben ser realizados los trabajos. Cualquier atraso debe ser claramente justificado por la Operación. Con esto se puede tener un buen control de las actividades de Desarrollo.

El otro punto importante y que tiene que ver con esta área es el plan de cables. En Escondida actualmente existen 18 pala eléctricas, lo que hace muy dificultosa la energización de estas, sobre todo en expansiones más pequeñas y sabiendo que además hay perforadoras eléctricas. Debido a esto, es esencial contar con una planificación diaria de los movimientos de cables que facilite a la operación la ejecución de estos.

En la siguiente imagen se observa un plan diario de cables, en donde claramente se muestran los tendidos de cables de cada una de las palas desde la Subestación (S/E) hasta la misma pala:

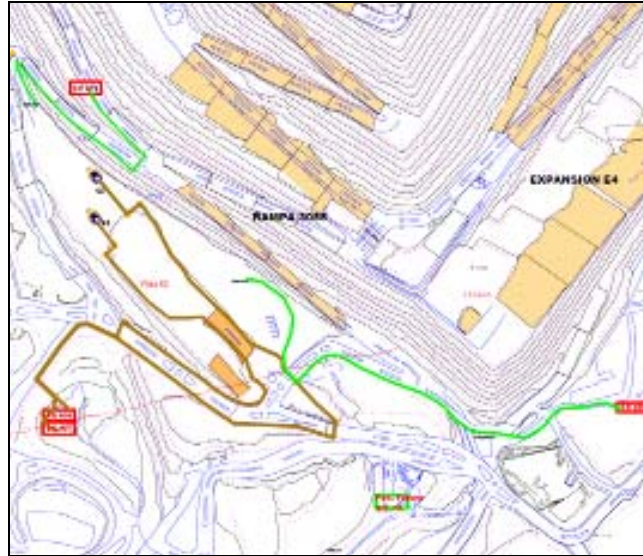


Imagen 22: Plan diario de cables

7.5 Requerimientos Generales, Condiciones Geomecánicas críticas

Existe un requerimiento que se obtuvo de todas las áreas y tiene que ver con las evaluaciones Geomecánicas que se hacen en la mina y que en este momento opera en forma diaria a través de sus Ingenieros Geomecánicos.

En la práctica el requerimiento se traduce en indicar a través de una foto real, las zonas que tienen evaluaciones críticas. Esta foto debe ser incorporada en el plan diario para que haya claridad en todos los supervisores de la mina del sector que se debe tener en cuenta y que presenta algún riesgo desde el punto de vista Geomecánico.

A continuación, en la

Imagen 23 y en la

Imagen 24, se muestra un esquema de lo que se solicita incorporar en el plan diario como evaluación Geomecánica:

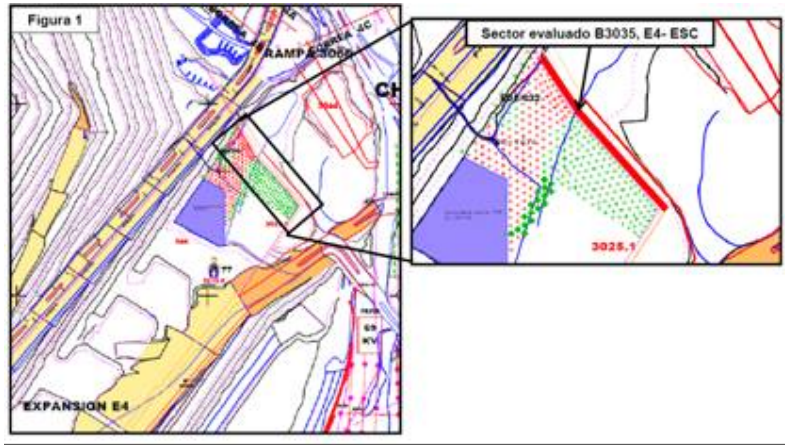


Imagen 23: Evaluación Geomecánica

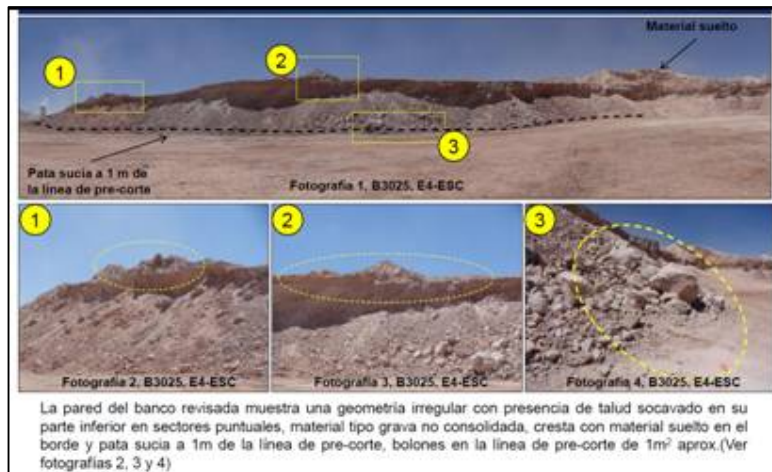


Imagen 24: Evaluación Geomecánica

7.6 Elementos críticos de apoyo (3D)

Una etapa importante en este plan diario es la incorporación de tecnología para la visualización de los planes diarios. De esta manera se incorpora el software “3D Visual Plan” que tiene como función principal facilitar la visualización de los planes o trabajos críticos, ya que con la forma actual en 2D hay muchos trabajos que no son bien entendidos, teniendo como consecuencia una mala ejecución de estos. En la práctica esto favorecerá el entendimiento por parte de los jefes de turno que podrán ver en 3D todos los avances de los equipos de extracción y los desarrollos más importantes dentro del turno.

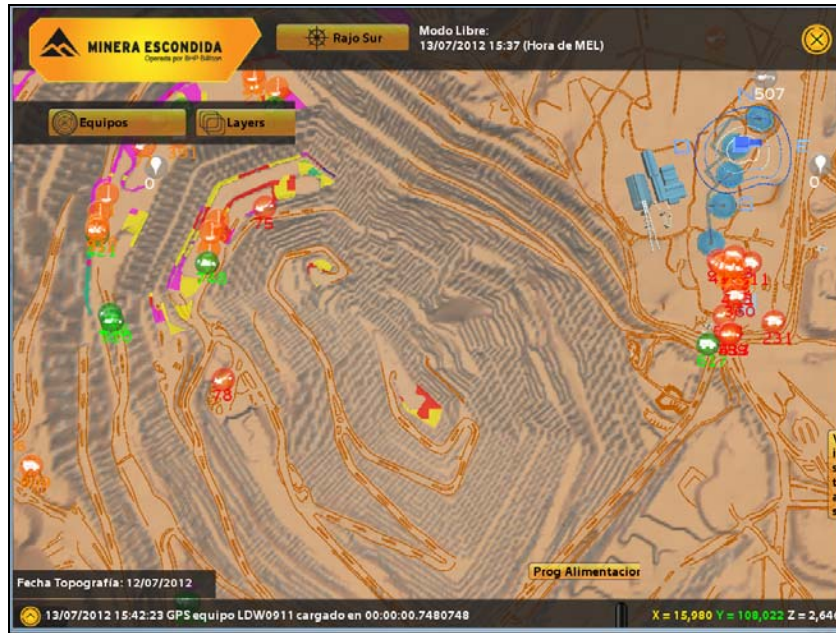


Imagen 25: Visualizador 3D Rajo Escondida



Imagen 26: Visualizador 3D Expansión N6 Rajo Escondida Norte

En la Imagen 25 e Imagen 26 se observa como este software muestra en línea el plan diario. El principal input que tiene este software son los polígonos que debe extraer cada pala por turno. Además los colores que se observan representan el tipo de material en que trabajará la pala con el polígono específico que obtenga.

Además, lo importante de este programa es que permite tener un control en línea de los trabajos de desarrollo que se están realizando en la mina. De esta manera, por ejemplo, se puede ver si un Bulldozer está trabajando en el sector correcto (Imagen 27). Por otra parte también permite observar el avance que

llevan las perforadoras, diferenciando por color los pozos que ya tiene perforados y los pozos por perforar (ver Imagen 28)



Imagen 27: Visualizador 3D, trabajo de Bulldozer



Imagen 28: Visualizador 3D, pozos de tronadura

7.7 Formato de medición del cumplimiento del plan diario

Como se mencionó en capítulos anteriores, se realizará una propuesta para medir el cumplimiento del plan diario, teniendo en cuenta que no se medirá el impacto del no cumplimiento de este. Este estudio medirá el impacto que se genera el no cumplimiento del plan mensual.

Según la Imagen 6 y lo mencionado en el punto 7.1 este punto correspondo a la verificación del cumplimiento del plan para de esta manera tomar la mejor decisión y actuar sobre las posibles desviaciones. Importante destacar que

actuar en el día a día generará menores desviaciones en el mes completo ya que se pretende que se actúe en el momento que ocurre la desviación.

7.7.1 Propuesta medición de cumplimiento área producción

La propuesta de medición del plan diario para el área de producción es la que se muestra en la en donde se indica el porcentaje de cumplimiento de tonelaje y secuencia además de la observación que debe indicar el por qué de la desviación y que se debe hacer para corregir. Esta tabla se envía todos los días a primera hora a los Superintendentes de operaciones para que estos tomen medidas inmediatas cuando sea necesario.

ESCONDIDA	TPT Programado	TPT Real	% Cumplimiento Tonelaje	% Cumplimiento Secuencia	Observaciones del no cumplimiento / Plan de acción
	30.000	0	0%	0%	Menor utilización (0%), detenido con operador. Se debe recuperar tonelaje a pilas en turno día.
75.000	58.706	78%	78%	Menor disponibilidad (73%), pana eléctrica. No genera mayor impacto en el plan.	
80.000	81.831	102%	100%	Cumple ok	
85.000	84.152	99%	99%	Cumple ok	
75.000	62.775	84%	84%	Menor rendimiento (3400), arreglo de piso y detenido con operador. Considerar condiciones en siguiente plan diario.	
60.000	66.838	111%	100%	Cumple ok	
75.000	0	0%	0%	Menor utilización (0%), detenido sin operador. Pala detenida fuera de plan. Se debe poner operativa a la brevedad.	
85.000	108.582	128%	100%	Cumple ok	
75.000	73.411	98%	98%	Cumple ok	
90.000	93.291	104%	100%	Cumple ok	

Tabla 2: Tabla cumplimiento plan diario de Producción

El porcentaje de cumplimiento de tonelaje se mide como el tonelaje real dividido por el tonelaje planificado y el porcentaje de cumplimiento en secuencia se mide como el porcentaje de área del polígono real que extrajo la pala versus el planificado, esto se realiza mediante la actualización diaria de la topografía y se realiza en el software Vulcan utilizado por el área de planificación.

7.7.2 Propuesta medición de cumplimiento área perforación y tronadura

La propuesta de medición del cumplimiento para el área de perforación y tronadura está básicamente asociada a la perforación planificada versus la perforación real. Este parámetro se puede determinar con los metros perforados en el turno o por la cantidad de pozos. Para hacerlo más práctico y que tenga relación con la posibilidad que se tiene de lograr disparos por cantidad de pozos posibles para carga de explosivo, se optó por la medición en base a la cantidad de pozos por turno. Estos pozos están asociados a una malla de extracción que también será parte del cumplimiento ya que no se trata de logra pozos en la malla que más acomode sino que en la malla está comprometida para la próxima tronadura.

En la siguiente tabla se muestra el formato de cumplimiento del plan diario de perforación y tronadura, incorporando una columna en donde de deben agregar la justificaciones de porque no se cumplió lo planificado y además el plan de acción para minimizar el impacto.

Cumplimiento Plan de Perforación					
EQUIPO	Expansión- Banco	Malla	N° Pozos Planificados	N° Pozos Reales	Observaciones/Plan de acción
EDE011	N7-3055	6006			
		6007			
EDD025	N8-3425	3002			
EDD017	N8-3425	3002			
EDE023	N6-3215	5114			
		5109			
		5110			
EDD035	N6-3200	5089			
		5088			
EDE009	N6-3155	5022			
		5118			
		5012			
EDE028	N6-3215	5012			
EDD030	N6-3215	5012			

Tabla 3: Tabla cumplimiento plan diario de Perforación y Tronadura

7.7.3 Propuesta medición de cumplimiento área Desarrollo y Servicios Mina

Básicamente la propuesta para medir el cumplimiento de los trabajos de desarrollo mina es la Tabla 1 del punto 7.4.4 en donde se observan todos los trabajos o tareas críticas planificadas para el área de desarrollo, los equipos asociados para realizar la tarea, el tiempo destinado para la actividad, los porcentajes de avance por turno para finalmente llegar a las observaciones y el plan de acción para que el impacto del no cumplimiento de la tarea crítica sea el menor.

Con esta tabla se cierra el ciclo del formato de medición y planes de acción de los planes de producción, perforación, tronadura, desarrollo y servicios mina. Así se cierra el ciclo de la planificación, ejecución verificación y plan de acción para las principales unidades productivas de la mina.

En el siguiente capítulo se presentará una estimación de uno de los impactos que tiene el cumplimiento del plan diario y su relación con el cumplimiento del plan mensual.

8 Impacto

8.1 Cuantificación de las desviaciones

Este capítulo muestra el impacto que tiene el presente estudio. Tal como se mencionó en el capítulo 4 de alcances el objetivo de la tesis es desarrollar un proceso de planificación diaria, buscando lograr el máximo cumplimiento del plan mensual. Por lo tanto una de las formas de medir el impacto que genera el cumplimiento del plan diario es buscar las desviaciones en cuanto a secuencia que existen entre el plan mensual planificado versus lo que realmente ocurre durante ese mes. Luego se presenta una estimación del impacto económico que esto genera.

En cuanto a los movimientos mina, existen dos formas de medir el cumplimiento:

- 1) Medir el tonelaje mensual planificado vs el tonelaje real obtenido en el mes para cada material (mineral, marginal, lastre)
- 2) Medir el cumplimiento de secuencia mensual a través de la comparación de las topografías planificada como plan mensual y la topografía real obtenida.

8.1.1 Cuantificación de las desviaciones de tonelaje

Los movimientos de tonelaje asociados al plan son los siguientes:

- Movimiento de mineral a chancados
- Movimiento de mineral a pilas de SL
- Movimiento de lastre a botaderos

La cuantificación de las desviaciones de tonelaje no será parte del alcance del presente estudio ya que para medir este cumplimiento solo se debe comparar el tonelaje planificado por mes versus el tonelaje real planificado. Este número generalmente no significa un problema para la operación ya que los últimos meses se ha cumplido con los movimientos, sin embargo, lo que es de relevancia es saber si todo el tonelaje que se movió, efectivamente se movió en el lugar exacto (secuencia).

De todas formas es importante mencionar que el cumplimiento del tonelaje planificado tiene directa relación con las metas de producción de cobre y con los incentivos (bonos) para los trabajadores.

Por otra parte el cumplimiento de secuencia no tiene relación con metas de producción, pero si tiene relación con la calidad del cumplimiento del plan en cuanto a la sustentabilidad de los resultados y al impacto futuro que puede tener un bajo cumplimiento de la secuencia minera. Es este concepto el que se desarrolla en la presente tesis y que se revisa en el siguiente punto.

8.1.2 Cuantificación de desviaciones de secuencia

Para medir el cumplimiento mensual de la secuencia se compararán dos fotos, una que será la guía y que representa la secuencia mensual planificada que es entregada por el área de corto plazo al inicio de cada mes y la otra que se obtendrá el último día del mes y que indicará la foto real lograda a fin de mes.

El estudio no cuestiona la validez ni certeza del plan mensual y se asume que es un plan que está correcto desde el punto de vista de secuencia minera. De todas formas se deja en claro que el plan mensual, antes de hacerse oficial, es aprobado por el área de corto plazo operacional y por el área de operaciones mina.

Para tener claro que se entiende por desviación de secuencia es importante precisar los siguientes conceptos:

- Atraso de secuencia: Indica todo el tonelaje que la pala tenía que extraer en el mes y que por alguna causa no lo extrajo. Se representa por el color rojo.
- Adelanto de secuencia: Esta desviación es debido a que la pala extrae un sector que no estaba contemplado en el plan mensual.

A continuación se muestran los resultados de los meses de mayo, junio y julio del 2012 en cuanto a los adelantos y atrasos de la foto planificada versus la real obtenida en el Rajo Escondida y en el Rajo Escondida Norte.

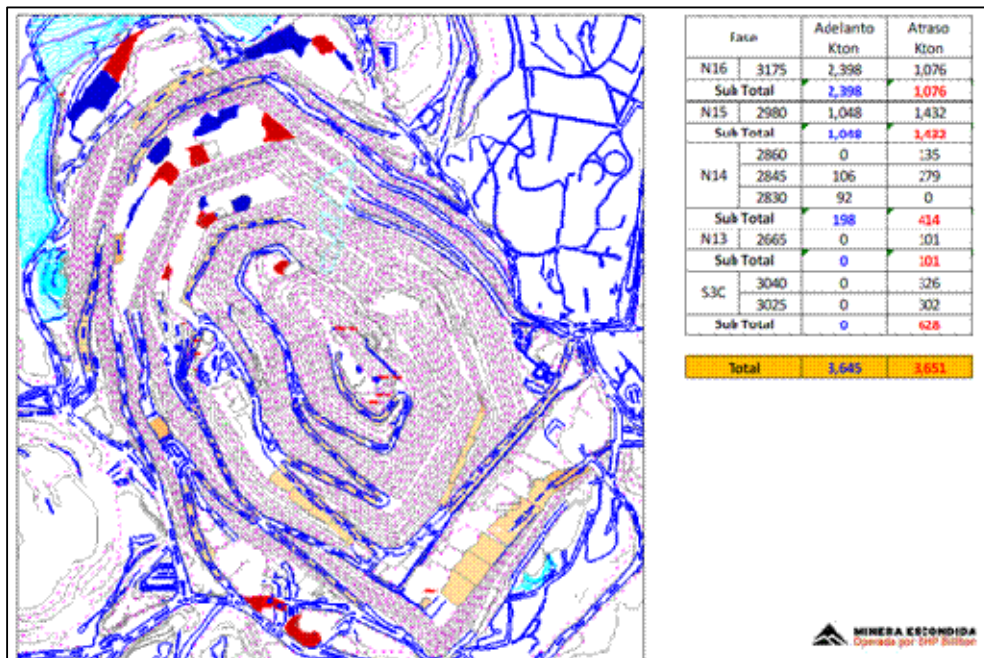


Imagen 29: Atrasos y adelantos de secuencia mayo 2012 Rajo Escondida

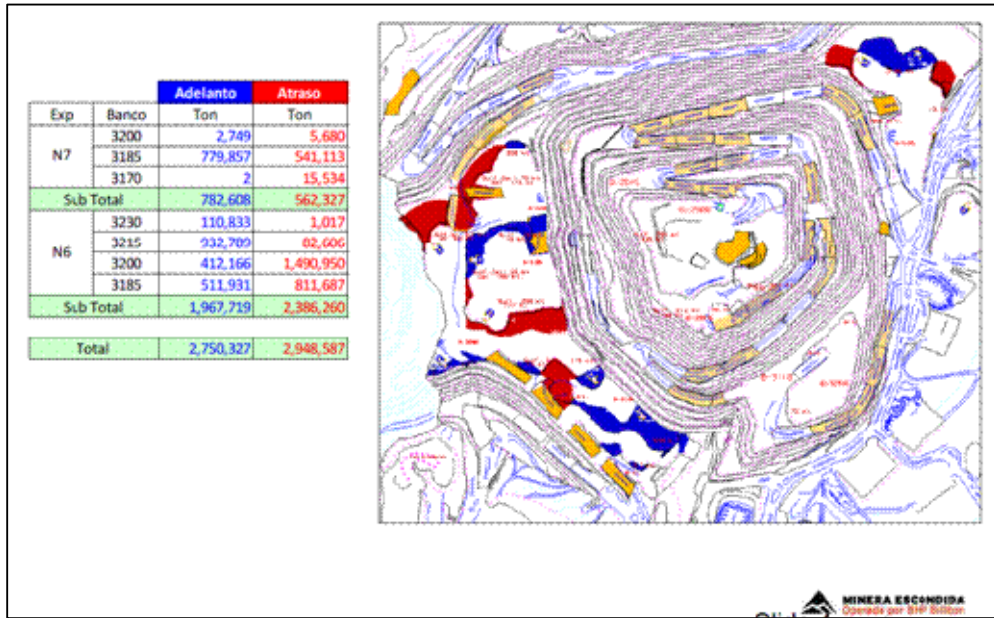


Imagen 30: Atrasos y adelantos de secuencia mayo 2012 Rajo Escondida Norte

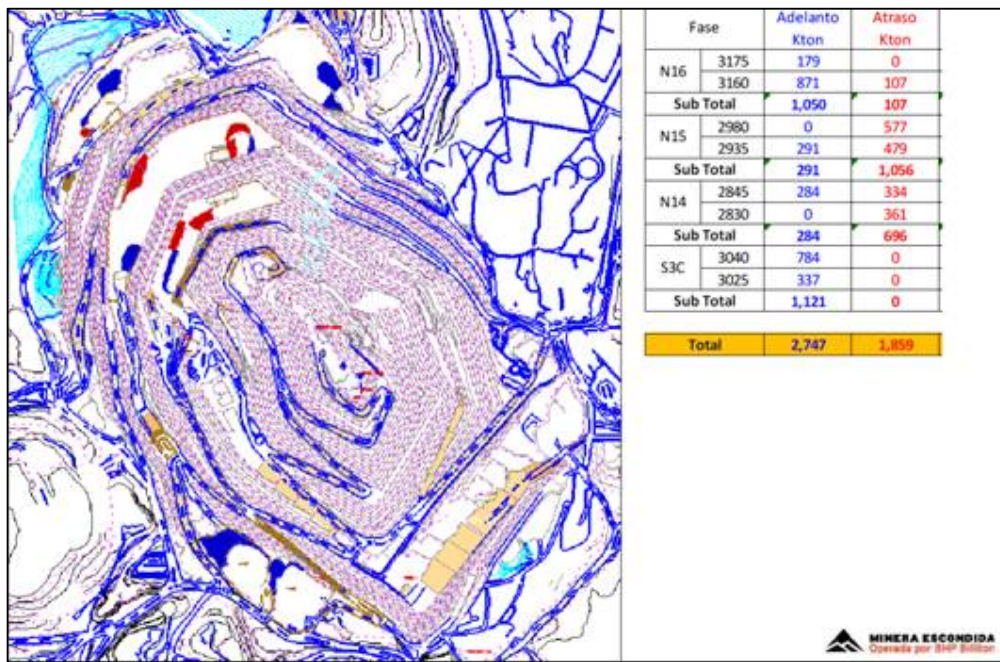


Imagen 31: Atrasos y adelantos de secuencia junio 2012 Rajo Escondida

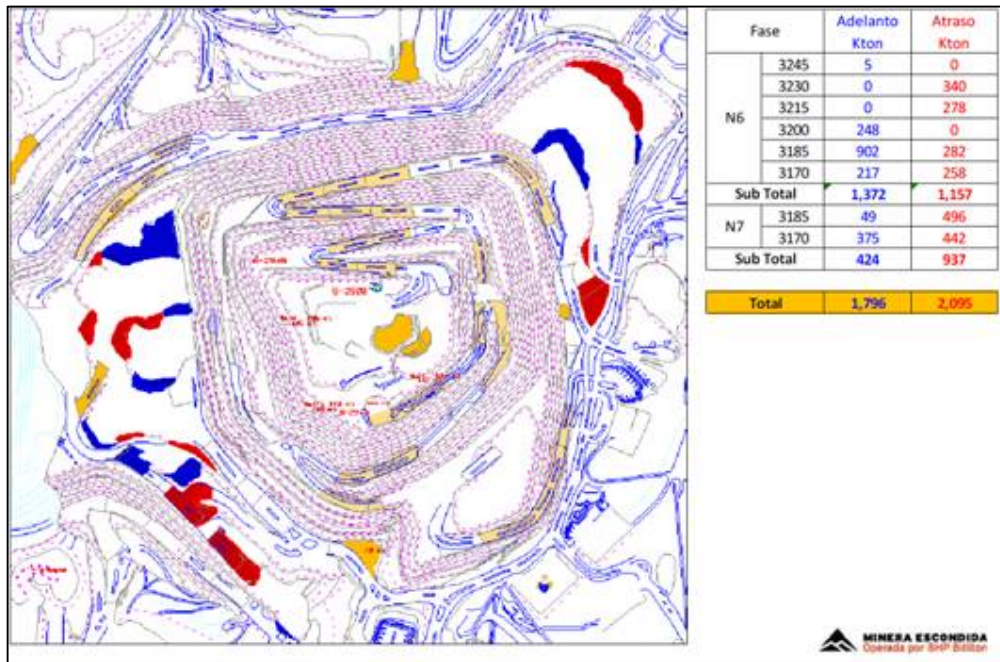


Imagen 32: Atrasos y adelantos de secuencia junio 2012 Rajo Escondida Norte

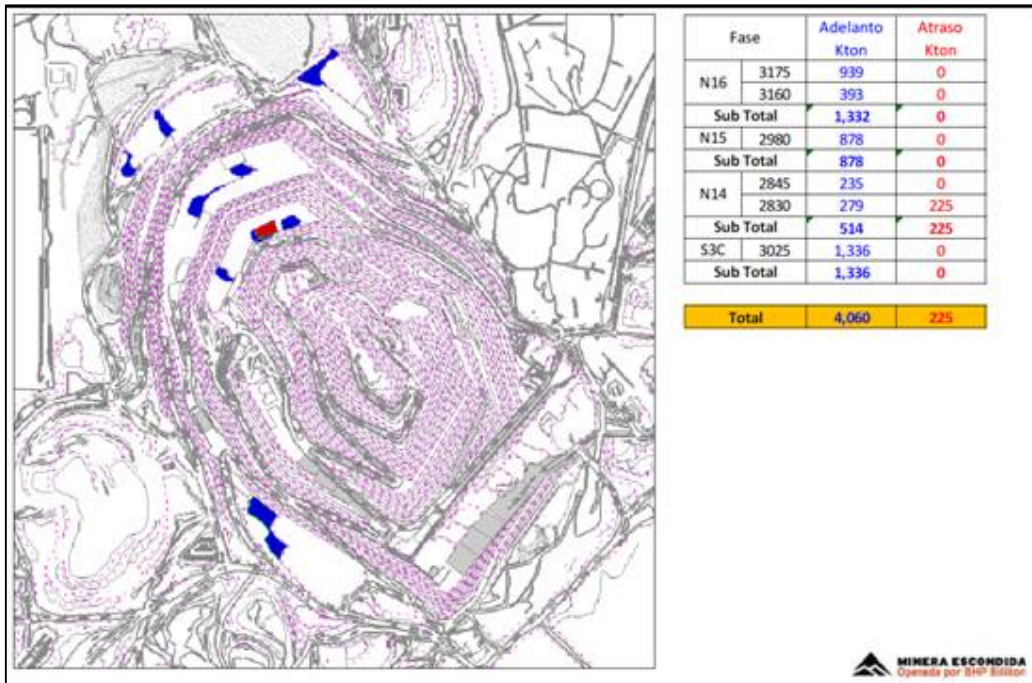


Imagen 33: Atrasos y adelantos de secuencia julio 2012 Rajo Escondida

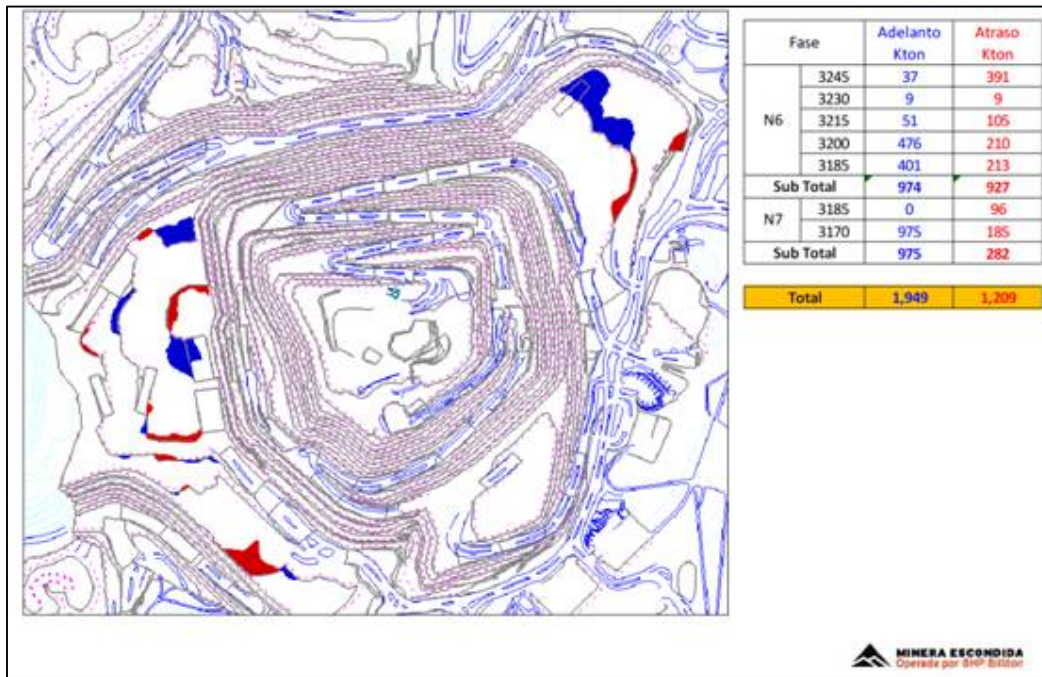


Imagen 34: Atrasos y adelantos de secuencia julio 2012 Rajo Escondida Norte

Como ambos parámetros (adelanto y atraso) generan una desviación del plan mensual la idea es que los planes diarios apunten, día a día, a cumplir el plan mensual reduciendo a cero ambos parámetros.

Es importante destacar que al contrario de lo que se pueda pensar el atraso (color rojo) y el adelanto (color azul) no se pueden compensar debido a que ambos generan incumplimientos del plan, por lo tanto en lo posible se debe llevar a cero ambos parámetros.

Cuando existe un atraso en la secuencia, esto indica que hay material que no se extrajo durante el mes, por lo tanto generará un impacto para el próximo mes y en adelante. En el caso de expansiones en lastre el impacto no es directo ya que no se verá reflejado en el corto plazo, sin embargo, si hay un claro e inmediato impacto en las expansiones de mineral, ya que un atraso en la secuencia implica que el mineral se debe obtener de otro lado para cumplir con el plan mensual de alimentación a chancados.

En el caso de un adelanto en la secuencia esto impactará los compromisos de mineral que se tienen en el próximo mes y que también se van a tener que reemplazar con material de otro sector.

Como se puede ver, ambos casos (adelanto y atraso de secuencia) implican que se va a tener que enviar mineral a chancado desde un sector “no planificado” y que en la práctica se traduce en reemplazar este material por remanejo desde los stocks de mineral lo que genera un mayor costo (entre otros trabajos que se deben realizar fuera de plan)

En la

Tabla 4 se presentan los cumplimientos de secuencia mensual del presente año para ambos rajos, Escondida (E) y Escondida Norte (EN):

	Cumplimientos	
	E Plan Mensual	EN Plan Mensual
Enero	53%	57%
Febrero	55%	50%
Marzo	50%	52%
Abril	55%	53%
Mayo	54%	61%
Junio	61%	65%
Julio	70%	61%
Agosto	68%	61%
Septiembre	65%	56%

Tabla 4: Cumplimientos Plan mensual año 2012

Como se puede observar, existe una tendencia al aumento del cumplimiento del plan mensual desde el mes de enero para ambos rajos, sin embargo esta tendencia se pierde en el último mes de septiembre. Esta información solo se tiene a partir del año 2012 ya que antes de esta fecha no se medía el cumplimiento de secuencia y solo se presentaba el cumplimiento de tonelaje.

Por otra parte, en la

Tabla 5 se muestra el porcentaje de cumplimiento del plan diario para la misma fecha mostrada en el caso del plan mensual para ambos rajos, Escondida (E) y Escondida Norte (EN):

	Cumplimientos	
	E Plan diario	EN Plan diario
Enero	76%	81%
Febrero	74%	72%
Marzo	76%	73%
Abril	79%	72%
Mayo	78%	71%
Junio	82%	85%
Julio	85%	81%
Agosto	84%	81%
Septiembre	79%	73%

Tabla 5: Cumplimientos Plan diario año 2012

Al igual que en el caso del plan mensual, en el cumplimiento del plan diario por mes se observa que existe una tendencia al aumento en el cumplimiento del

plan diario que se rompe en el mes de septiembre, mostrando una relación entre ambos cumplimientos que se puede observar en el Gráfico 1

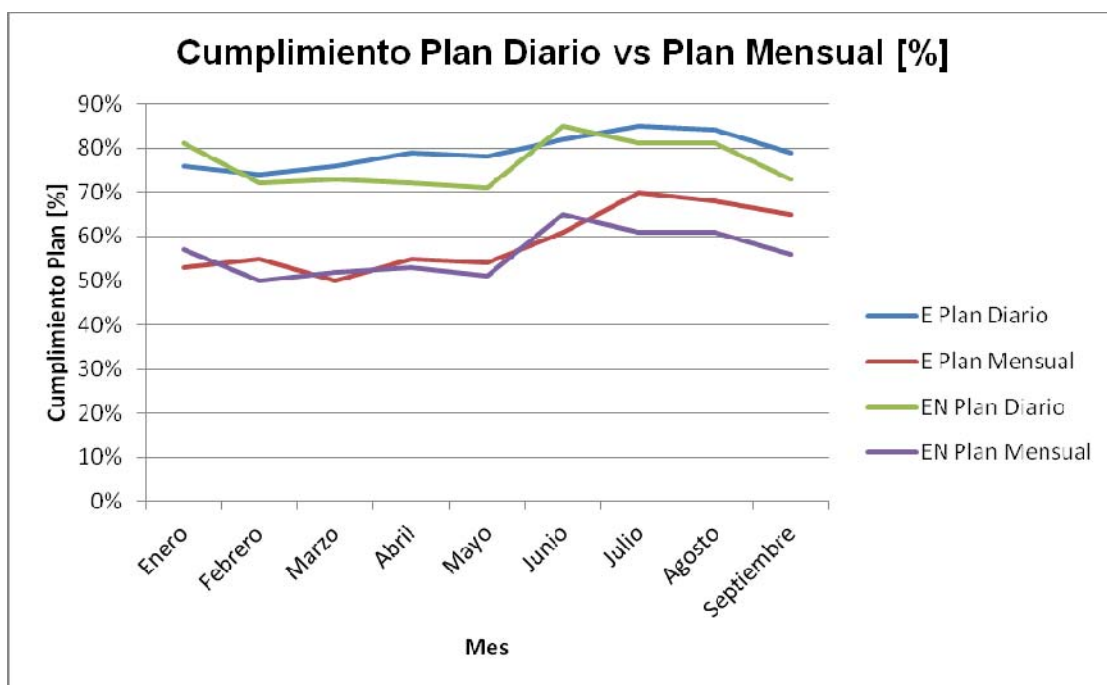


Gráfico 1: Cumplimiento plan diario versus cumplimiento plan mensual

8.2 Áreas de mayor impacto

Como se pudo observar en el punto anterior existe una relación entre el cumplimiento del plan diario y el cumplimiento del plan mensual. Mientras más aumenta el cumplimiento del plan diario más aumenta el cumplimiento del plan mensual, sin embargo no se ha llegado aún al lo que espera la compañía que es sobre un 75%-80% del cumplimiento mensual.

Por otra parte el aumento de cumplimiento del plan tendrá impacto con varias áreas dentro de la mina, incluso fuera de ella.

Como se mencionó en el capítulo de alcances, se evaluará el impacto en gasto extra que genera el aumento de remanaje de mineral fuera de plan. Sin embargo se mencionarán otros impactos asociados sin su valorización por contemplar muchas variables que no son parte de este estudio.

A continuación se mencionan los mayores impactos que puede tener el aumento del plan mensual:

8.2.1 Cantidad de mineral de remanaje

Mensualmente existe un compromiso de materiales de envío a plantas concentradoras con ciertas características mineralógicas, sin embargo se ha

detectado que el bajo cumplimiento del plan mensual generado por el retraso en expansiones de mineral (donde se muestra el impacto inmediato) implica un remanejo de minerales a chancado que no están contemplados, lo que genera un costo mayor para la mina producto del carguío y transporte adicional.

A continuación, en la Tabla 6, se muestra la cantidad de mineral remanejo extra por mes que se ha enviado producto principalmente de atrasos en expansiones de mineral:

	Mineral remanejo extra ton
Enero	2,470,517
Febrero	3,492,760
Marzo	2,768,928
Abril	2,115,419
Mayo	376,157
Junio	2,012,711
Julio	999,547
Agosto	1,151,487
Septiembre	447,359
Promedio	1,759,432

Tabla 6: Remanejo extra de mineral a chancado (toneladas)

Se observa que en promedio la mina al mes mueve aproximadamente 1.8 Mton de material de remanejo fuera de plan, lo que es un costo que no está contemplado. Esto lleva asociado el costo de carguío y transporte extra lo que genera un gasto adicional que representa aprox. el 2,21% del gasto total mensual en promedio entre los meses de enero y septiembre del 2012.

Bajo el actual escenario de la compañía, en que la reducción de costos es mandataria para todas las áreas y en donde se apunta a reducir costos a tasas del 2% compuesta por año, resulta lógico pensar que es una excelente alternativa el cumplir a cabalidad con el plan, ya que representaría un 0,3% de reducción en costos, sin embargo, es difícil capturar la totalidad de este factor ya que se tiene claro que cumplir el 100% del plan mensual no es simple, pero si al menos se cumple el objetivo del 75%-80% se podría capturar parte de esta cifra.

En la Tabla 7 se muestran los porcentajes del gasto total mina que significó mover material fuera de plan:

2012	% del gasto Total
Enero	3.33%
Febrero	4.41%
Marzo	3.38%
Abril	2.43%
Mayo	0.48%
Junio	2.36%
Julio	1.40%
Agosto	1.49%
Septiembre	0.56%
Promedio	2.21%

Tabla 7: Porcentaje extra del gasto producto del remanejo

8.2.2 Traslado de equipos mineros no contemplados

Producto de lo anterior, se deben hacer movimientos de equipos mineros para hacer este remanejo. Se deben mover cargadores frontales o incluso palas para hacer estos trabajos, con todo lo que esto implica. Además existe un costo de oportunidad asociado ya que ese equipo dejará de hacer otro trabajo al que estaba destinado y que tendrá un impacto en el mediano o largo plazo.

El mayor impacto estimado es el retraso de la secuencia de materiales dentro del pit, ya que cuando se lleva un equipo a remanejar minerales se hace en perjuicio de una pala que debe cumplir con su secuencia dentro del pit.

Existen numerosas variables para valorizar el costo de oportunidad que esto provoca ya que no será en el corto plazo. Debido a esto, la evaluación de este impacto no es parte de este estudio.

8.2.3 Error de arrastre para los meses siguientes

El no cumplimiento de secuencia del plan mensual implica un impacto para la secuencia del mes siguiente ya que se entrará desfasado lo que genera un error de arrastre continuo. Esto también pone en riesgo el compromiso de materiales de envió a chancado y plantas.

Al igual que en el caso anterior, existen numerosas variables para medir el impacto que genera este error de arrastre en los meses siguientes por lo que la valorización de este tampoco forma parte de este estudio.

8.2.4 Impacto aguas abajo en el proceso

También relacionado con el punto 8.2.1 se generan impactos aguas abajo en el proceso ya que no se cumple con los compromisos de calidad de materiales enviados a chancado y plantas. Independientemente de que algunas veces el material de remanejo puede ser de mayor calidad se genera un impacto ya que no se está esperando ese tipo de características lo que puede generar pérdidas al final del proceso producto de las diferencias existentes en las leyes, recuperaciones, durezas planificadas versus reales.

Este impacto es directamente reflejado en las concentradoras y su valorización no será parte de este trabajo

8.2.5 Recurso adicional extra

La confección del plan diario con las características deseadas en Minera Escondida requiere un recurso adicional extra de planificadores. Originalmente el plan diario era confeccionado por 4 planificadores divididos en dos turnos.

Según todos los requerimientos establecidos por las áreas productivas, se requiere un aumento de dotación de planificadores, llegando a 10 planificadores que se dividirán en dos turnos.

En cuanto a instalaciones extra, esto no fue necesario ya que las actuales son suficientes para el personal adicional que se debe contratar.

Lo anterior significa un 0.1% del gasto total de la Gerencia lo que comparativamente es muy inferior a las ganancias que podría generar el correcto seguimiento del plan.

Se concluye, por lo tanto, que el costo de implementación de este plan diario es marginal en comparación con la ganancia que puede significar un alto porcentaje de cumplimiento del plan mensual en cuanto a la secuencia mina.

9 Conclusiones y recomendaciones

Existe una clara relación entre el cumplimiento del plan diario y el cumplimiento del plan mensual de la mina. Mientras mayor es el cumplimiento del plan diario se tendrá un mayor cumplimiento del plan mensual, minimizando las desviaciones de secuencia. Por los resultados obtenidos, si se llega a un cumplimiento del 83% del plan diario se tiene un cumplimiento del 66% del plan mensual. Se espera, por lo tanto, llevar el cumplimiento del plan diario al menos al 90%-95% para llegar al rango del 75%-80% de cumplimiento del plan mensual que es lo requerido por la compañía. Sin embargo el 90% de cumplimiento del plan diario no asegura el porcentaje esperado de cumplimiento del plan mensual debido a que todavía existen imprevistos no contemplados en el plan mensual y que son absorbidos por el plan diario que minimizará el impacto total del mes.

Por lo tanto se concluye que es de vital importancia contar con una planificación diaria ya que representa una excelente herramienta para manejar la variabilidad del proceso productivo de la mina, incorporando los imprevistos que no se pueden contemplar en el plan mensual ni en el plan semanal, evitando sobre costos producto, por ejemplo, del impacto que genera el remanejo de minerales a chancados.

Los mayores impactos que se tendrán en el aumento de cumplimiento del plan de secuencia mensual es, tanto en áreas de la operación mina como aguas abajo. En áreas de operación mina el mayor impacto se registrará en la cantidad de remanejo extra de mineral efectuada mensualmente lo que genera un gasto extra producto del carguío y transporte adicional que llega a valores del 2.21% del gasto total mensual de la Gerencia.

El costo de implementación del plan diario se asocia solo a la contratación de 6 Ingenieros de planificación extra lo que aumenta en 0.1% el gasto total mensual de la Gerencia por lo que está absolutamente justificado versus la ganancia que significaría un alto cumplimiento en secuencia mensual que podría reducir el 2.21% en gasto extra que genera el remanejo de minerales, lo que se traduciría en una reducción del 0.3% del costo de la mina.

Por otra parte, se determinó que un aumento del cumplimiento de la secuencia del plan mensual evitará traslados de equipos de carguío (palas y cargadores), errores de arrastre en la secuencia de los meses siguientes y un impacto aguas abajo en plantas concentradoras que esperan material con ciertas características que finalmente no llega. Estos impactos no fueron evaluados en cuanto a gasto extra ya que son dependientes de muchas variables que no son parte de este estudio.

Es importante destacar que teniendo un proceso productivo que cada vez se acerca más a cumplir lo planificado, se genera una mayor confianza en los accionistas y en los clientes finales. Sin embargo el presente trabajo solo hace mención a una parte del negocio que es la mina. En la busca de la

estabilización del proceso productivo es importante que todas las áreas aguas abajo se alineen en busca del cumplimiento de sus planes.

El contar con una planificación diaria, clarifica todos los trabajos a realizar y desde el punto de vista de seguridad esto es muy positivo ya que la mayor parte de las tareas que deben realizar los jefes de turno están explicadas con detalle y no se dejan tareas innecesarias que puedan significar un riesgo para la operación.

En cuanto al benchmarking realizado se observó que no todas las minas tienen un plan diario y los vistos, si bien presentan ideas nuevas que se pueden incorporar, no tienen el detalle requerido. Teniendo en cuenta además que la variabilidad en el proceso productivo es mayor en minas más grandes, se recomienda este tipo de plan diario a minas grandes que están en busca de procesos de estabilización en cumplimiento de planes de producción.

Cabe mencionar, que esta alta variabilidad pone de manifiesto que el proceso productivo no está 100% bajo control. Los imprevistos suceden porque algo se dejó de hacer y si no se está cumpliendo con lo planificado es porque el proceso no está marchando bien.

Si todas estas variables están mayormente controladas, es decir, si la planificación de equipos de mantención es adecuada, si el entendimiento y luego el cumplimiento del plan se dan, los imprevistos tenderán a ser menos y la variabilidad del proceso productivo será menor, por lo tanto en ese caso el plan diario no debiera representar la importancia que tiene en este momento en Minera Escondida ya que una vez que se alcance la estabilidad en los procesos la tendencia debiera ser a que solamente exista el plan semanal.

Se concluye, por lo tanto, que el plan diario, si bien es cierto es una buena herramienta para la búsqueda de estabilidad del proceso, en el mediano o largo plazo debiera tenderse a solo contar con un plan semanal que de cuenta de que el proceso está bajo control desde el punto de vista del cumplimiento de la planificación y su baja variabilidad en el proceso.

10 Referencias y Anexos

- Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla.
www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-vargas_mv/pdfAmont/cf-vargas_mv.pdf
- GAJARDO ASPE PAULA FRANCISCA, "Análisis y Evaluación de la planificación diaria, III Panel Mina Río Blanco, División Andica Codelco Chile, DIMIN - USACH, 2009
- "Optimizar el Rendimiento de Equipos"
http://www.ayeuc.cl/Revista63/disen04_63.htm
- LIZANA JOSELYN, "Índices ASARCO CERRO CASALE", Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
- LIZANA JOSELYN, PRESENTACIÓN "INDICES OPERACIONALES", Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
- ALEJANDRO VASQUEZ, "Diseño de Minas a Cielo Abierto", "Modelo de Lerchs & Grossman", Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
- Modelo Operativo BHPBILLITON, 2012